

**TÜRKİYE *TALPA* LINNEAUS, 1758 (MAMMALIA: SORICOMORPHA)  
TÜRLERİNİN G VE C BANTLAMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Murat SEVİNDİK**

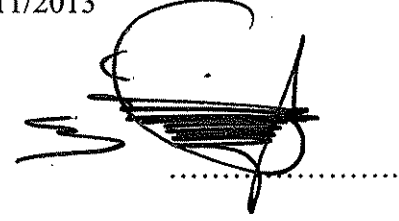
**Bülent Ecevit Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalında  
Doktora Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**ZONGULDAK  
Aralık 2013**


**KABUL:**

Murat SEVİNDİK tarafından hazırlanan "TÜRKİYE TALPA LINNEAUS, 1758 (MAMMALIA: SORICOMORPHA) TÜRLERİNİN G VE C BANTLAMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 22/11/2013

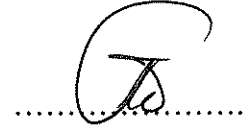
Başkan : Prof. Dr. Ercüment ÇOLAK (AÜ)



Üye : Prof. Dr. Nuri YİĞİT (AÜ)



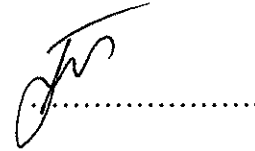
Üye : Prof. Dr. Mustafa SÖZEN (BEÜ)



Üye : Prof. Dr. İrfan KANDEMİR (AÜ)



Üye : Doç. Dr. Ferhat MATUR (BEÜ)



**ONAY:**

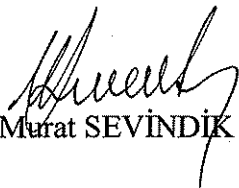
Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. .../.../2013



Prof. Dr. Sadi ŞEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

  
Murat SEVİNDİK

## ÖZET

### Doktora Tezi

## TÜRKİYE *TALPA* LINNEAUS, 1758 (MAMMALIA: SORICOMORPHA) TÜRLERİNİN G VE C BANTLAMA ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**Murat SEVİNDİK**

**Bülent Ecevit Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Biyoloji Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa SÖZEN**

**Aralık 2013, 71 sayfa**

*Talpa* cinsi 20-22 milyon yıl önce erken Miyosende Asya'da ortaya çıkmış ve yayılmıştır. Günümüzde yaşamakta olan 9 türden 8'i üzerinde yapılan filogenetik analizlerde *Talpa europaea*, *T. caeca*, *T. romana*, *T. levantis*, *T. stankovici* ve *T. occidentalis* türleri batı türleri grubuna ve *T. altaica* ile *T. caucasica* doğu türleri grubuna girmekte ve bazalde yer almaktadır. *T. davidina* bu analizlere dahil edilmediği için hangi gruba dahil olduğu literatürde yer almamaktadır. Bu türlerden 4 tanesi (*T. levantis*, *T. caucasica*, *T. davidiana* ve *T. europaea*) Türkiye'de yayılış göstermektedir. Köstebek türlerinin morfolojisi toprakaltı yaşama konvergent evrimin bir sonucu olarak birbirlerine çok benzerdir ve morfolojik ayrımları da oldukça zordur. Bu çalışmada Türkiye köstebeklerini kromozom bantlama özelliklerine göre ayırt etmek ve *T. davidiana*'nın hangi gruba ait olduğunu yorumlamak hedeflenmiştir. Türkiye'de yayılışı bulunan 4 türe ait 14 lokaliteden, 60 (27 erkek, 33 dişi) örnek bu çalışmada değerlendirildi. Örneklerin karyotipleri, G ve C bant özellikleri ortaya konularak farklılıkları ve benzerlikleri ortaya konuldu.

## ÖZET (devam ediyor)

Sonuçlara göre incelen türlerin karyotipleri şöyledir: *T. europaea* ve *T. levantis*  $2n = 34$ ,  $NF = 68$ ; *T. caucasica*  $2n = 38$ ,  $NF = 66$ ; *T. davidiana*  $2n = 34$ ,  $NF = 66$ . *Talpa* cinsinde 9 türden 5'inin diploid kromozom sayısı  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  olduğu için atasal formun kromozom sayısının da  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  olduğu kabul edilmektedir. C bantlama sonuçlarına göre *T. europaea*'da interstitial heterokromatin varlığı görülmezken, *T. levantis* ve *T. caucasica*'da 1 adet; *T. davidiana*'da ise 2 adet interstitial heterokromatin bölge bulunmaktadır. G bantlama sonuçları türleri ayırmada kullanılacak karakterler sunmamış, ancak *T. davidiana*'nın 15. kromozom çiftinde delesyon olduğunu; *T. caucasica*'nın karyotipinde bulunan 2 çift akrosentrik kromozomun robertsonian ayrılması ile *T. levantis*'in karyotipindeki 2. ve 8. kromozom çiftine karşılık olarak oluştuğunu göstermiştir.

Atasal form  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  ise *T. caucasica*'nın karyotipi ( $2n = 38$ ,  $NF = 68$ ) 2 adet robertsonian fizyon ile oluşmuş olmalıdır. *T. davidiana*'nın bir kromozom çiftindeki adet delesyon ile oluştuğu ( $2n = 34$ ,  $NF = 66$ ) öngörüldü. Bu sonuçlara göre Türkiye'de yayılış gösteren *Talpa* türlerinin kromozomal değişiminde Robertsonian fizyon ve delesyon mekanizmalarının etkili olduğu ortaya konuldu. Türlerin karşılaştırılmasında G ve C bantlama sonuçlarından elde edilen 27 karakter kullanılarak PAUP 4.0 programı ile filogenetik ağaç oluşturuldu. Bu ağaç sonucuna göre ise *T. europaea* ve *T. levantis*'in batı köstebekleri, *T. caucasica* ve *T. davidiana*'nın ise doğu köstebekleri grubunda yer aldıkları, dolayısı ise Türkiye'ye köstebeklerin girişi ve yayılışının hem doğudan, hem de batıdan gerçekleşmiş olduğu sonucuna varılmıştır.

Karyotip ve kromozom bantlama sonuçları morfolojik ayrımı oldukça tartışmalı ve zor olan Türkiye köstebeklerinin ayrımı için kullanışlı veriler sunmuştur. Bununla birlikte cins üzerindeki taksonomik problemlerin çözümü için türlerin bütün izole populasyonlarını ve dünyadaki 9 türü birlikte değerlendiren geniş kapsamlı bir moleküler çalışma gerekli görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** *Talpa*, karyotip, G-bantlama, C-bantlama, kromozomal evrim, türleşme

**Bilim Kodu:** 401.04.04

## **ABSTRACT**

**Ph. D. Thesis**

### **DETERMINATION OF G AND C BANDING PROPERTIES *TALPA* LINNEAUS, 1758 (MAMMALIA: SORICOMORPHA) SPECIES OF TURKEY**

**Murat SEVİNDİK**

**Bülent Ecevit University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology**

**Thesis Advisor: Prof. Mustafa SÖZEN**

**December 2013, 71 pages**

Genus *Talpa* was originated in Asia about 20-22 million years ago in early Miocene and spread. In recent phylogenetic analyses that cover eight out of the nine species; *Talpa europaea*, *T. caeca*, *T. romana*, *T. levantis*, *T. stankovici*, *T. occidentalis* are grouped in western clade and *T. altaica* and *T. caucasica* are grouped in eastern clade, and located basally. Since *T. davidiana* was not included in these analyses, its group was not included in the literature. Four of these species *T. levantis*, *T. caucasica*, *T. davidiana* and *T. europaea* are distributed in Turkey. The morphology of *Talpa* species is very similar as a result of the convergent evolution and so morphological discrimination of the species is rather difficult. The aim of this study is to discriminate Turkish moles according to chromosome banding features and to evaluate to which group *T. davidiana* belong.

A total of 60 samples (27 males, 33 females) from 14 localities that belonged to 4 species distributed in Turkey were evaluated. By presenting the karyotype, G and C banding patterns, the similarities and differences among species were carried out.

## ABSTRACT (continued)

According to the results, the karyotypes of the species analysed are as follows: *T. europaea* and *T. levantis*  $2n = 34$ ,  $NF = 68$ ; *T. caucasica*  $2n = 38$ ,  $NF = 66$ ; *T. davidiana*  $2n = 34$ ,  $NF = 66$ . Since diploid chromosome number in 5 out of 9 species of the *Talpa* is  $2n = 34$ ,  $NF = 68$ , the chromosome number of ancestral form is accepted as  $2n = 34$ ,  $NF = 68$ .

According to C banding results, *T. europaea* does not have interstitial heterochromatin, whereas *T. levantis* and *T. caucasica* have one, and *T. davidiana* has two interstitial heterochromatin areas in the karyotype. G banding results did not supply diagnostic characters, however it showed that there is a deletion on the 15th chromosome pair of *T. davidiana*; two acrocentric pairs in the karyotype of *T. caucasica* originated by the robertsonian fision of the 2th and 8th chromosome pair of *T. levantis*.

If the ancestral form was  $2n = 34$ ,  $NF = 68$ , the karyotype of *T. caucasica* ( $2n = 38$ ,  $NF = 68$ ) would be formed by two robertsonian fision. It was predicted that *T. davidiana* was originated by a deletion on one pair of chromosome ( $2n = 34$ ,  $NF = 66$ ). According to these results, it has been explained that robertsonian fision and deletion mechanisms are effective in the chromosomal changes of *Talpa* species distributed in Turkey.

**Keywords:** *Talpa*, karyotype, G- banding, C-banding, chromosomal evolution, speciation

**Science Code:** 401.04.04

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasında arazi çalışmalarında, laboratuvar çalışmalarında ve tez yazımında ilgi, öneri ve yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa SÖZEN'e, örnek toplama, istatistik analiz ve laboratuvar çalışmalarındaki yardımları için Doç. Dr. Ferhat MATUR, arazi çalışmalarındaki yardımları için Ar. Gör. Faruk ÇOLAK, Sercan IRMAK, Muhsin ÇOĞAL, Ortaç ÇETİNTAŞ ve Tuğçe CEYLAN'a

Tez değerlendirme kurulunda ve tez çalışmaları boyunca verdiği destek için Prof. Dr. Ercüment ÇOLAK ve Prof. Dr. İrfan KANDEMİR'e

Tezin abstract yazımındaki yardımlarından dolayı Yrd. Doç Dr. Burak ÇOBAN'a

Tez süresince her zaman yanımda olan eşim Ferah SEVİNDİK'e,

Ve az da olsa emeklerinin karşılığını vermiş olmanın rahatlığıyla aileme,

Teşekkür ederim.

Bu tez; Bülent Ecevit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2009-13-06-02).





## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET .....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xix
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOT .....	7
2.1 KARYOTİP ÇALIŞMALARI .....	7
2.2 BANTLAMA ÇALIŞMALARI .....	9
2.2.1 Kullanılan Çözeltiler.....	10
2.2.2 G-bantlama .....	10
2.2.3 C-bantlama.....	11
2.3 FİLOGENETİK ANALİZ.....	12
BÖLÜM 3 SONUÇLAR.....	15
3.1 KARYOTİP, C ve G-BANTLAMA SONUÇLARI.....	15
3.1.1 <i>Talpa levantis</i> Thomas, 1906.....	15
3.1.1.1 Karyotip .....	16
3.1.1.2 C bantlama.....	18
3.1.1.3 G-bantlama .....	19

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.2 <i>Talpa europaea</i> Linneaus, 1758 .....	20
3.1.2.1 Karyotip .....	21
3.1.2.2 C-bantlama .....	22
3.1.2.3 G- bantlama .....	22
3.1.3 <i>Talpa caucasica</i> Satunin, 1908.....	24
3.1.3.1 Karyotip .....	25
3.1.3.2 C-bantlama .....	26
3.1.3.3 G-bantlama .....	26
3.1.4 <i>Talpa davidiana</i> (Milne-Edwards, 1884) .....	28
3.1.4.1 Karyotip .....	29
3.1.4.2 C-bantlama .....	31
3.1.4.3 G-bantlama .....	32
3.2 HETEROKROMATİN BÖLGELER.....	33
3.3 FORMLAR ARASINDAKİ YENİDEN DÜZENLENMELER .....	33
3.3.1 <i>Talpa levantis</i> ile <i>Talpa davidiana</i> G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması .	34
3.3.2 <i>Talpa levantis</i> ile <i>Talpa caucasica</i> G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması .	35
3.3.3 <i>Talpa levantis</i> ile <i>Talpa europaea</i> G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması ..	36
3.3.4 <i>Talpa europaea</i> ile <i>Talpa caucasica</i> G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması .....	37
3.3.5 <i>Talpa davidiana</i> ile <i>Talpa caucasica</i> G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması .....	38
3.3.6 <i>Talpa europaea</i> ile <i>Talpa davidiana</i> G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması .....	39
3.4 FORMLAR ARASINDAKİ FİLOGENETİK İLİŞKİ .....	40
BÖLÜM 4 TARTIŞMA .....	41
4.1 KARYOTİP.....	41
4.2 BANTLAMA .....	43
4.2.1 Kromozomal Yeniden Düzenlenmeler .....	44
4.3 KROMOZOMAL FORMLAR ARASINDAKİ FİLOGENETİK İLİŞKİLER .....	47

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR .....	57
ÖZGEÇMİŞ .....	71



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 <i>Talpidae</i> familyasının yayılışı .....	2
1.2 Türkiye Talpa türlerinin yayılış haritası .....	4
2.1 Kromozomal formların yayılış haritası.....	12
2.2 Çalışılan <i>Talpa</i> türlerinin yakalandığı lokaliteler .....	13
3.1 <i>Talpa levantis</i> 'in Zonguldak bölgesindeki habitatu .....	15
3.2 <i>Talpa levantis</i> 'e ait bir erkek örneğin metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 34$ , NF = 68 (Çaycuma, Zonguldak, 5628 dişi) .....	17
3.3 6 <i>T. levantis</i> 'e ait bir dişi örneğin C bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 34$ , NF = 68 (Çaycuma, Zonguldak, 6924 dişi) .....	18
3.4 <i>T. levantis</i> 'e ait bir dişi örneğin G bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 34$ , NF = 68 (Çaycuma, Zonguldak, 6924 dişi) .....	19
3.5 <i>Talpa europaea</i> 'nın Kırklareli bölgesindeki habitatu .....	20
3.6 <i>Talpa europaea</i> 'ya ait bir dişi örneğin metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 34$ , NF = 68 (Babaeski, Kırklareli 6336 dişi) .....	21
3.7 <i>Talpa europaea</i> 'ya ait bir dişi örneğin C bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 34$ , NF = 68 (Babaeski, Kırklareli 6932 dişi) .....	22
3.8 <i>Talpa europaea</i> 'ya ait bir dişi örneğin G bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 34$ , NF = 68 (Babaeski, Kırklareli 6932 dişi) .....	23
3.9 <i>Talpa caucasica</i> 'nın Hopa, Artvin bölgesindeki habitatu .....	24
3.10 <i>Talpa caucasica</i> 'ya ait bir erkek örneğin metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 38$ , NF = 66 (Hopa, Artvin, 6476 erkek) .....	25
3.11 <i>Talpa caucasica</i> 'ya ait bir erkek örneğin C bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 38$ , NF = 66 (Hopa, Artvin, 6934 dişi) .....	26
3.12 <i>Talpa caucasica</i> 'ya ait bir erkek örneğin G bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); $2n = 38$ , NF = 66 (Hopa, Artvin, 6934 dişi) .....	27
3.13 <i>Talpa davidiana</i> 'nın Tatvan bölgesindeki habitatu .....	28
3.14 <i>Talpa davidiana</i> 'ya ait bir dişi örneğin metafaz plağı (a) ve karyotipi (b) $2n = 34$ , NF = 66 (Tatvan, Bitlis, 6241 dişi).....	30

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.15 <i>Talpa davidiana</i> 'ya ait bir dişi örneğin C bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); 2n = 34, NF = 66 (Tatvan, Bitlis, 6929 dişi). .....	31
3.16 <i>Talpa davidiana</i> 'ya ait bir dişi örneğin G bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b); 2n = 34, NF = 66 (Tatvan, Bitlis, 6929 dişi). .....	32
3.17 <i>T. levantis</i> ve <i>T. davidiana</i> G bantlarının karşılaştırılması.....	34
3.18 <i>T. levantis</i> ve <i>T. caucasica</i> G bantlarının karşılaştırılması.....	35
3.19 <i>T. levantis</i> ve <i>T. europaea</i> G bantlarının karşılaştırılması.....	36
3.20 <i>T. europaea</i> ve <i>T. caucasica</i> G bantlarının karşılaştırılması .....	37
3.21 <i>T. davidiana</i> ve <i>T. europaea</i> G bantlarının karşılaştırılması .....	38
3.22 <i>T. davidiana</i> ve <i>T. europaea</i> G bantlarının karşılaştırılması .....	39
3.23 Ek A'daki verilerle PAUP programı ile maksimum parsimoni metodu kullanılarak sadece kromozom varlık ya da yokluk verilerinden elde edilen kladogram. Ağaç kolları üzerindeki numaralardan ilki neighbor-joining, ikincisi maximum parsimony boot sonuçlarını göstermektedir. ....	40
4.1 Köstebeklerin kromozomal evriminde rol oynayan yeniden düzenlenme mekanizması .....	44
4.2 <i>T. caucasica</i> 'da görülen akrosentrik kromozomların hangi kromozomun ayrılması ile oluştüğünü gösteren şekil. ....	45
4.3 <i>T. davidiana</i> 'da görülen akrosentrik kromozomların hangi kromozomda meydana gelen sentromerik delesyon ile oluştuğunu gösteren şekil. ....	45
4.4 <i>Talpa</i> türlerinin G bantlarının karşılaştırılması .....	46
4.5 <i>T. altaica</i> ile Türkiye'de yayılan <i>Talpa</i> türlerinin yayılış alanlarının konumları ( <a href="http://www.iucnredlist.org">http://www.iucnredlist.org</a> sitesinde türlerin hep biri için verilen haritalar birleştirilerek hazırlanmıştır). ....	50
4.6 Türkiye'deki Köstebeklerin kromozomal varyasyonu ve yeniden düzenlenme şekillerine göre türlerin oluşma şekilleri ( <a href="http://www.iucnredlist.org">http://www.iucnredlist.org</a> sitesinde türlerin her biri için verilen haritalar birleştirilerek hazırlanmıştır). ....	52
4.7 Türkiye'de yayılışı bulunan <i>Talpa</i> türlerinin tip yerleri. <i>T. europaea</i> İsveç'ten tanımlanmıştır ve bu haritaya dahil edilmemiştir. ....	53

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Kromozom şeklinin tayin anahtarı.....	9
2.1 Türler göre örnek yakalanan yerler ve örnek sayıları (N). (E: erkek, D: dişi).....	13
3.1 <i>Talpa levantis</i> örnek yakalanan yerler. ....	16
3.2 <i>Talpa europaea</i> örnek yakalanan yerler.....	20
3.3 <i>Talpa caucasica</i> örnek yakalanan yerler.....	24
3.4 <i>Talpa davidiana</i> örnek yakalanan yerler.....	29
3.5 Türlerin sahip oldukları heterokromatin bölgeler. ....	33
4.1 Türkiye <i>Talpa</i> türlerinin karyotiplerinin karşılaştırılması .....	42
4.2 <i>Talpa</i> cinsinin kromozomal setlerinin karşılaştırılması. ....	50





## EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Ek A	Analizlerde Kullanılan Veriler .....	65
Ek B	Tez Arazi Çalışmaları ve Arazi Ekibi .....	69



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrad derece
2n	: Diploid kromozom sayısı
2XSSC	: 2X standart tuzlu sitrat
a	: Akrosentrik
Ba(OH) <sub>2</sub>	: Baryum hidroksil
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Na <sub>3</sub>	: Tri sodyum sitrat dehidrat
Del	: Delesyon
HCL	: Hidrojen klorür
KCL	: Potasyum klorür
m	: Metasentrik
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	: Di sodyum hidrojen fosfat
NF	: Kromozomların temel kol sayısı
NFa	: Otozomal kromozomların kol sayısı
Rob	: Robertsonian fizyon
Sm	: Submetasentrik
St	: Subtelosentrik



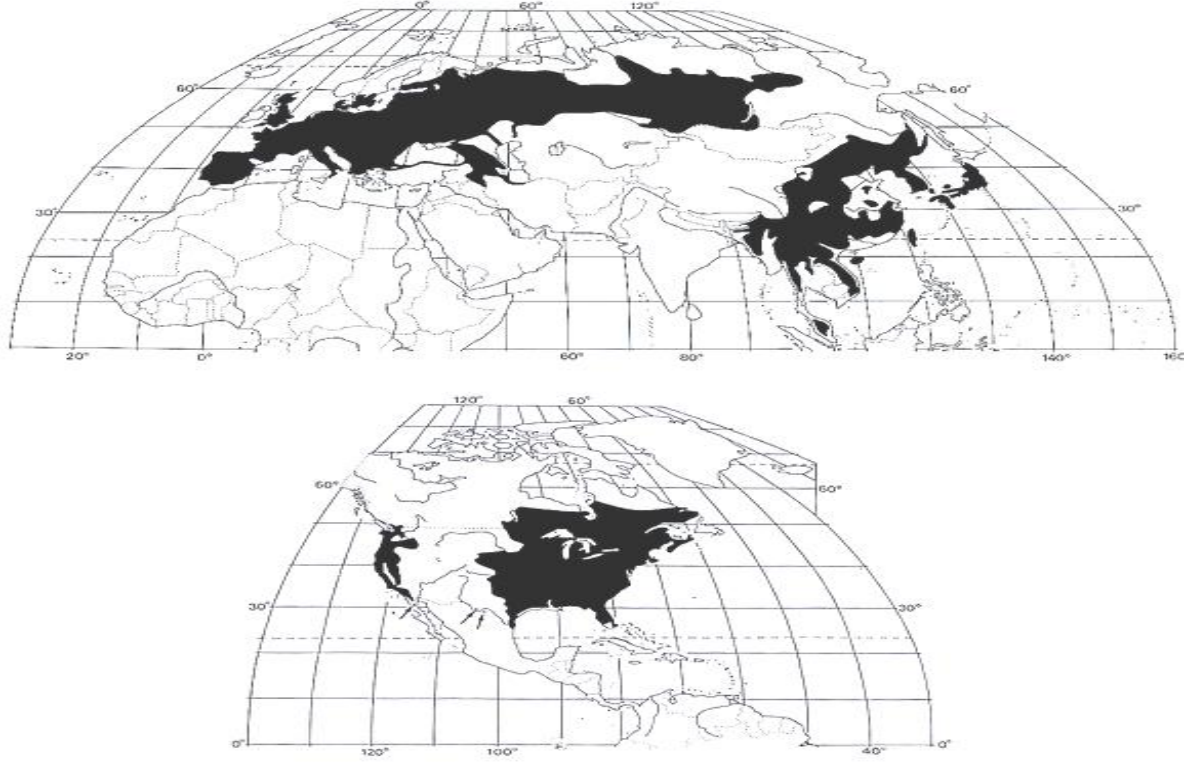
## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Yates and Moore (1990) Talpidae'nin Eosen süresince Avrupa'da ortaya çıktığı ve Miyosen boyunca Kuzey Avrupa ve Avrupa'da yayıldığını belirtmiştir. Mitokondri sitokrom b genini çalışılması ile elde edilen moleküler veriler de Miyosen orijini görüşünü desteklemektedir (Colangelo et al. 2010). Moleküler veriler batı türlerinin (*Talpa europaea*, *T. caeca*, *T. romana* ve *T. occidentalis*) monofiletik olduğunu; doğu Avrupa türleri olan *T. altaica* ve *T. caucasica*'nın ise bazal türler olduğunu ortaya koymuştur (Colangelo et al. 2010). Elde edilen sonuçlara göre köstebeklerin evrimi Miyosen ve Pliyosen boyunca gerçekleşen nemlilik değişimlerinin ortaya çıkardığı yok olmalar ve türleşmelere bağlı olarak gerçekleşmiştir. Pleistosendeki iklimsel değişimler muhtemelen yayılış alanlarında gerilemeler ve genişlemelere neden olarak türlerin günümüz yayılışlarını ortaya çıkarmıştır (Colangelo et al. 2010).

Talpidae familyasındaki türlerin çoğunluğu (2/3'ü) kazıcı memeliler olup sağlam vücutlu, gözler körelmiş ve kısa ayaklı hayvanlardır, özellikle ön bacaklar daha kısadır (Kryštufek 2001). Geriye kalan 1/3 kadar tür ise karasal ya da yarı sucul habitatlarda yaşamaktadır. Familyanın dağılımı Holarktik'i (Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika) kapsar ve küçük bir miktar da Oriental bölgeye girer (Şekil 1.1). Şimdiye kadar 17 cinsten 42 tür tanımlanmıştır; Türkiye'de sadece bir cins (*Talpa*) görülmektedir (Kryštufek and Vohralík 2001).

Köstebekler doğal ortamlarında bol bulunmalarına rağmen son yıllardaki taksonomik literatürde *Talpa* cinsi hakkında az miktarda veri bulunmaktadır, evrimleri, ekolojileri ve dahranışları hakkında daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır. Türün bütün cinsleri toprağın kazmaya uygun olduğu habitatlarda bulunmaktadır, ancak gerçek çöl ortamlarında bulunmazlar. Yüksekliğe karşı büyük toleransları vardır ve deniz seviyesinden yılın bir kaç ayı karla kaplı olan yüksek dağ tepelerine kadar bulunabilirler (Nowak 1999).



Şekil 1.1 *Talpidae* familyasının yayılışı (<http://people.wku.edu>).

*Talpa*'nın yayılış kalıbı oldukça karakteristiktir ve yüksek bir endemizm oranı gösterir. Aslında sadece *T. europaea* Urallar'dan Pirenelere kadar uzanan oldukça geniş bir dağılıma sahiptir. Diğer bütün türler ise Asya ve Avrupa'da daha küçük alanlarda yayılış göstermektedir (Hutterer 2005).

Bu cinsteki tüm türler toprak altı yaşamına bir adaptasyon olarak birbirine çok benzerdir. Bu durum kazıcı yaşama adaptasyonunun bir sonucudur. Sonuç olarak dış görünüşleri ve kafatası özellikleri bakımından Türkiye'deki diğer küçük memelilerden kolayca ayrılabilirler fakat birbirlerine çok benzerler. Vücut sivri bir burunla birlikte silindiriktir, ön kollar enli, düz ve geriye dönüktür ve kapladıkları alan ekstra radyal sesamoidal bir kemikle genişletilmiştir. Bunun aksine arka ayaklar daha zayıftır (Kryštufek and Vohralík 2001).

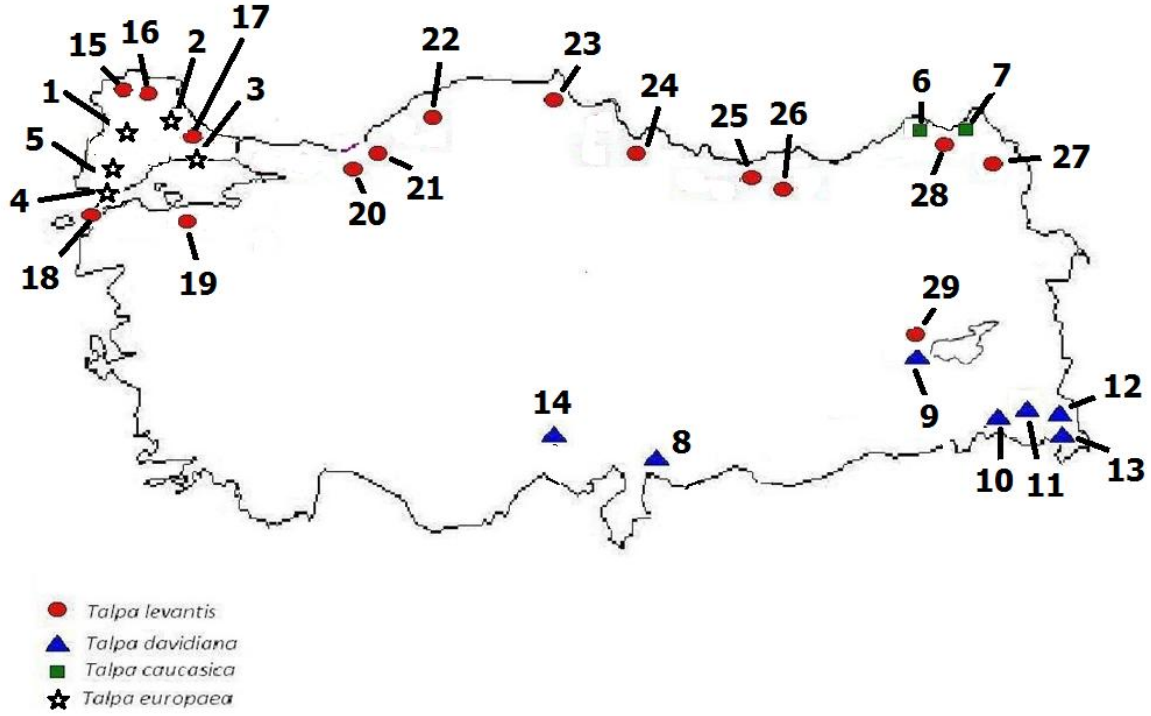
5 parmakları vardır ve ön ayakların pençeleri özellikle kuvvetlidir. Kuyruk kısa ve domuz kılına benzer uzun tüylerle kaplıdır. Siyahi kürkü kısa kıllı, yumuşak ve yoğundur. Dış kulak kepçesi yoktur ve gözler türlerin çoğunda deri ile kaplanmıştır (gözkapakları ile birlikte büyümüştür). 1 çift göğüs, 2 çift karın boşluğu, 1 çift kasıkta olmak üzere 4 çift meme ucu vardır (Kryštufek and Vohralík 2001). Köstebekler aynı zamanda kol kemiği ve iki tip pelvis

karakteri (europaeoidal ve caecoidal) ile de tanımlanabilir (Grulich 1971). Europaeoidal tipte 4. foramen sacrale sonradan gelerek sakrum ve ischiumu birbirine bağlayan kemik köprüsü ile kapatılmıştır. Ancak 4. foramen sacrale'nin açık olduğu caecoidal tipte böyle bir anastomosis yoktur. Batı Palaearktik köstebekleri olarak belirtilen köstebeklerde pelvis, bu şekildeki morfolojik olarak benzer türlerde bireyler arası değişkenlik gösterse de yararlı bir yardımcı tür tanımlama karakteridir (Kryštufek and Vohralík 2001).

Son zamanlara kadar köstebek türleri arasındaki morfolojik benzerlik yalnızca Türkiye'de değil aynı zamanda Palaearktik boyunca da taksonomik problemlere sebep olmuştur. Kumerloeve (1975) Türkiye'de yalnızca *T. caeca*'nın yayılış gösterdiğini kaydetmiştir. Osborn (1964) daha önce Türkiye'den *T. europaea*'nin da kaydını vermiştir. Doğramacı (1989a,d) Türkiye köstebeklerinin pelvis özelliklerini, yayılışını ve taksonomisini çalışarak cinsin taksonomisi konusunda önemli bilgiler ortaya koymuştur. Doğramacı (1989b) Türkiye'de *T. caucasica* ve *T. streeti*'nin de varlığını göstermek için kanıtlar ortaya koymuştur.

1960 ve 1970'li yıllarda Batı Palearktik'te yayılan küçük boylu köstebekler genel olarak hala *T. caeca* olarak kabul edilmekteydi. Ancak karyotip ve allozimik verilerden sağlanan ilave kanıtlar *T. caeca* s.l'nin pek çok belirgin farklı tür içerdiğini göstermiştir. Anadolu ve Kafkaslarda yayılışı verilen *T. levantis* sadece aralarından bir tanesidir. Vohralík (1991) özellikle kafatasları üzerinde çalışarak Türkiye, Trakya ve Bulgaristan'a komşu bölgelerdeki küçük köstebeklerin *T. levantis* olduğunu keydetmiştir. Ancak kuzeybatı Anadolu'dan alınan bazı örnekler kafatası özellikleri bakımından Balkan *T. caeca*'sından ayırt edilememiştir. Kryštufek (2001a) tarafından bu köstebeklerden *T. levantis*'ten çıkarılarak *Talpa* cfr. *caeca* olarak belirtilmiş ve bu türün Türkiye faunasında bulunabileceği ifade edilmiştir. Ancak Kryštufek and Vohralík (2009) yayınladıkları Mammals of Turkey and Cyprus kitabının başında verdikleri kontrol listesinde Türkiye'den sadece 4 köstebek türünü listelemişlerdir (*Talpa caucasica*, *T. levantis*, *T. caucasica* ve *T. davidiana*). *Talpa* cinsinin dünyada 9 türü vardır. Bunlar; *T. europaea* (Linneas, 1758), *T. caeca* (Savi, 1822), *T. levantis* (Thomas, 1906), *T. davidiana*, (Milne-Edwards, 1884) *T. caucasica* (Satunin, 1908), *T. romana* (Thomas, 1902), *T. altaica* (Nikolsky, 1883), *T. stankovici* (V. Martino and E. Martino, 1931), *T. occidentalis* (Cabrera 1907). Bunlardan sadece 4 tür Türkiye'de görülmektedir; *T. europaea*, *T. levantis*, *T. davidiana*, *T. caucasica* (Kryštufek and Vohralík 2009).





Şekil 1.2 Türkiye *Talpa* türlerinin yayılış haritası. 1: Edirne; 2: Pınarhisar; 3: Silivri; 4: Gelibolu; 5: Enes; 6: Arhavi, Konaklı Köyü; 7: Kemalpaşa; 8: Meydanakbes; 9: Tatvan; 10: Hakkari, Mezralar, Megabuti Yaylası; 11: Hakkari, Cilo Sat Dağları, Merganzoma; 12: Hakkari, Oyluca Köyü; 13: Yüksekova; 14: Adana, Kızıldağ Yaylası; 15: Kırklareli, Dereköy; 16: Kırklareli, Pınarhisar; 17: Bahçeköy; 18: Çanakkale; 19: Karacabey; 20: Bolu, Karadere; 21: Zonguldak; 22: Bartın Ziraat Fidanlığı; 23: Sinop, Gerze; 24: Borabay Gölü, Taşova; 25: Tamdere, Giresun; 26: Gümüşhane, Torul; 27: Kars, Yalnızçam Geçidi; 28: Kemalpaşa; 29: Bitlis, Tatvan. Lokaliteler: 5 Doğramacı (1989 b); 1, 2, 3, 4, 7, 9, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 26, 28 Doğramacı (1989d); 20 Felten et al. (1973); 29 FMNH; 6, 8 ve 22 Kefelioğlu ve Gençoğlu (1996); 11, 13, 24, 25, 27 ve 29 Kryštufek et al. 2001; 10 ve 24 Osborn (1964a); 14 Sözen et al. 2012.

Türkiye’de en geniş alanda yayılış gösteren tür *Talpa levantis*’tir. *T. levantis*; Trakya’da *T. europaea*; Doğu Karadeniz’de *T. caucasica* ile, Tatvan’da *T. davidiana* ile simpatrik olarak bulunmaktadır (Doğramacı 1989d) (Şekil 1.2). Yapılan karyotip çalışmalarına göre kromozom sayısı *T. europaea* için  $2n = 34$ , temel kromozom kolları sayısı  $NF = 68$ ’dir. Bu tür için Türkiye’den karyotip yapılmamıştır ancak veriler Balkan Yarımadası’nın komşu bölgelerinden (Bulgaristan’ın güneydoğusu) elde edilmiştir (Todorovic et al. 1972). *T. caucasica* için Artvin bölgesinden elde edilen karyotip verisi  $2n = 38$ ,  $NFa = 62$ ’dir (Kefelioğlu and Gençoğlu 1996). Benzer değerler Kafkasya’da da görülmüştür (Sokolov and Tembotov 1989). Karadeniz bölgesinden elde edilen *T. levantis* örnekleri için  $2n = 34$ ,  $NFa =$

64'tür (Kefelioğlu and Gençoğlu 1996). Aynı diploid sayı Kafkasya bölgesinden de verilmiştir (Sokolov and Tembotov 1989) ancak NF değeri verilmemiştir.

Balkanlardaki *T. caeca* için kromozom sayısı  $2n = 36$  ve  $NF = 68$ 'dir (Todorovic et al. 1972). Batı Anadolu'dan daha önce *T. cfr. caeca* (Osborn 1964) olarak verilen köstebeklerinin karyotipi yapılmamıştır. Ancak yakın zamanda Türkiye memelileri için verilen kontrol listesinde *T. caeca* listelenmemiştir (Kryštufek and Vohralík 2009). *T. davidiana* için Adana Kızıldağ Yaylasından yakalanan örneklerin kromozom sayısı  $2n = 34$ ,  $NF = 66$  olarak verilmiştir (Sözen et al. 2012).

Kriptik türlerin varlığı, küçük memeliler ve rodentler için problemdir (Zima 2000, Veyrunes et al. 2004). Bu durum, o taksonun gerçek sınıflandırılmasının kurulmasını zorlaştırır. Böyle memeli grupları, evrim ve türleşme problemlerini çalışırken uygun verileri sağlayacaktır (Zima 2000). Fikse olmuş kromozomal yeniden düzenlenmeler gen akışı için bariyer görevi görebilir. Kromozomal olarak farklılaşmış formlar ise kontak bölgelerinde hibrit oluşturma potansiyeline sahiptirler (King 1995). *Ctenomys*'in iki kromozomal ırkını karşılaştıran bir çalışmada (Novello and Altuna 2002) iki ırkın iyi yüzücü olmadıklarından aralarındaki nehrin bariyer görevi gördüğü bulunmuştur. Ayrıca aynı çalışmada yapılan G-band sonuçlarına göre ortaya çıkan yüksek homolojinin nedenleri olarak, kromozomlardaki bağlı genlerin korunması ve *Ctenomys*'in populasyon yapısı olduğu söylenmiştir (Villar et al. 2004). *Ctenomys*'lerle yaptıkları bu çalışmada, G-bantlarında görülen homolojiyi aynı kaynaktan türemeye bağlamış; farklılıklara da lokal populasyonlardaki evrimsel işleyişlerin neden olduğunu belirtmişlerdir. İsrail kör farelerinde yapılan çalışmada her bir kromozomal form ayrı birer tür olarak tanımlanmış ve bunlar birbirlerinden hibrit bölgelerle ayrılmışlardır (Nevo 2001). Veyrunes et al. (2004)'ün *Nannomys*'lerle yaptıkları çalışmada, farklı bulunan  $2n$  değerlerinin nedeninin robertsonian değişimleri, NF farklılıklarının nedeninin ise perisentrik inversiyonlar olduğu sonucunu bulmuşlardır. Ivanitskaya and Nevo (1998) yaptıkları çalışmada Ürdün körfarelerinde G, C ve AgNOR tekniklerini kullanmışlar ve sonuçlarıyla Türkiye ve İsrail kör farelerini karşılaştırmışlardır. NF farklılıklarını perisentrik inversiyon ve sentromerik kaymaya bağlamışlardır.

Zima (2000)'ya göre, tür içi kromozomal ırkların oluşumu çevresel faktörlerden bağımsızdır ve atasal form en fazla dağılıma sahip olandır. Benzer şekilde, Veyrunes et al. (2004) Afrika

cüce farelerinde (*Nannomys*) yaptıkları çalışmada  $2n = 36$  karyotipine sahip olan türün yayılış alanının genişliğinden dolayı bu türün atasal form olduğunu söylemişlerdir.

Karyolojik olarak farklılaşmış populasyonların taksonomik seviyeleri, karyotipinden tahmin edilebilir, çünkü kromozomal değişim etkili bir çiftleşme sonrası izolasyon mekanizması olarak görev alabilmektedir (King 1993, Searle 1998, Britton et al. 2000, Rieseberg 2001, Dobingy et al. 2002, Derlneri et al. 2003, Veyrunes et al. 2004). Dobingy et al. (2004), kromozomal çalışmalardan elde edilen sonuçların filogenetik olarak kullanılabileceğini ve böyle veriler kullanılarak hazırlanan ağaçların evrimsel ilişkileri göstermede yararlı olacağını belirtmiştir.

Tüm bu veriler göz önüne alındığında morfolojik olarak türleri belirlemenin yanında karyolojik ve bantlama çalışmalarının türlerin taksonomik değerlendirilmesinde kullanışlı veriler sağlayacağı açıkça görülmektedir. Bu çalışma sayesinde Türkiye *Talpa* türlerinin karyotipleri ve kromozom bantlama özellikleri incelenerek türlerin taksonomik durumlarının yorumlanmasına katkıları sağlanması amaçlanmıştır. Böylece sadece morfolojiye göre yapılan çalışmalar ile birbirlerinden ayrılması zor olan türleri ayırmak için daha iyi sonuçlar verebilecek taksonomik karakterler üretmek hedeflenmiştir.

*Talpa* türlerinin morfolojik olarak belirlenmesini sağlayan tür anahtarı aşağıda gösterilmiştir (Kryštufek and Vohralík 2001).

Tür tayin anahtarı Kryštufek and Vohralík (2001)'den alınmıştır.

1. Rostrum çok geniş, özellikle önde; kuyruk belirgin bir şekilde kısa  
*T. davidiana*
- 1\* Rostrum çok geniş değil; kuyruk dikkat çekici şekilde kısa değil  
2
2. Göz kapakları birleşik değil (gözler deriyle kaplı değil); pelvis hep europaeoidal morfotip  
*T. europaea*
- 2\* Göz kapakları birleşik (gözler deri ile kaplı); pelvis caecoidal fakat nadiren europaeoidal morfotip  
3
- 3 Condylbasal uzunluk 33 mm'nin üstünde  
*T. caucasica*
- 3\* Condylbasal uzunluk 33 mm'nin altında  
*T. levantis*

## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Türkiye’de yayılış gösteren; *Talpa levantis*, *Talpa europaea*, *Talpa caucasica* ve *Talpa davidiana* türleri araştırıldı. 14 lokaliteden 27 erkek, 33 dişi olmak üzere toplam 60 örnek yakalandı. Hayvanları canlı yakalamak için yuva sistemindeki galerilerden birisi açıldı ve köstebek açılan galeriyi kapatmaya geldiğinde bir çapa darbesiyle galeri ağzından 20–30 cm geriden galeri kesilerek köstebeğin geri kaçması önlendi ve hayvan çapa ile galeri ağzı arasında kalan kısımdan yakalandı. Örnekleme lokaliteleri daha önce Kryštufek et al. (2001) ve Sözen et al (2012)’de belirtilen yayılış alanlarına göre (Şekil 2.1) belirlendi. Şekil 2.2’de gösterilen lokalitelerden yakalanan bireylerin örnek sayıları ve karyolojik sonuçları Çizelge 2.2 gösterildi.

Yakalanan örneklerin, önce karyotipleri çıkarıldı. Daha sonra elde edilen kemik iliği yayma preparatlarına G (Seabright 1971) ve C (Sumner 1972) bantlama metotları uygulandı. G bantları sonuçları 1/0 şeklinde kodlanarak PAUP (version 4.0.2) (Swofford 1999) programı ile filogenetik ağaçları çizildi. Bu yöntemler aşağıda anlatılmıştır.

#### 2.1 KARYOTİP ÇALIŞMALARI

Karyolojik olarak değerlendirilecek örnekler üzerinde "Colchicine Hypotonic Citrate" tekniği (Ford and Hamerton 1956) uygulanarak her bir canlı örneğin karyotip analizi yapıldı. Fakat uygulamamızda Sodyum sitrat yerine diğer bir tuz olan Potasyum klorür kullanıldı.

Kullandığımız karyotip hazırlama tekniği şöyledir:

1. Hayvanın deri altına 1/1000, 1/1500 veya 1/2000’lik kolşisin enjekte edilir. Bu tezde 1/1000’lik çözelti kullanılmıştır.

0,125 gr kolşisin + 125 ml saf su = 1/1000’lik

Hayvan eterle bayıltılır ya da aktif halde iken elle tutularak karın peritonunun hem sağ, hem de sol bölgesine ve her iki ön kol bölgesine kolşisin enjekte edilir. Hayvanın her gr'ı için 0,01 ml kolşisin enjekte edilir. Yani 100 gr gelen bir hayvana 1 ml kolşisin enjekte edilir.

2. Hayvan 30 – 40 dakika bekletilir.

3. Hayvanın bayıldıktan sonra boynu kırılarak hızlı bir şekilde öldürülür. Femur kemiği çıkarılarak kemik iliği 100 ml saf suya 0,52 gr KCl konularak hazırlanan hipotonik çözelti ile yıkanarak tüpe alınır. KCl buzdolabında saklanır, ancak hayvana kolşisin enjekte edilince hemen etüve alınarak kolşisini bekleme süresince 30-40 dakika 36 °C`de bekletilir. Preparasyonda ısıtılmış bu KCl kullanır. İşlemden sonra tekrar buzdolabına kaldırılır.

4. KCl ile yıkanan kemik iliği solüsyonu 36 °C`de 15 dakika bekletilir.

5. Solüsyon yaklaşık 1000 rpm`de 7 dakika santrifüj edilir ve süpernatant atılır.

6. Çökmüş hücreler 15 dakika sabitlenir (Fiksatif = Metanol 3 / Asetik asit 1 oranlarında taze olarak hazırlanır). Fiksatif hazırlanırken önce Metanolden 3 hacim, sonra asetik asitten 1 hacim bunun üzerine ilave edilir ve ağzı plastik kapakla kapatılır. Fiksatif kullanılırken şişenin ağzı açılmadan plastik kapaktan iğne batırılarak enjektör ile çekilir. Ayrıca sabitleme çözeltisi taze olarak hazırlanmalı stok çözeltisi kullanılmamalı ve kullanım sırasında derin dondurucuda saklanmalıdır.

7. Fiksasyondan sonra 1000 rpm`de 7 dakika santrifüj yapılır ve süpernatant atılır. Tekrar fiksatif ilave edilerek aynı şekilde santrifüj yapılır, bu işlem 3 - 4 kez tekrarlanır ve ortamdaki KCl tamamen uzaklaştırılmış olur. Son santrifüjden sonra süpernatantın atılmasıyla arta kalan 1-2 ml kadar hücresel tortudan preparasyon yapılır.

8. Elde edilen bu hücreli kısımdan Pastör pipetiyle alınarak hafif eğimli şekilde yerleştirilmiş lam üzerine 30 - 40 cm yükseklikten damlatılarak 5-10 adet yayma preparat yapılır.

9. Preparat alev almamasına dikkat edilerek ispiroto alevinde kurutulur.

10. Stoktan seyreltilerek taze hazırlanmış 1/10'luk Giemsa boyası ile 8-10 dakika boyama yapılır. Boya için 90 ml saf suya stoktan 10 ml Giemsa ilave edilir.

11. İsteğe bağlı olarak Aseton-Aseton, Aseton-Ksilol, Ksilol-Ksilol karışımları içinde 30`ar saniye tutularak şeffaflaştırma yapılır.

12. Kanada balsamı ile kapatılarak daimi preparat yapılır. Daimi preparatlar mikroskopta X100 immersiyon objektifte incelenerek, her bir örnek için, kromozomları üst üste çakışmayan 25 – 30 metafaz plağının fotoğrafları çekilir. Bu fotoğraflar üzerinden kromozom sayımları yapılarak; diploid (2n) kromozom sayısı, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa), temel kromozom kol sayısı (NF), akrosentrik (a), metasentrik (m), submetasentrik (sm), subtelosentrik (st), telosentrik (t) ve eşey kromozomları (XY) belirlenir. Daha sonra bilgisayar ortamında kromozomlar resim işleme programlarıyla eşleştirilerek gruplar halinde dizilmek suretiyle populasyonlarının karyotipleri hazırlanır.

Kromozom morfolojisine Levan et al. 1964'e göre kısa kol uzunluğu tüm kol uzunluğuna bölünerek elde edilen değere göre karar verilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Kromozom şeklinin tayin anahtarı (Levan et al. 1964)

<b>Kromozom çeşidi</b>	<b>Sentromerik indeksi</b>
Metasentrik (m)	0 - 0,25
Submetasentrik (sm)	0,25 - 0,50
Subtelosentrik (st)	0,50 - 0,75
Akrosentrik (a)	0,75 - 1

## **2.2 BANTLAMA ÇALIŞMALARI**

Bantlama tekniklerini uygulamak için kullanılacak preparatlar mutlaka 55<sup>0</sup>C'lik etüvde, metafaz plakların iyice yapışması ve işlemler boyunca tamamen yok olmamaları için bir gece yaşlandırılır. Ayrıca bantlamada kullanılacak çözeltiler önceden hazırlanmış, yöntemler uygulanırken gerekli sıcaklıkta hazır bulundurulur. Böylece hata payı azaltılır.

### 2.2.1 Kullanılan Çözeltiler

1. Fosfat tamponu: Stok olarak hazırlanır. 100 ml hazırlamak için; 100 ml saf su içine 1,188 gr  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  konur ve bu çözeltiden 57,1 ml alınır. Daha sonra 100 ml saf su içinde 0,908 gr  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  çözünür ve çözeltiden 42,9 ml alınarak  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ile tamamlanır. Böylece toplam 100 ml fosfat tamponu hazırlanmış olur.
2. 2XSSC tamponu: Stok olarak hazırlanır. 17,53 gr NaCl tartılır, 8,82 gr  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3$  tartılır ve bunlar 1 lt'ye distile su ile tamamlanarak çözünür.
3. Tripsin: 100 ml fosfat tamponu içinde 0,1 gr Tripsin çözünür. Her seferinde taze hazırlanır.
4. HCl: Stok Çözelti olarak 0,2 N hazırlanır.
5.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ : Distile su içinde 5 gr  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  100 ml saf su içinde çözünür. Her seferinde taze olarak hazırlanır.
6. Boya: Stok haldeki Giemsa boyasından 3 ml alınıp, 97 ml fosfat tamponu içine katılarak, her seferinde taze olarak hazırlanır.

### 2.2.2 G-bantlama

Kromozomal formlar arasındaki değişim mekanizmalarını ve her formun yeniden düzenlenmesini belirlemek için bu bantlama türü yapıldı. Bu prosedüre göre, Tripsin DNA'daki Adenin-Timin zengin bölgeler haricindeki bazlar arasında bulunan H bağlarına nüfuz eder. Bu şekilde Giemsa ile bu iki bazın yoğun olduğu bölgeler boyanır (Robinson 2003) Ökromatik bantlar oluşturur (Gosden 1994). Prosedür aşağıdaki gibidir (Seabright 1972).

1. Yaşlandırılmış preparatlar Tripsin çözeltisinde 10 sn-2 dakika bekletilir.
2. Daha sonra preparatlardan Tripsini uzaklaştırmak için orta şiddete akan musluk suyu altında iyice yıkanır.

3. Preparatlar 3-5 dakika Giemsa ile boyanır.
4. Preparatlar orta şiddette akan musluk suyu içinde yıkanır.
5. Hava ile kurutularak plak fotoğrafları çekilir.

### **2.2.3 C-bantlama**

Bu metotla, kromozomlar pürin bazlarını uzaklaştırmak için sulandırılmış bir asitle, pürinleri uzaklaştırılmış DNA'yı hidroliz etmek için sıcak  $Ba(OH)_2$  ve hidrolizlenmiş DNA'yı uzaklaştırmak için tuzla muamele edildikten sonra korunmuş heterokromatin bölgeleri seçerek boyayan Giemsa ile boyanır (Sumner 2003). Bu şekilde DNA üzerindeki ökromatin bölgeler uzaklaştırılır (Gosden 1994). Bu prosedür sonunda kromozomal formlar arasındaki heterokromatin yoğun bölge farklılıklarını gösterecek korunan heterokromatin bölgeler kalır (Robinson 2003). Bu özelliğinden dolayı yüksek omurgalılarda, tüm karyotipin açıklanmasında yardımcı bir rol üstlenir. Prosedür aşağıdaki gibidir (Sumner 1972).

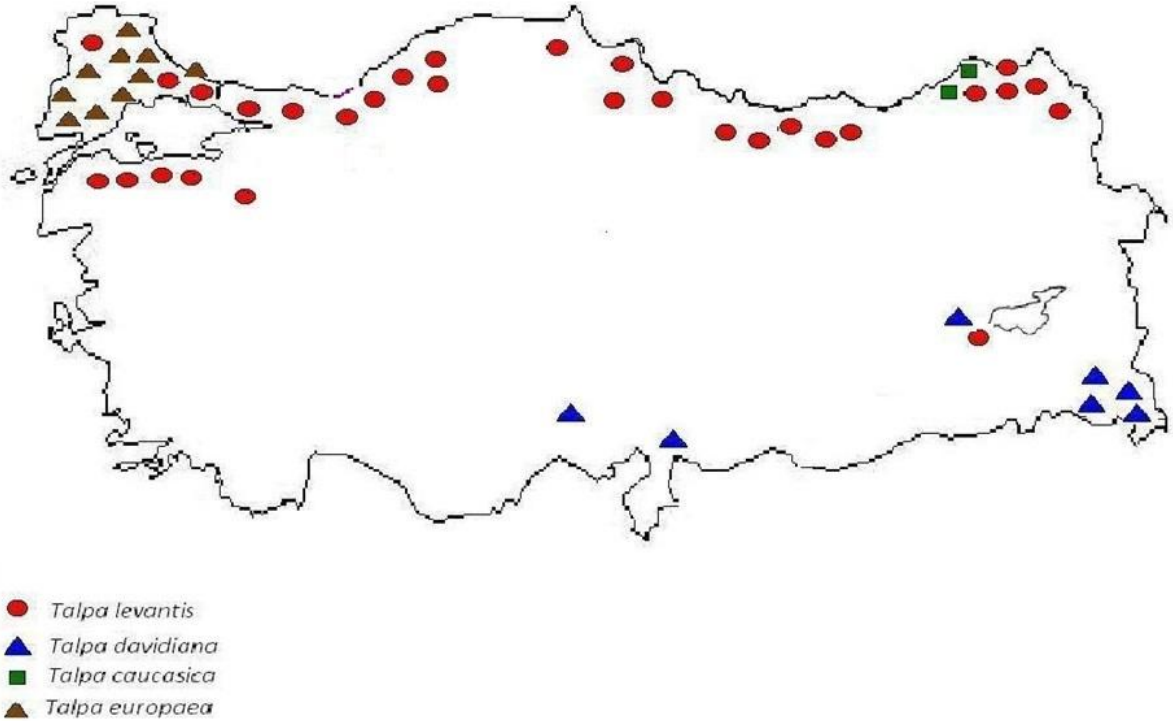
1. Yaşlandırılmış preparatlar. HCl içinde 45-60 dakika bekletilir.
2. Preparatlar orta şiddete akan musluk suyu altında iyice yıkanır.
3.  $Ba(OH)_2$   $55^{\circ}C$  etüve alınır ve preparatlar bu sıcaklığa varmış çözelti içinde 15 dakika bekletir.
4. Preparatlar orta şiddette akan musluk suyu içinde yıkanır.
5.  $55^{\circ}C$ 'lik su banyosunda bekletilen 2XSSC tamponu içinde 45-60 dakika bekletilir.
6. Preparatlar orta şiddette akan musluk suyu içinde yıkanır.
7. Giemsa boyası ile 45-90 dakika boyanır.
8. Hava ile kurutularak plak fotoğrafları çekilir.



### 2.3 FİLOGENETİK ANALİZ

Filogenetik analizler Dobigny et al. (2004) tarafından önerildiği şekilde yapıldı. Parsimony analizi (PAUP 04b.10. Swofford 1999), filogenetik ağaç oluşturmak için uygulandı. Bu bulgusal araştırma metodu, en az karışıklığa sahip ağacı ortaya çıkardığı için kullanılan yöntem olarak seçildi. Sonrasında, farklı orijinal ağaçların karşılaştırılması ile en uygun ağaçlar hesaplandı. Ağaçların hesaplanmasında kullanılan karakterler, G-bantlama sonuçlarına dayandırıldı. Kullanılan kromozom karakterleri şunlardır: tüm kromozom homolojileri (var/yok); yeniden düzenlenme karakterleri (birleşme-ayırılma türevleri, inversiyonlar ve translokasyonlar). Veri matrisi, her bir “var” için “1” her bir “yok “ için “0” kodlanarak kuruldu. Buna göre, analizlerde, 27 adet kromozom var/yok kullanıldı.

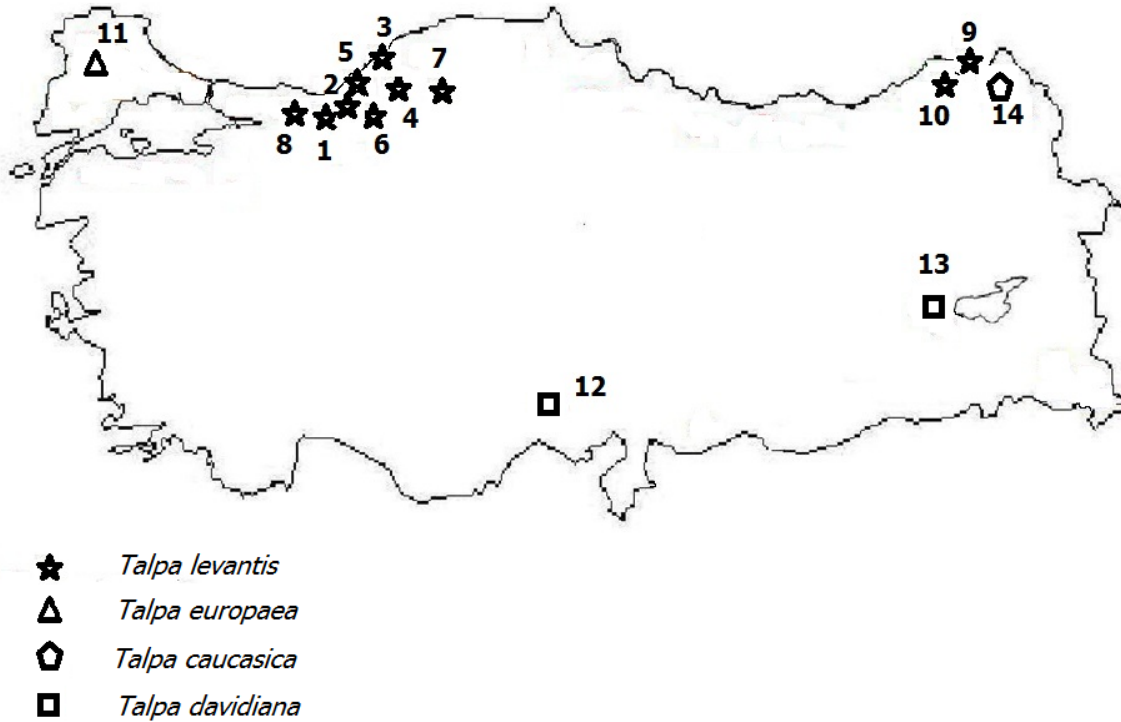
Paup programında analiz yapmak için gerekli nexus dosyası Nexus Data Editor programı ile yapıldı. Elde edilen nexus dosyası, PAUP programıyla açıldıktan sonra, en az karakterle en fazla varyasyonu açıklayan yöntem olan parsimony metodu seçildi. Dış gruplar programa tanıtıldı. Hsearch (bulgusal yöntem) ile analiz yapılarak ağaç çizildi.



Şekil 2.1 Kromozomal formların yayılış haritası (Kryštufek and Vohralík 2001, Sözen et al. 2012)

Çizelge 2.2 Türler göre örnek yakalanan yerler ve örnek sayıları (N). (E: erkek, D: dişi)

Sıra	Tür	Lokalite	İl	N
1	<i>Talpa levantis</i>	Alaplı	Zonguldak	2 (1 E; 1 D)
2	<i>Talpa levantis</i>	Çalca Köyü/Ereğli	Zonguldak	1 (1 E)
3	<i>Talpa levantis</i>	Çaycuma	Zonguldak	8 (4 E; 4 D)
4	<i>Talpa levantis</i>	Eğerci/Devrek	Zonguldak	1 (1 D)
5	<i>Talpa levantis</i>	Ilıksu	Zonguldak	4 (2 E; 2 D)
6	<i>Talpa levantis</i>	Uzungüney Köyü	Zonguldak	1 (1 E)
7	<i>Talpa levantis</i>	Yenice	Karabük	1 (1 D)
8	<i>Talpa levantis</i>	Karasu	Adapazarı	1 (1 E)
9	<i>Talpa levantis</i>	Hopa	Artvin	1 (1 E)
10	<i>Talpa levantis</i>	Arhavi	Artvin	1 (1 E)
11	<i>Talpa europaea</i>	Kuleli Köyü, Babaeski	Kırklareli	14 (6 E; 8 D)
12	<i>Talpa davidiana</i>	Kızıldağ Yaylası, Karaisalı	Adana	3 (2 E; 1 D)
13	<i>Talpa davidiana</i>	Topaçlı Köyü, Tatvan	Bitlis	15 (5 E; 10 D)
14	<i>Talpa caucasica</i>	Cumhuriyet Mahallesi, Hopa	Artvin	7 (2 E; 5 D)
			<b>Toplam</b>	<b>60 (27 E; 33 D)</b>



Şekil 2.2 Çalışılan *Talpa* türlerinin yakalandığı lokaliteler. *Talpa levantis* (1: Alaplı, 2: Çalca Köyü, Ereğli, 3: Çaycuma, 4: Eğerci, Devrek, 5: Ilıksu, 6: Uzungüney Köyü, 7: Yenice, Karabük, 8: Karasu, Zonguldak, 9: Hopa, Artvin, 10: Arhavi, Artvin ); *Talpa europaea* (11: Kuleli Köyü, Babaeski, Kırklareli); *Talpa davidiana* (12: Kızıldağ Yaylası, Karaisalı, Adana, 13: Topaçlı Köyü, Tatvan); *Talpa caucasica* (14: Cumhuriyet Mahallesi, Hopa, Artvin)



## BÖLÜM 3

### SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiye’de yayılış gösteren; *Talpa levantis*, *Talpa europaea*, *Talpa caucasica* ve *Talpa davidiana* türleri kullanıldı. 14 lokaliteden 27 erkek, 33 dişi olmak üzere toplam 60 örnek yakalandı. Yakalanan örneklerin G ve C bantları ile karyotip sonuçları incelendi. Sonrasında ise G bantlama sonuçları 4 tür için ayrı ayrı karşılaştırıldı ve muhtemel kromozom değişim mekanizmaları gösterildi. Ayrıca türler arasındaki C bantlarda görülen farklılıklar ortaya konuldu. Son olarak G ve C bant özellikleri kullanılarak türler arasındaki filogenetik ilişki ortaya konuldu.

### 3.1 KARYOTİP, C ve G-BAN TLAMA SONUÇLARI

#### 3.1.1 *Talpa levantis* Thomas, 1906

*Talpa caeca levantis* Thomas, 1906 (New Insectivores and Voles collected by Mr. A. Robert near Trabizond. Ann. Meg. Nat. Hist. London 7 (17): 415-424).

Tip yeri: Altındere, Trabzon, Türkiye.



Şekil 3.1 *Talpa levantis*'in Zonguldak bölgesindeki habitatı.

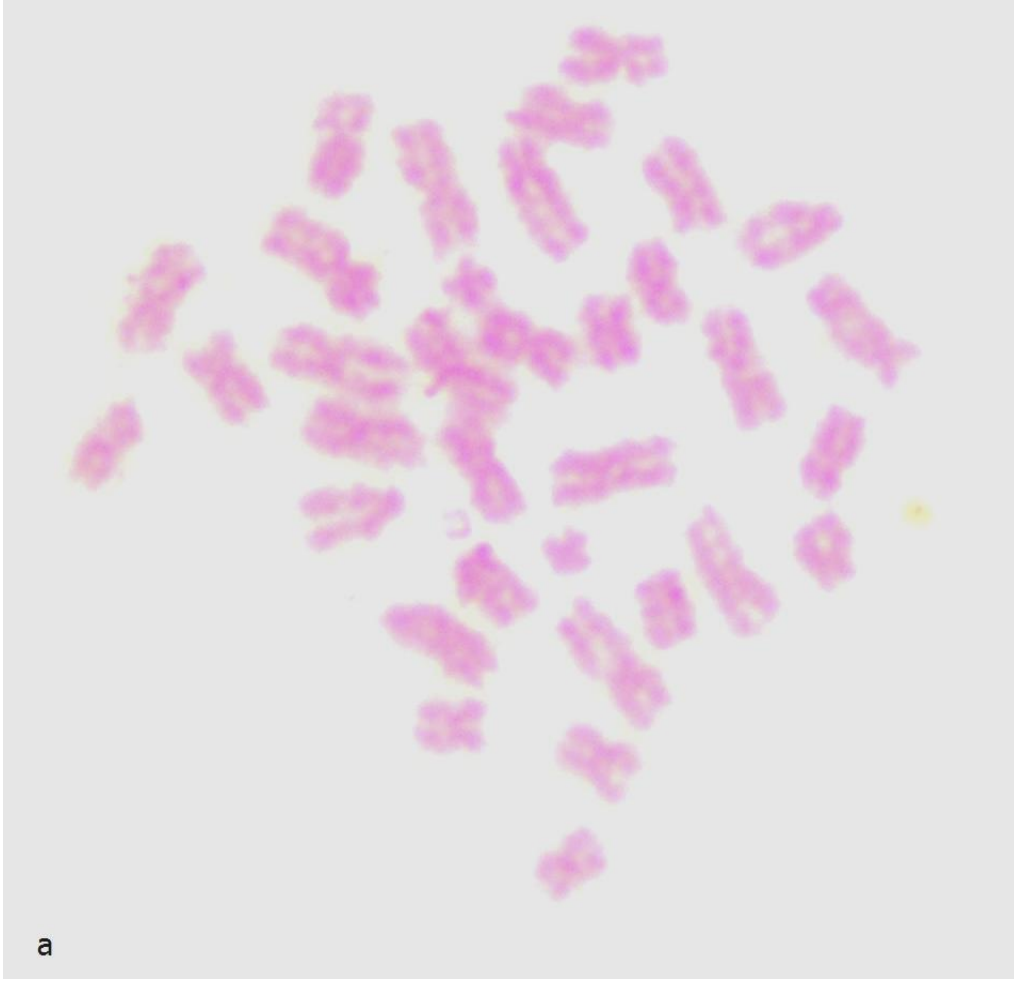
Çalışmada Çizelge 3.1’de gösterilen *Talpa levantis* örnekleri Adapazarı, Zonguldak, Karabük ve Artvin illerinden örneklandı (Şekil 2.2). Türün bu illerde çoğunlukla akarsu kenarlarındaki yumuşak topraklı alanlar ve orman içi ortamlarında yayılış gösterdiği belirlendi (Şekil 3.1). *T. levantis*’in G ve C bant özellikleri Türkiye ve dünyada ilk kez bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Çizelge 3.1 *Talpa levantis* örnek yakalanan yerler.

Tür	Örnek No	Eşey	Lokalite	İl
<i>T. levantis</i>	5810	ERKEK	Karasu	Adapazarı
<i>T. levantis</i>	5924	ERKEK	Alaplı	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5925	DİŞİ	Alaplı	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	6078	ERKEK	Çalca köyü	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5628	DİŞİ	Çaycuma	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	6903	ERKEK	Çaycuma	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	6904	ERKEK	Çaycuma	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	6924	DİŞİ	Çaycuma	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	6274	DİŞİ	Eğerci	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5639	ERKEK	Ilıksu	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5640	DİŞİ	Ilıksu	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5641	DİŞİ	Ilıksu	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	6894	ERKEK	Ilıksu	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5922	DİŞİ	Sefercik	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5923	ERKEK	Sefercik	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5931	ERKEK	Sefercik	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	6332	DİŞİ	Sefercik	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5185	ERKEK	Uzungüney	Zonguldak
<i>T. levantis</i>	5809	DİŞİ	Yenice	Karabük
<i>T. levantis</i>	6475	ERKEK	Arhavi	Artvin
<i>T. levantis</i>	6204	ERKEK	Hopa	Artvin

### 3.1.1.1 Karyotip

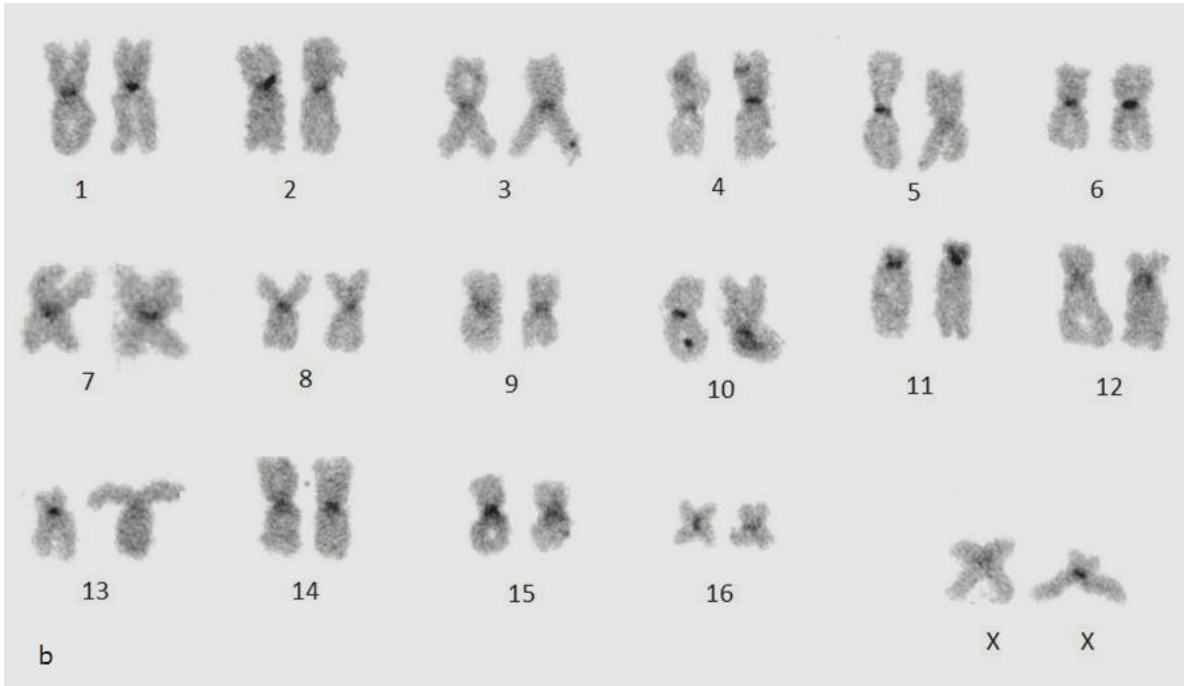
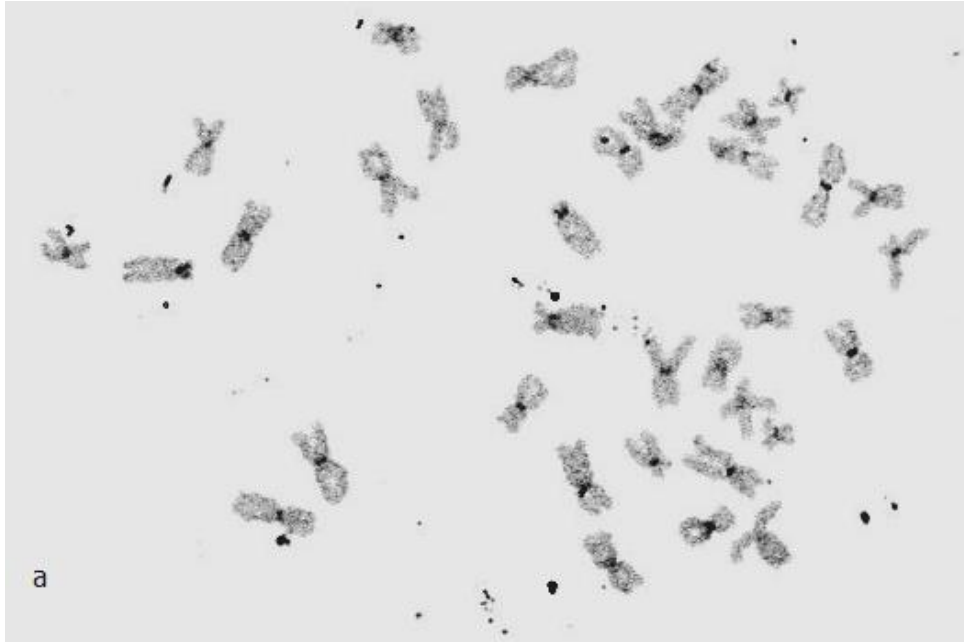
Bu türe ait örnekler Zonguldak, Düzce, Karabük, Adapazarı ve Artvin illerinden yakalanmıştır.  $2n = 34$ ;  $NF = 68$  kromozom sayısına sahip olduğu belirlenmiştir. X kromozomu orta büyüklükte metasentrik, Y kromozomu en küçük kromozomdur. Otozomal set 10 çift metasentrik, 3 çift submetasentrik ve 3 çift subtelosentriktir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 *Talpa levantis*'e ait bir erkek örneğın metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  (Çaycuma, Zonguldak, 5628 dişi).

### 3.1.1.2 C bantlama

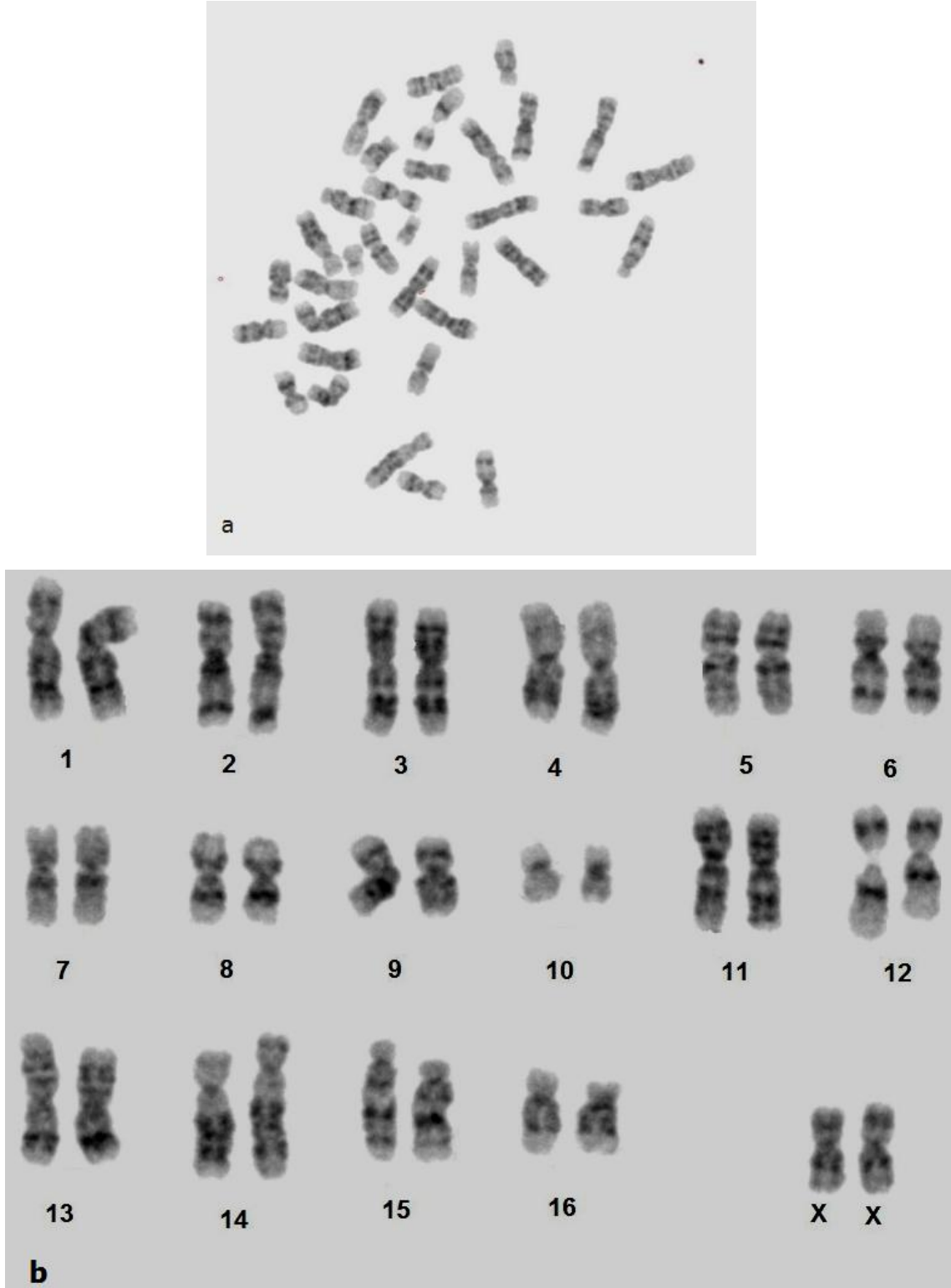
*T. levantis*'in C bantları incelendiğinde 1 çift (4. çift) interstitial (ara) heterokromatin bölge bulunmuştur. Diğer bütün kromozomlarda sentromerik heterokromatin boyandığı görülmüştür. Eşey kromozomlarının da sentromerik heterokromatin boyandığı görülmüştür. *T. levantis*'in C bantlı örneği aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 *T. levantis*'e ait bir dişi örneğin C bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  (Çaycuma, Zonguldak, 6924 dişi)

### 3.1.1.3 G-bantlama

*T. levantis*'in G bantlı örneği aşağıda gösterilmiştir (şekil 3.4).



şekil 3.4 *T. levantis*'e ait bir dişi örneğin G bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  (Çaycuma, Zonguldak, 6924 dişi)



### 3.1.2 *Talpa europaea* Linneaus, 1758

*Talpa europaea* Linneaus, 1758. Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Editio decima, reformata. Holmiae (Laurentii Salvii) [1-4]: 1-824.

Tip yeri: Engelholm, Kristianstand, İsveç.

Çalışmada Çizelge 3.2’de gösterilen *Talpa europaea* örnekleri Kırklareli ilinden yakalandı (Şekil 2.2). Türün bu ilde akarsu kenarlarındaki yumuşak topraklı alanlar ve orman içi ortamlarında yayılış gösterdiği belirlendi (Şekil 3.5).



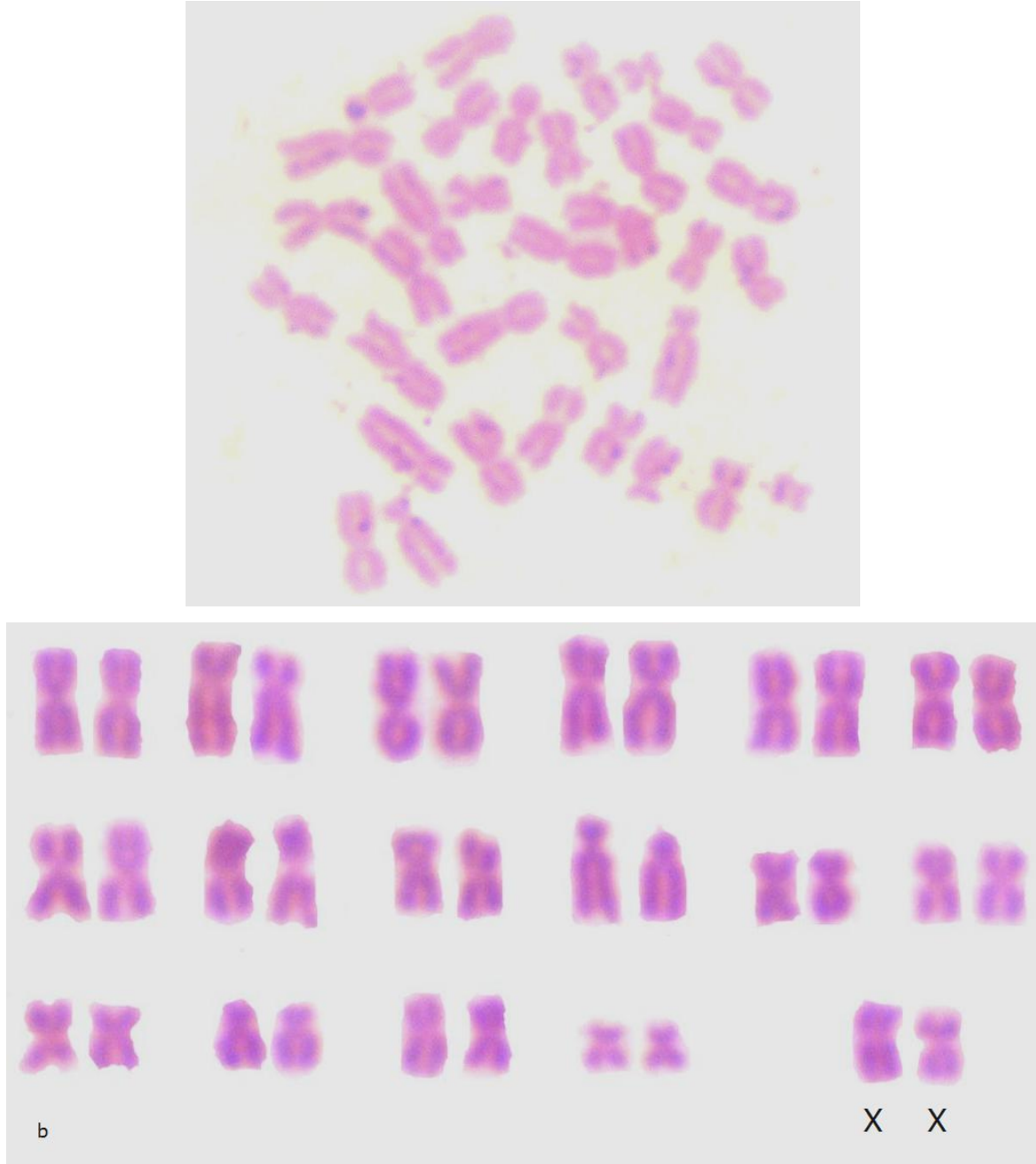
Şekil 3.5 *Talpa europaea*’nın Kırklareli bölgesindeki habitatu.

Çizelge 3.2 *Talpa europaea* örnek yakalanan yerler.

<i>T. europaea</i>	6336	DİŞİ	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6337	ERKEK	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6338	ERKEK	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6339	DİŞİ	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6340	DİŞİ	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6341	DİŞİ	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6342	ERKEK	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6343	ERKEK	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6344	ERKEK	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6930	ERKEK	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6931	DİŞİ	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6932	DİŞİ	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6935	DİŞİ	Babaeski	Kırklareli
<i>T. europaea</i>	6936	DİŞİ	Babaeski	Kırklareli

### 3.1.2.1 Karyotip

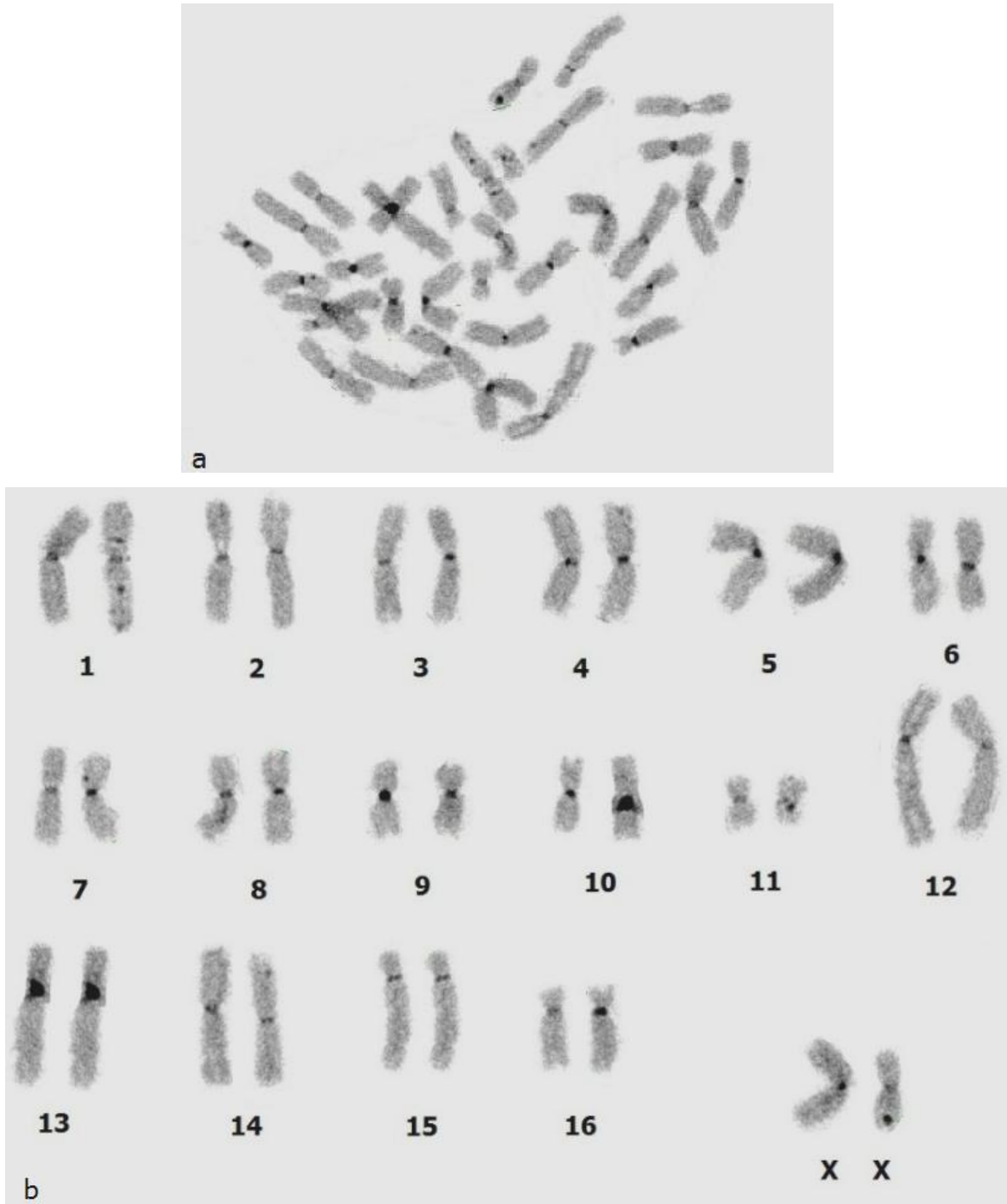
Bu türe ait örnekler Kırklareli, Babaeski, Kuleli köyünden yakalanmıştır. *Talpa levantis* ile simpatrik yayılış gösterebilmektedir.  $2n = 34$ ; NF = 68 kromozom sayısına sahiptir. X kromozomu orta büyüklükte metasentrik ve Y kromozomu akrosentriktir. Otozomal set 10 çift metasentrik, 3 çift submetasentrik, 3 çift subtelosentrik olarak belirlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 *Talpa europaea*'ya ait bir dişi örneğin metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 34$ , NF = 68 (Babaeski, Kırklareli 6336 dişi).

### 3.1.2.2 C-bantlama

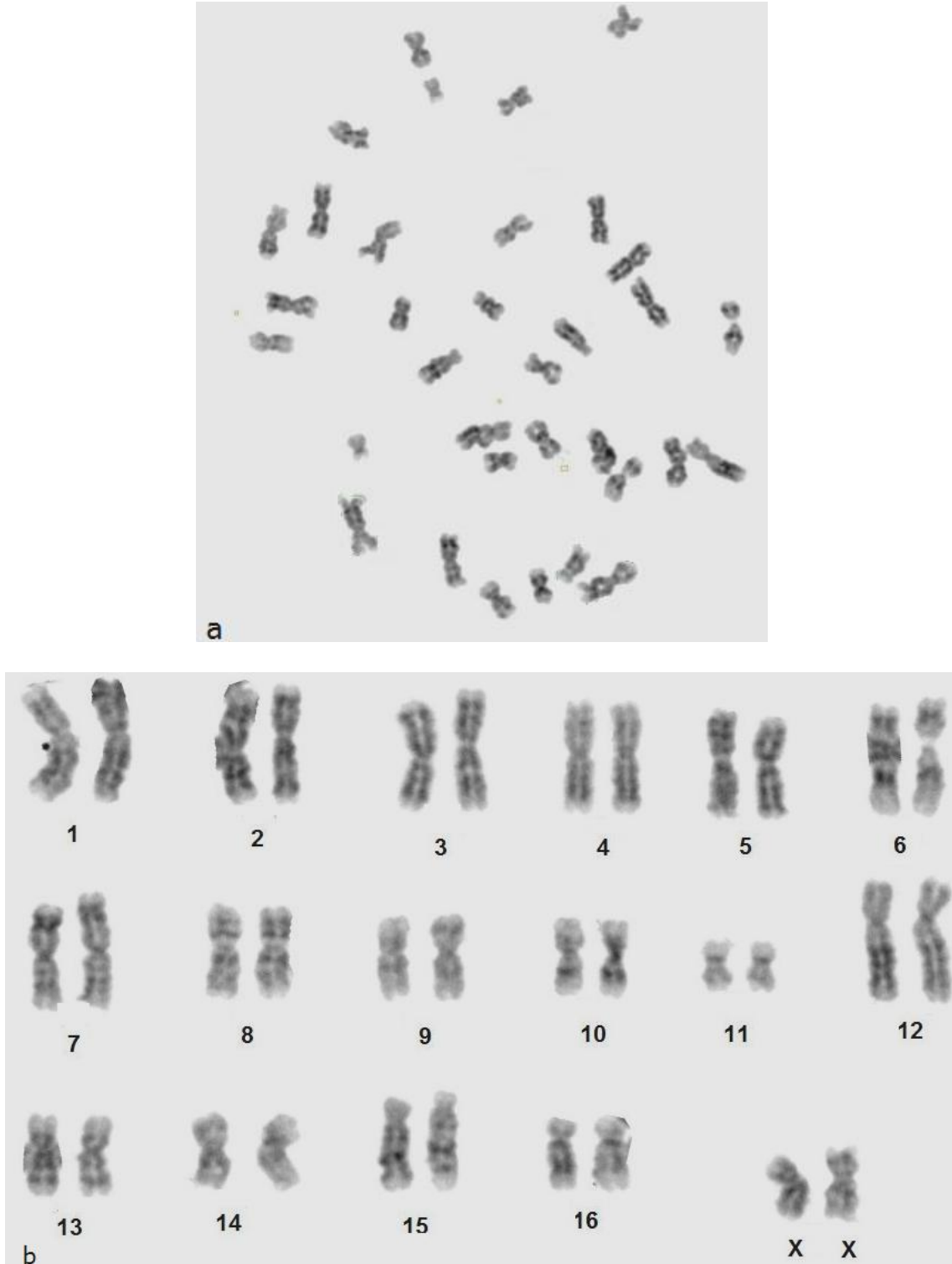
*T. europaea*'nın C bantları incelendiğinde bütün kromozomlarda sentromerik heterokromatin boyandığı görülmüştür (Şekil 3.7). Eşey kromozomlarının da sentromerik heterokromatin boyandığı görülmüştür.



Şekil 3.7 *Talpa europaea*'ya ait bir dişi örneğin C bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  (Babaeski, Kırklareli 6932 dişi).

### 3.1.2.3 G- bantlama

*T. europaea*'nın G bantlı örneği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (şekil 3.8).



şekil 3.8 *Talpa europaea*'ya ait bir dişi örneğin G bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  (Babaeski, Kırklareli 6932 dişi).

### 3.1.3 *Talpa caucasica* Satunin, 1908

*Talpa caucasica* Satunin, 1908 (Ueber Die Maulwürfe Südrussland und Kaukasiens. Mitt. Kaukasiens. Mus, 4: 2-8).

Tip yeri: Stavropol, Rusya.

Çalışmada Çizelge 3.3'te gösterilen *Talpa europaea* örnekleri Hopa, Artvin ilinden yakalandı (Şekil 2.2). Türün bu ilde akarsu kenarlarındaki yumuşak topraklı alanlar ve orman içi ortamlarında yayılış gösterdiği belirlendi (Şekil 3.9). *T. caucasica*'nın G ve C bant özellikleri Türkiye ve dünyada ilk kez bu çalışmada ortaya konulmuştur.



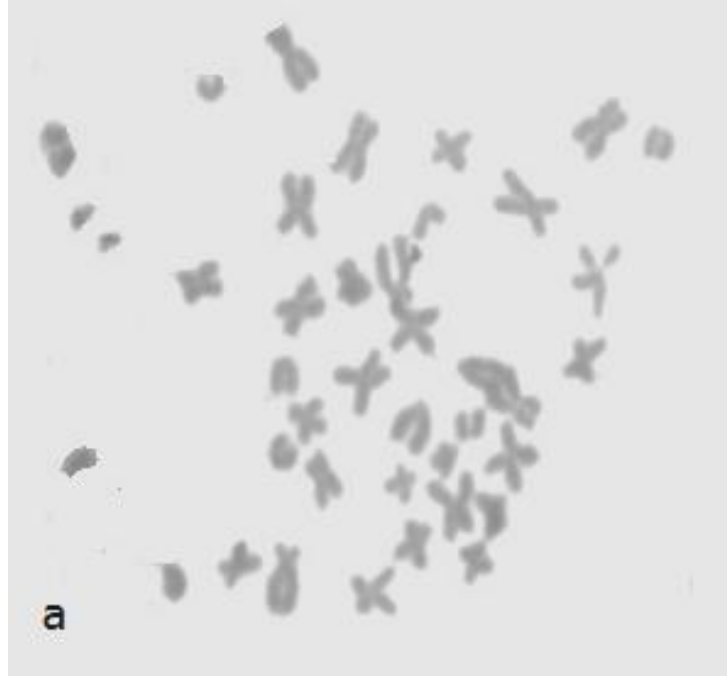
Şekil 3.9 *Talpa caucasica*'nın Hopa, Artvin bölgesindeki habitatu.

Çizelge 3.3 *Talpa caucasica* örnek yakalanan yerler.

<i>T. caucasica</i>	5651	DİŞİ	Hopa	Artvin
<i>T. caucasica</i>	5797	DİŞİ	Hopa	Artvin
<i>T. caucasica</i>	6205	DİŞİ	Hopa	Artvin
<i>T. caucasica</i>	6476	ERKEK	Hopa	Artvin
<i>T. caucasica</i>	6477	DİŞİ	Hopa	Artvin
<i>T. caucasica</i>	6478	ERKEK	Hopa	Artvin
<i>T. caucasica</i>	6934	DİŞİ	Hopa	Artvin

### 3.1.3.1 Karyotip

*Talpa caucasica* türü Hopa'da *Talpa levantis* ile simpatrik olarak yayılış göstermektedir. Karyotipi  $2n = 38$ ,  $NF = 66$  olarak belirlendi. X kromozomu büyük metasentrik ve Y kromozomu küçük akrosentriktir. Otozomal set 10 çift metasentrik, 2 çift submetasentrik, 2 çift subtelosentrik ve 4 çift akrosentrik kromozom içermektedir (Şekil 3.10).

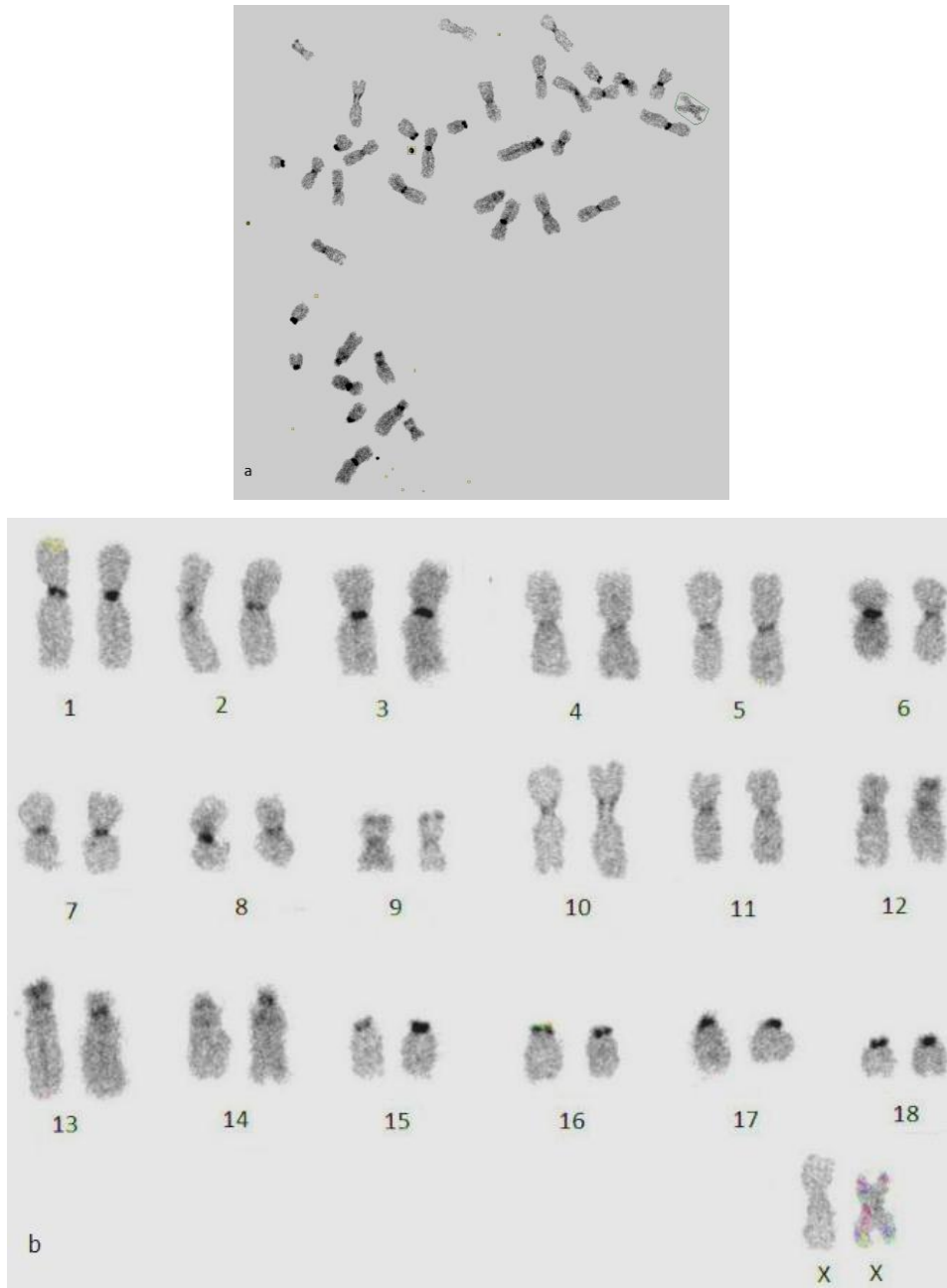


Şekil 3.10 *Talpa caucasica*'ya ait bir erkek örneğin metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 38$ ,  $NF = 66$  (Hopa, Artvin, 6476 erkek).



### 3.1.3.2 C-bantlama

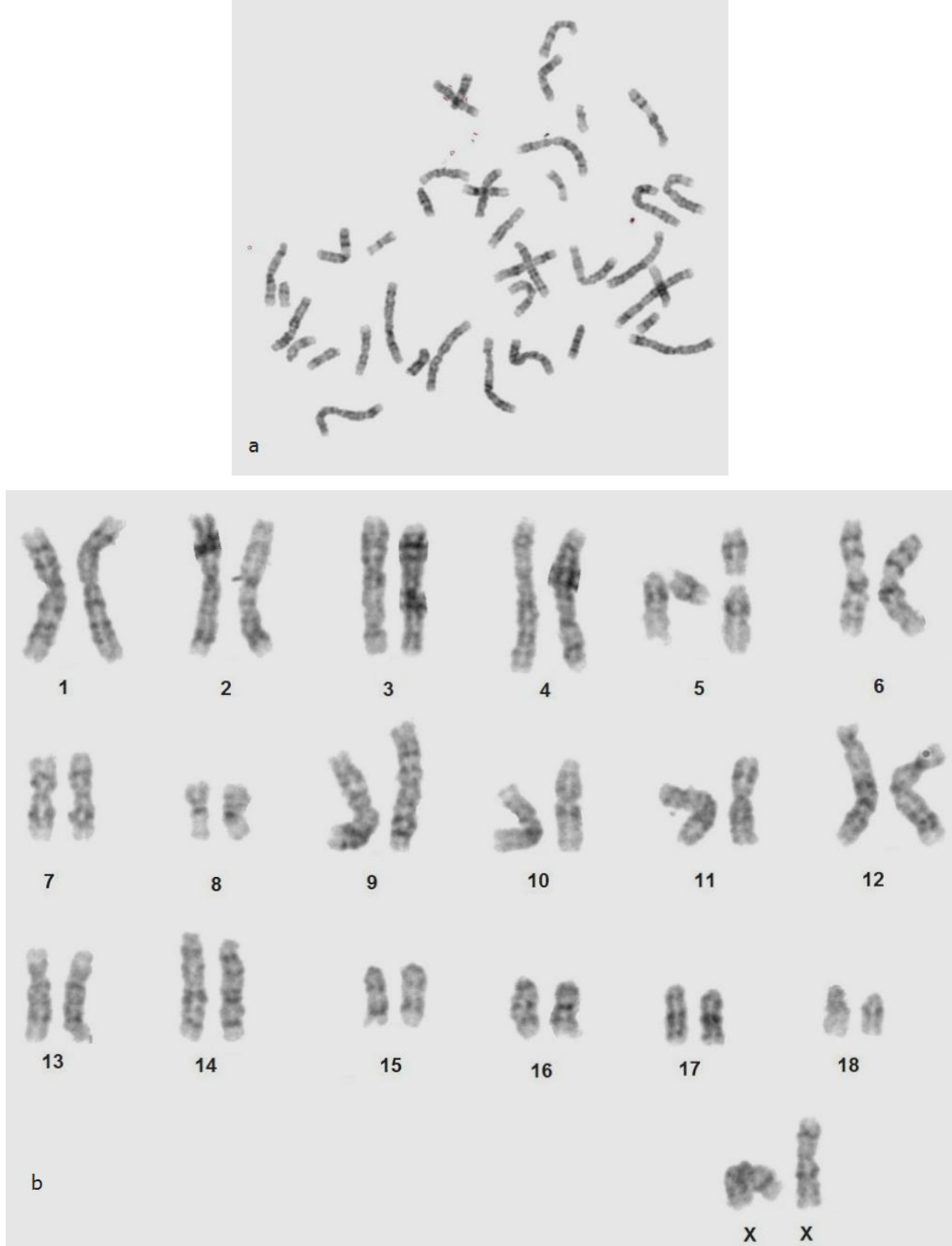
*T. caucasica*'nın C bantları incelendiğinde bir çift hariç (9. çift) bütün metasentrik kromozomlarda sentromerik heterokromatin boyandığı görülmüştür (Şekil 3.11). 9. çiftte ise interstitial (ara) kromozomlar heterokromatin yoğun bölge olarak boyanmıştır. Akrosentrik kromozomlarda heterokromatin bölge mevcuttur. Eşey kromozomlarının da sentromerik heterokromatin boyandığı görülmüştür.



Şekil 3.11 *Talpa caucasica*'ya ait bir erkek örneğinin C bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 38$ ,  $NF = 66$  (Hopa, Artvin, 6934 dişi).

### 3.1.3.3 G-bantlama

*T. caucasica*'nın G bantlı örneği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 *Talpa caucasica*'ya ait bir erkek örneğin G bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 38$ ,  $NF = 66$  (Hopa, Artvin, 6934 dişi).



### 3.1.4 *Talpa davidiana* (Milne-Edwards, 1884)

*Scaptochirus davidianus* Milne- Edwards, 1884 (Sur la classification des Taupes de l'ancien continent. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 99(26): 1141–1143).

Tip yeri: Meydanakbes, Gaziantep, Türkiye.

Çalışmada Çizelge 3.4'te gösterilen *Talpa europaea* örnekleri Tatvan ve Adana illerinden yakalandı (Şekil 2.2). Türün bu Tatvan'daki örnekleri Van Gölü kıyısındaki tarlalardan, Adana örneklerini ise Kızıldağ Yaylasında evlerin aralarındaki bahçelerde yumuşak topraklı alanlarda yayılış gösterdiği belirlendi (Şekil 3.13). *T. davidiana*'nın G ve C bant özellikleri Türkiye ve dünyada ilk kez bu çalışmada ortaya konulmuştur.



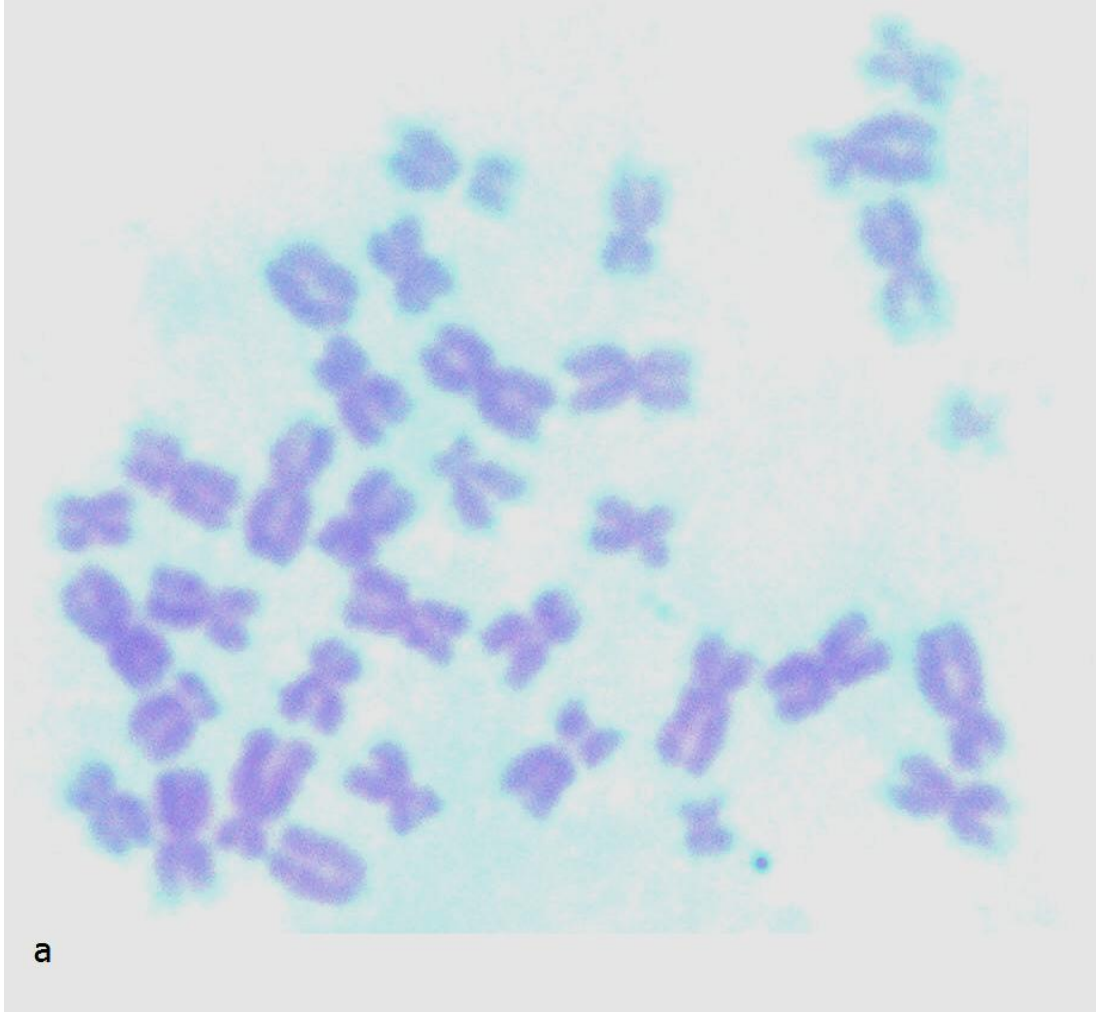
Şekil 3.13 *Talpa davidiana*'nın Tatvan bölgesindeki habitatu.

Çizelge 3.4 *Talpa davidiana* örnek yakalanan yerler.

<i>T. davidiana</i>	6928	ERKEK	Karaisalı	Adana
<i>T. davidiana</i>	6929	ERKEK	Karaisalı	Adana
<i>T. davidiana</i>	6933	DİŞİ	Karaisalı	Adana
<i>T. davidiana</i>	6226	ERKEK	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6227	ERKEK	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6228	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6229	ERKEK	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6230	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6231	ERKEK	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6232	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6233	ERKEK	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6234	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6235	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6236	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6237	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6240	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6241	DİŞİ	Tatvan	Bitlis
<i>T. davidiana</i>	6242	DİŞİ	Tatvan	Bitlis

### 3.1.4.1 Karyotip

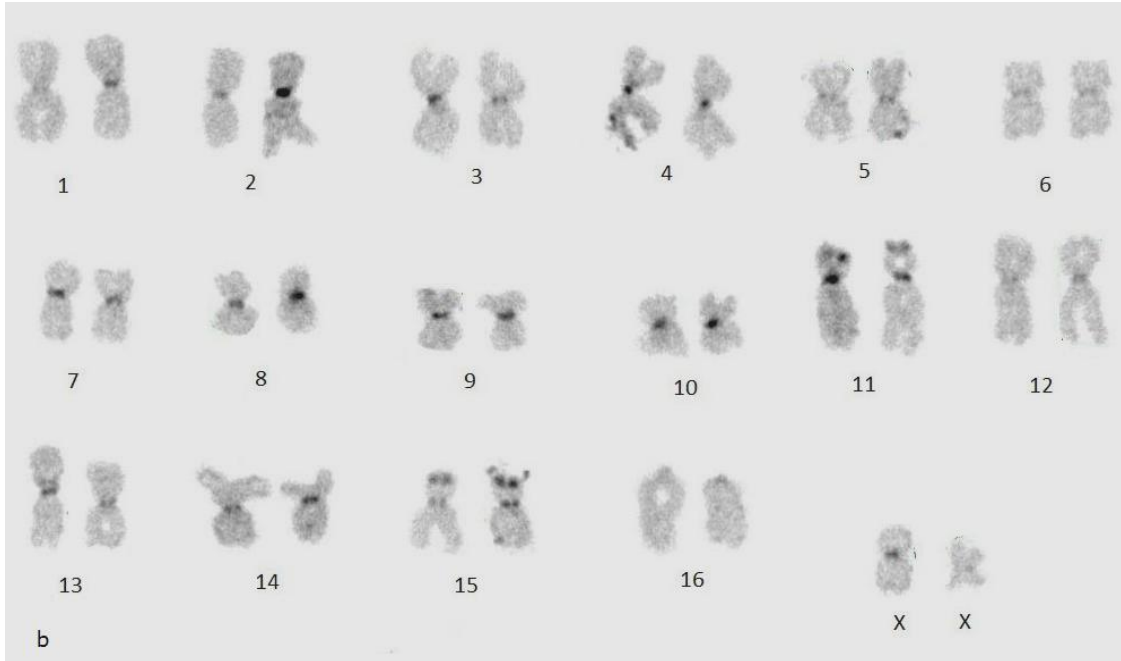
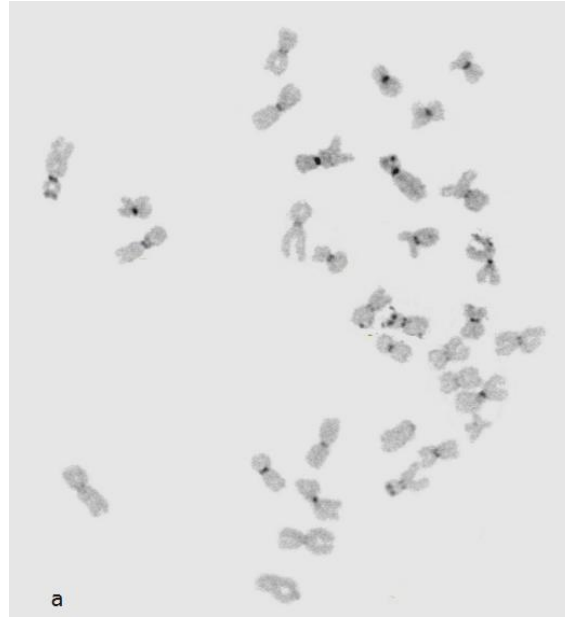
Türe ait örnekler Bitlis, Tatvan ve Adana, Karaisalı, Kızıldağ Yaylasından yakalanmıştır.  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  kromozomuna sahiptir. X kromozomu orta büyüklükte metasentrik ve Y kromozomu örnekler dişi olduğundan belirlenemedi. Otozomal set 10 çift metasentrik, 5 çift submetasentrik ve 1 çift akrosentrik kromozom içermektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 *Talpa davidiana*'ya ait bir dişi örneğin metafaz plağı (a) ve karyotipi (b)  $2n = 34$ , NF = 66 (Tatvan, Bitlis, 6241 dişi).

### 3.1.4.2 C-bantlama

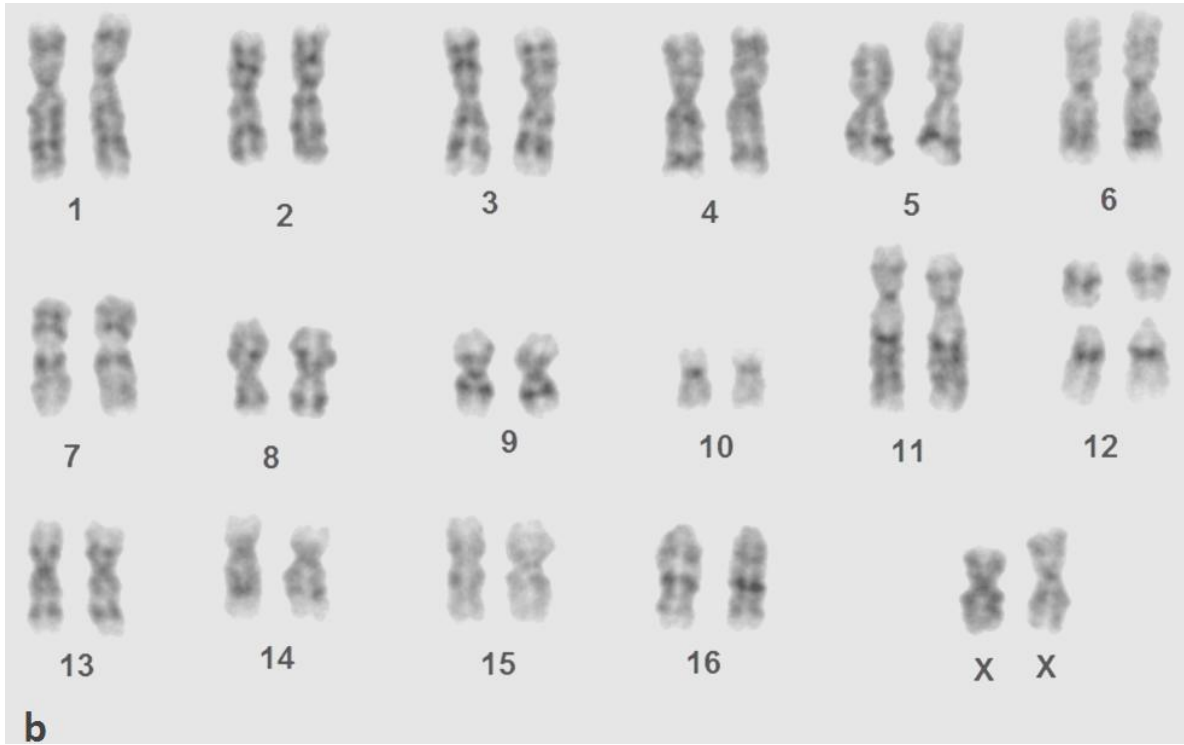
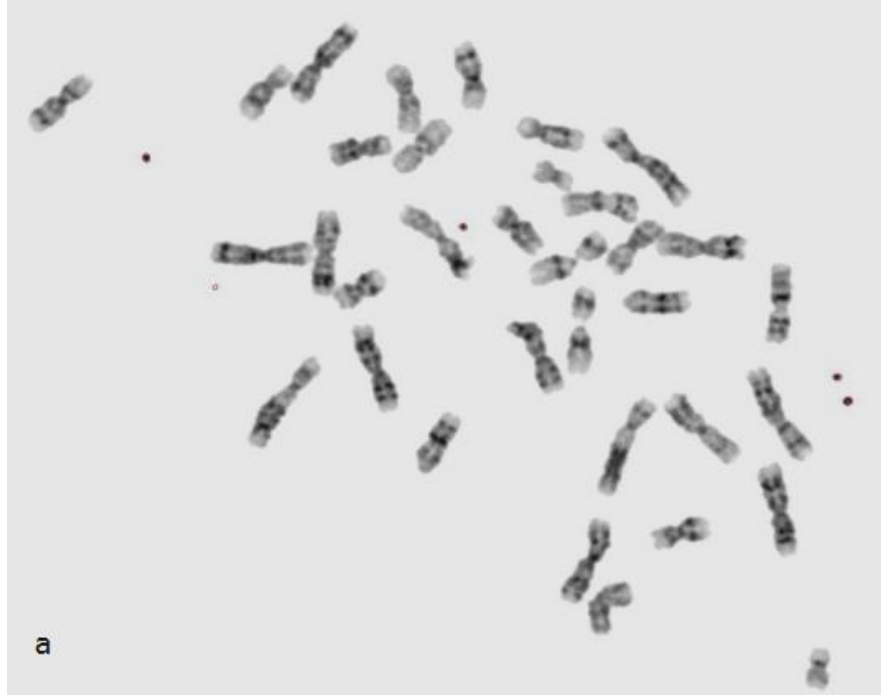
*T. davidiana*'nın C bantları incelendiğinde 2 çift (11 ve 15) interstitial kromozom heterokromatin yoğun bölge olarak boyanmıştır (Şekil 3.15). Diğer metasentrik kromozomların sentromerik heterokromatin bölgeleri boyanmıştır. Akrosentrik bir çift kromozomda heterokromatin bölge mevcuttur. Eşey kromozomlarının da sentromerik heterokromatin boyandığı görülmüştür.



Şekil 3.15 *Talpa davidiana*'ya ait bir dişi örneğin C bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 34$ ,  $NF = 66$  (Tatvan, Bitlis, 6929 dişi).

### 3.1.4.3 G-bantlama

*T. davidiana*'nın G bantlı örneği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (şekil 3.16).



şekil 3.16 *Talpa davidiana*'ya ait bir dişi örneğin G bantlı metafaz plağı (a) ve karyotipi (b);  $2n = 34$ ,  $NF = 66$  (Tatvan, Bitlis, 6929 dişi).

### 3.2 HETEROKROMATİN BÖLGELER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre (Çizelge 3.5) her formun sahip olduğu heterokromatin bölge sayısal olarak belirlenmiştir. Bu bölgeler tek başına türleri ayıracak bilgiyi vermemekle birlikte ayırt edici farklar görülmektedir.

Çizelge 3.5 Türlerin sahip oldukları heterokromatin bölgeler.

Türler	C bant sonuçları				2n	NF
	Sentromerik	Perisentromerik	Ara	Hangi kromozom çiftinde		
<i>T. davidiana</i>	15	0	2	11 ve 15	34	66
<i>T. levantis</i>	16	0	1	4	34	68
<i>T. europaea</i>	17	0	0	-	34	68
<i>T. caucasica</i>	18	0	1	9	38	66

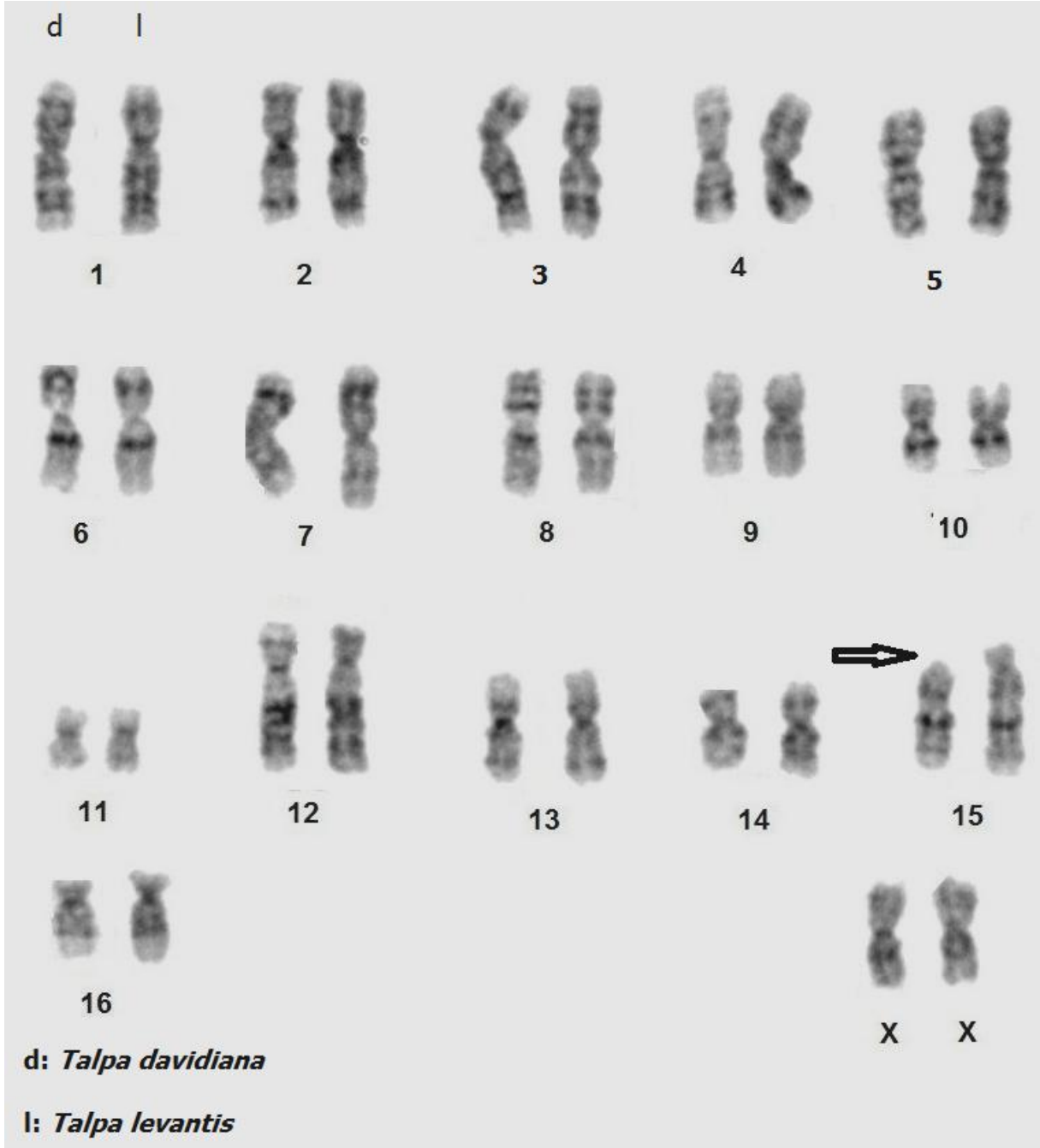
### 3.3 FORMLAR ARASINDAKİ YENİDEN DÜZENLENMELER

Yukarıda verilen G-bandı sonuçları aşağıda ikili karşılaştırmalarda kullanılmış ve hangi formun hangi formdan oluştuğu yorumlanmıştır. Karşılaştırmalardan elde edilen sonuçlar eklerde verilen çizelgelerin hazırlanması için kullanılmış.

Bu çizelgelerdeki verilerle Şekil 3.23'teki ağaç çizilmiştir. *T. levantis*, *Talpa caucasica*, *Talpa davidiana* ve *T. europaea* türleri G bantlama özelliklerine göre birbiriyle karşılaştırılarak muhtemel kromozom değişim mekanizmaları şekillerle anlatılmıştır.

### 3.3.1 *Talpa levantis* ile *Talpa davidiana* G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması

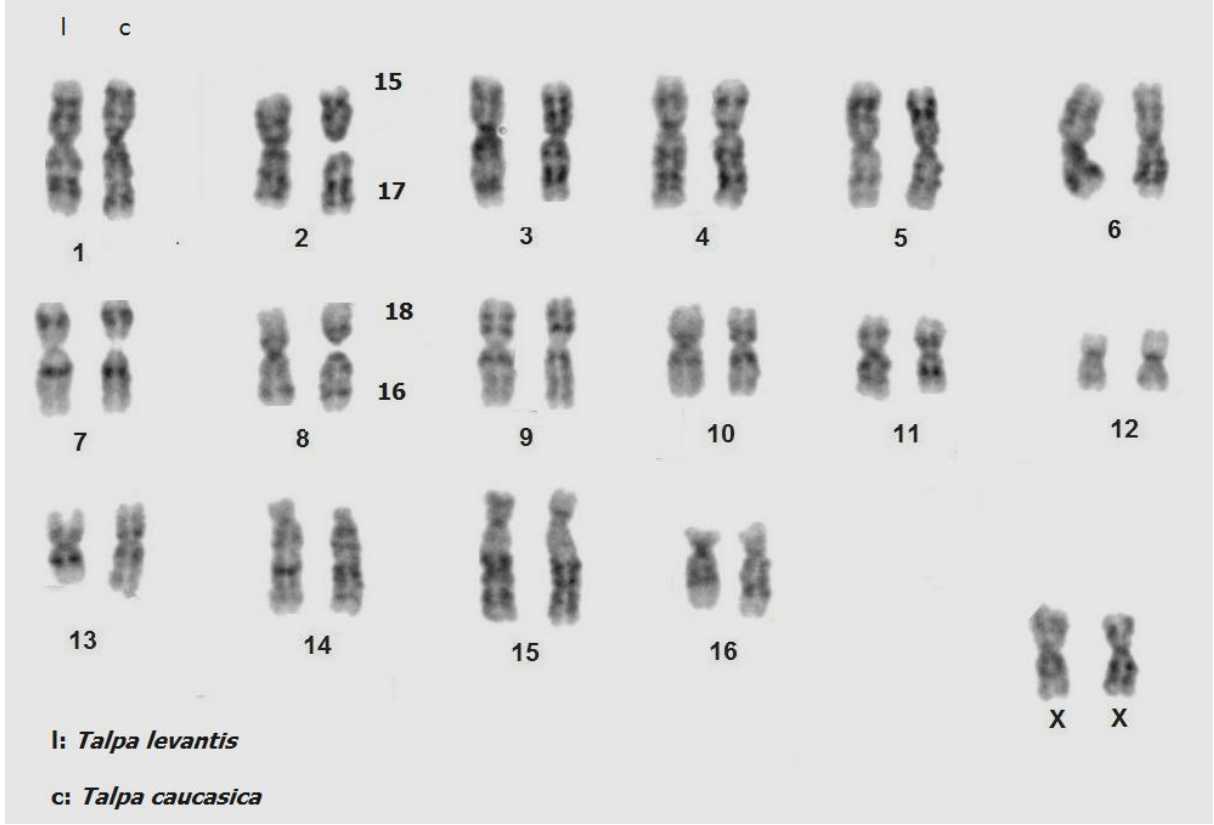
15. kromozom setinde *T. levantis*'in subtelosentrik kromozom bant özellikleri *T. davidiana*'da uzun kollu akrosentrik kromozom bant özelliği ile aynıdır. Bu akrosentrik kromozom, submetasentrik kromozomda meydana gelen bir delesyon sonucu meydana gelmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 *T. levantis* ve *T. davidiana* G bantlarının karşılaştırılması.

### 3.3.2 *Talpa levantis* ile *Talpa caucasica* G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması

*T. caucasica*'da 15, 16, 17 ve 18. akrosentrik kromozom seti şekilde gösterildiği gibi *T. levantis*'in 2 ve 8. çift kollu kromozomlarla benzer aynı bant kalıplarına sahip olduğu görülmüştür (Şekil 3.18).

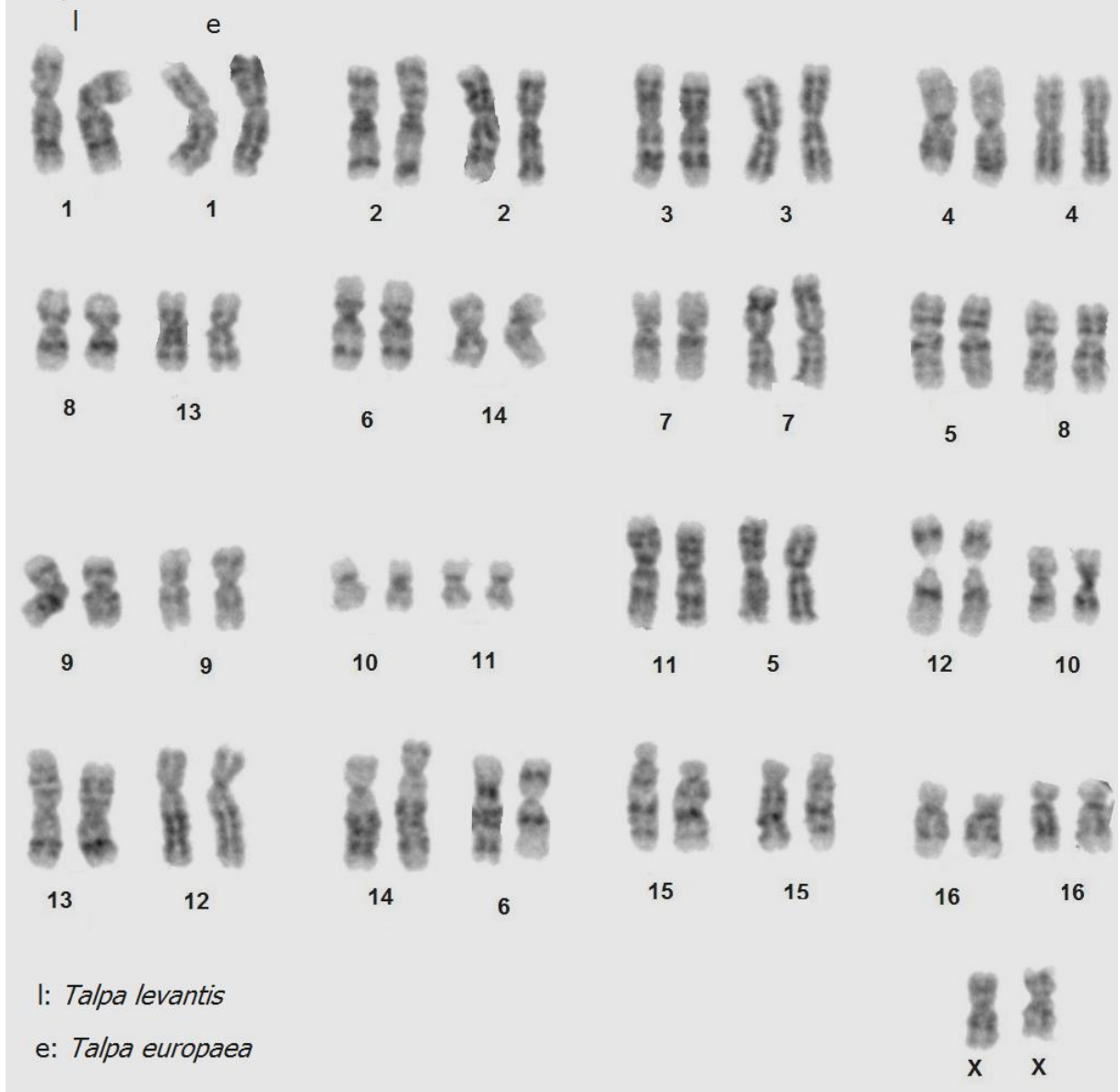


Şekil 3.18 *T. levantis* ve *T. caucasica* G bantlarının karşılaştırılması.



### 3.3.3 *Talpa levantis* ile *Talpa europaea* G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması

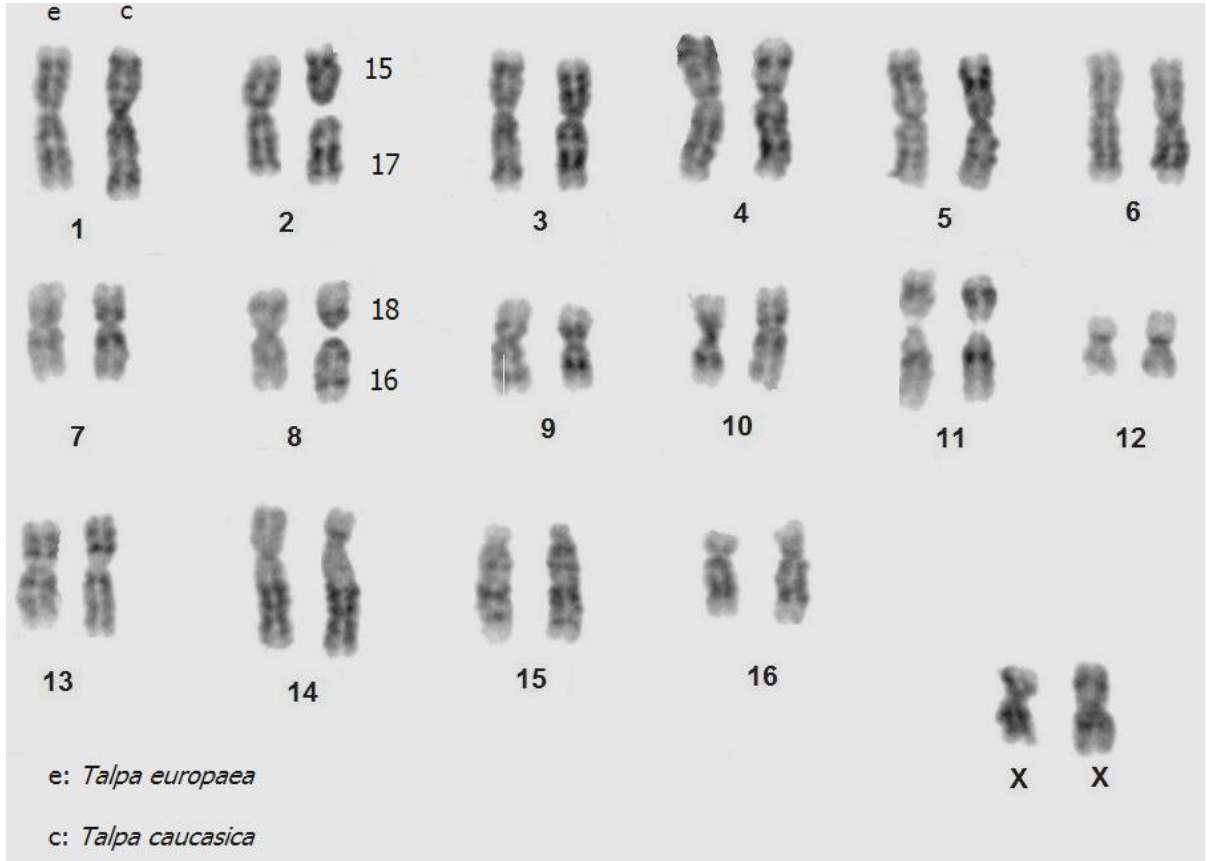
Bu iki tür kromozom morfolojisi ve G bantları bakımından birbirine çok benzerdir. Kromozom kol sayıları ve kromozo çeşitler aynıdır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 *T. levantis* ve *T. europaea* G bantlarının karşılaştırılması.

### 3.3.4 *Talpa europaea* ile *Talpa caucasica* G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması

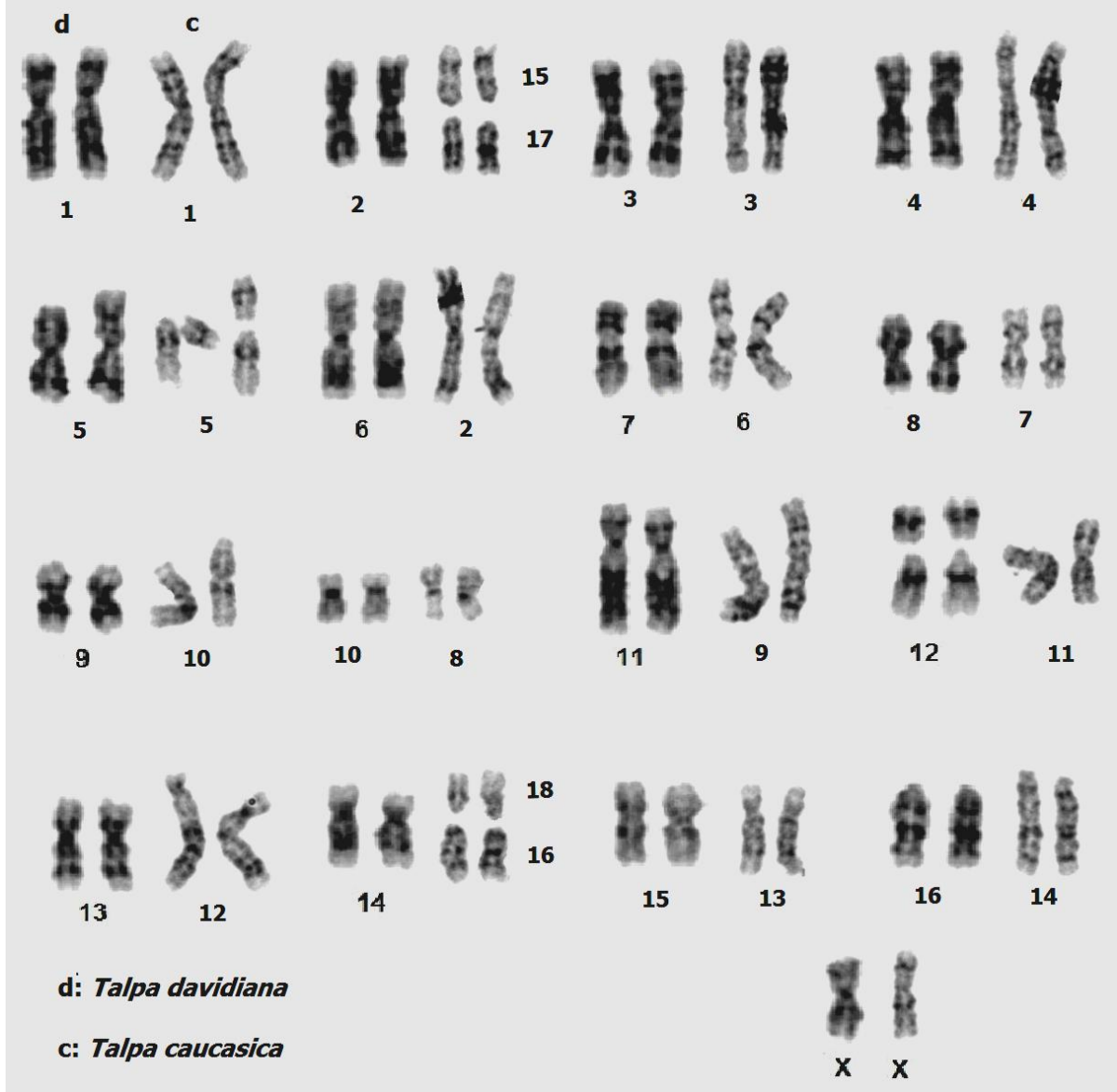
*T. caucasica*'da 15, 16, 17 ve 18. akrosentrik kromozom seti şekilde gösterildiği gibi *T. europaea*'nın 2 ve 8. çift kollu kromozomlarla benzer aynı bant kalıplarına sahip olduğu görülmüştür (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 *T. europaea* ve *T. caucasica* G bantlarının karşılaştırılması.

### 3.3.5 *Talpa davidiana* ile *Talpa caucasica* G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması

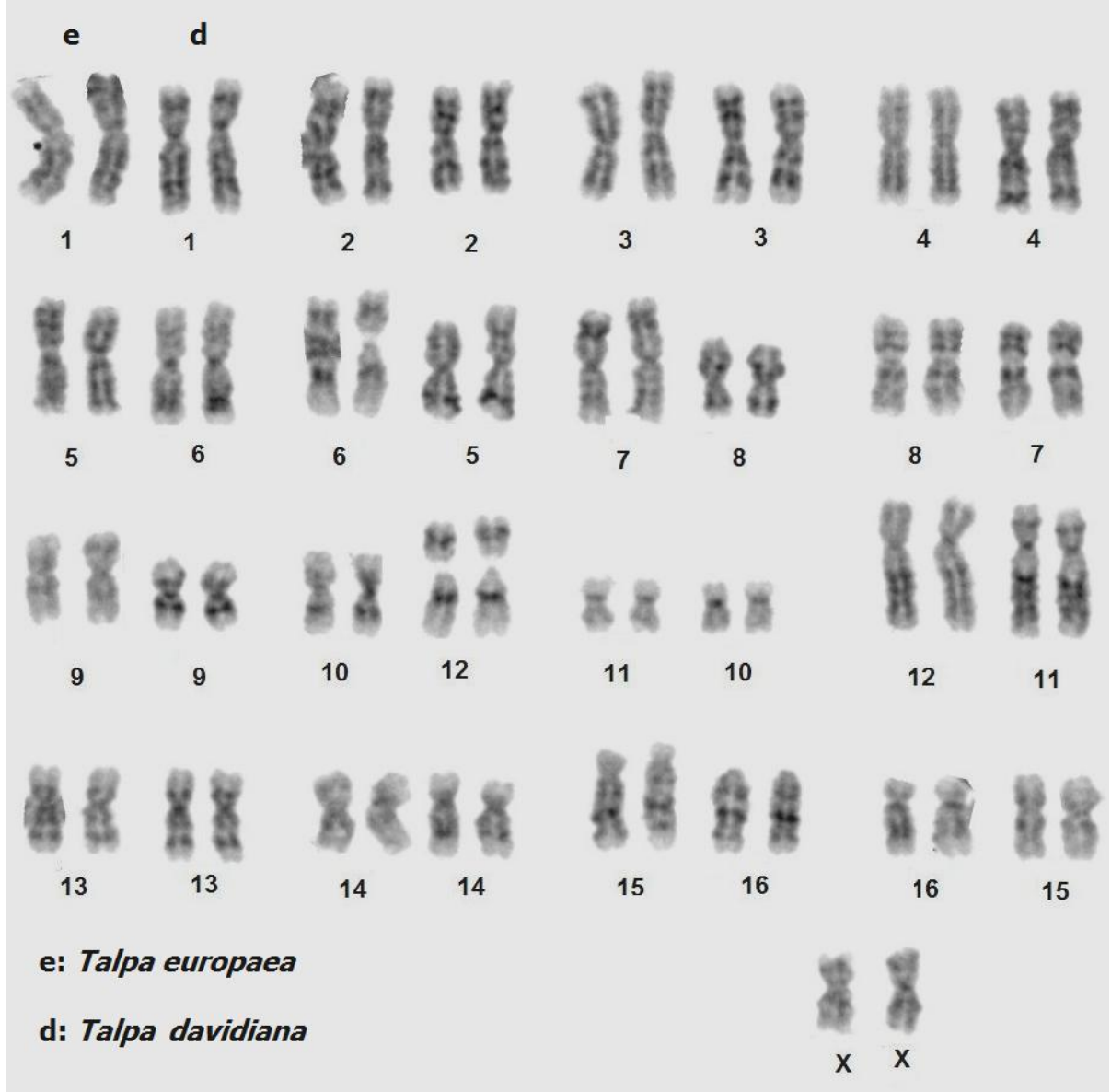
*T. caucasica*'da 15, 16, 17 ve 18. akrosentrik kromozom seti şekilde gösterildiği gibi *T. davidiana*'nın 6 ve 14. çift kollu kromozomlarla benzer aynı bant kalıplarına sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca *T. caucasica*'nın 14. submetasentrik kromozom çiftindeki bantlar ile *T. davidiana*'nın 16. akrosentrik kromozom çiftinin bantları benzer özelliktedir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 *T. davidiana* ve *T. europaea* G bantlarının karşılaştırılması.

### 3.3.6 *Talpa europaea* ile *Talpa davidiana* G Bantlama Özelliklerinin Karşılaştırılması

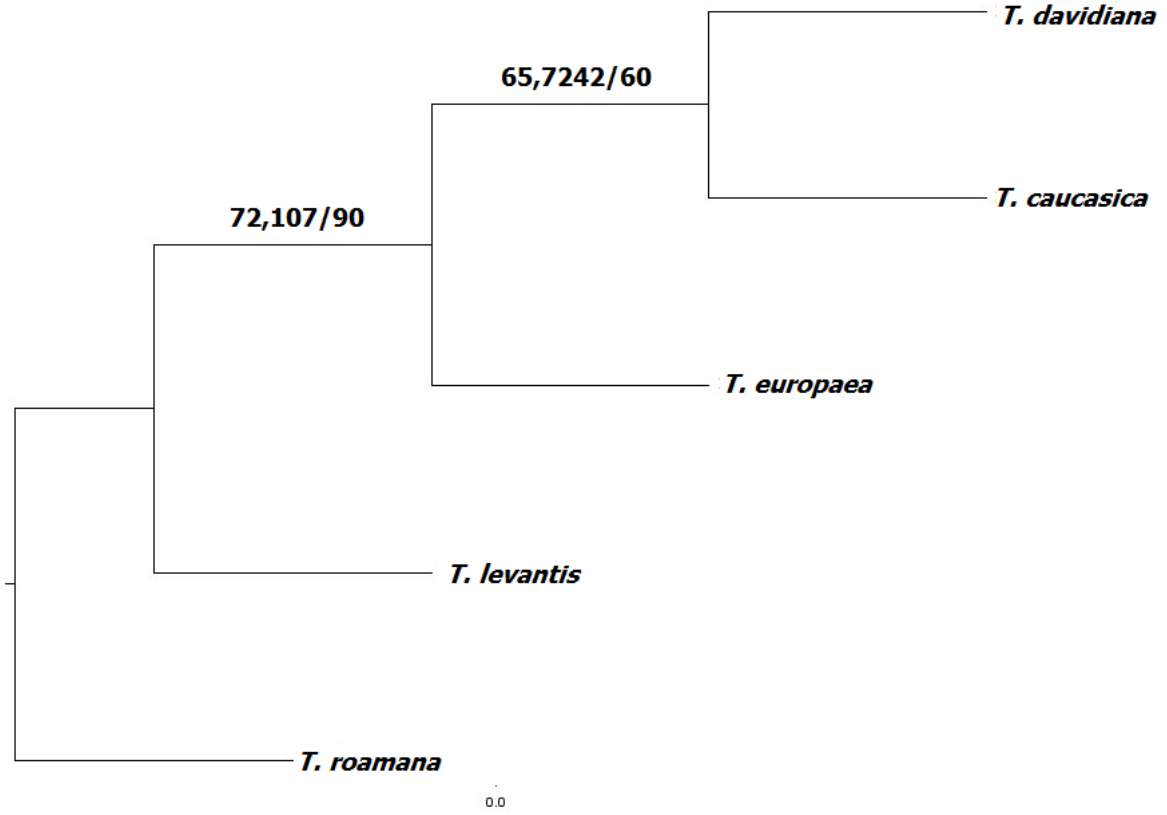
*Talpa europaea*'nin 15. kromozom setindeki submetasentrik kromozomun *T. davidiana*'nın 16. akrosentrik kromozomunda kromozom bant özellikleri birbirinin aynısıdır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 *T. davidiana* ve *T. europaea* G bantlarının karşılaştırılması

### 3.4 FORMLAR ARASINDAKİ FİLOGENETİK İLİŞKİ

Kromozomal karakter matrisinin (Ek 1) maksimum parsimony (MP) analizi, bir ağaç oluşturmuştur. Kullanılan 27 karakterden (19 G bant ve 8 C bant karakteri) 9 tanesi bilgi verici özellik taşımaktadır. Oluşturulan ağaca göre 4 kol oluşmaktadır. Doğu Avrupa türleri olan *T. caucasica* ile *T. davidiana* birlikte gruplanmış ve batı Avrupa türü olan *T. europaea*'dan ayrılmıştır. Bu sonuç *T. davidiana*'nın da doğu grubunun bir parçası olduğunu göstermektedir. *T. europaea* ve *T. levantis* ise batı köstebekleri grubuna ait görünmektedir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23 Ek A'daki verilerle PAUP programı ile maksimum parsimoni metodu kullanılarak sadece kromozom varlık ya da yokluk verilerinden elde edilen kladogram. Ağaç kolları üzerindeki numaralardan ilki neighbor-joining, ikincisi maximum parsimony boot sonuçlarını göstermektedir.

## BÖLÜM 4

### TARTIŞMA

Bu çalışmada analiz edilen türler daha önceki çalışmalarda morfolojik ve karyolojik olarak incelenmiştir (Todorovic et al. 1972, Kefelioğlu ve Gençoğlu 1996, Skolov and Tembetov 1989, Sözen et al. 2012). Ancak Türkiye köstebekleri için karşılaştırılmalı kromozom bantlama çalışması bulunmamaktadır. Bu yüzden bu çalışmada elde edilen kromozom bantlama (G ve C) sonuçları ile Türkiye köstebekleri için ilk defa ortaya konulmuştur. Çalışmada Türkiye'de yayılışı bulunan 4 köstebek türünün karşılaştırılmalı C ve G bantlama sonuçları belirlenmiştir. Ayrıca G bantlama sonuçları ile köstebeklerin kromozomal değişim mekanizması yorumlanmıştır. Bu bölümde karyotip, bantlama sonuçları, filogenetik ilişkileri ve kromozomal evrim sırasıyla tartışılmıştır.

#### 4.1 KARYOTİP

*Talpa europaea* Linneaus, 1758 Türkiye'deki en büyük köstebeklerden biridir (Kryštufek 2001). Türkiye'de sadece Trakya'da yayılış göstermektedir. Ayrıca Doğramacı (1989d) Balkanlarda *T. europaea*'nın daha küçük olan *T. levantis* ile simpatrik olduğu bir tek bölge (Pınarhisar) bildirmiştir. Kromozom sayısı  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  olarak belirlenmiştir. *Talpa levantis*'ten vücut büyüklüğü ile kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Kromozom morfolojisi olarak *T. europaea* ve *T. levantis* birbirine benzer yapıdadır (Çizelge 4.1).

*Talpa caucasica* Satunin, 1908 Türkiye'nin Kuzeydoğusunda Hopa ve çevresinde yayılış göstermektedir. *Talpa europaea* ile büyüklükleri benzer olmasına rağmen gözlerinin kapalı olması, kürk renginin daha koyu olması ve karın bölgesindeki beyaz lekelenme ile ayırt edilmektedir. Kromozom sayısı  $2n = 38$ ,  $NF = 66$ 'dır (Kefelioğlu ve Gençoğlu 1996). Diğer Türkiye türlerinden diploid kromozom sayısı ve NF değeri ile ayrılmaktadır.

*Talpa levantis* ilk başlarda *T. caeca*'nın alt türü olarak tanımlanmıştır ve uzun süre böyle olduğu düşünülmüştür (Spitzenberger and Steiner 1962, Osborn 1964, Grulich 1972), ancak Spitzenberger (1973) ve Kumerlove (1975) tarafından ayrı bir tür olduğunu belirtmişlerdir. Kryštufek (1994), *T. levantis*'in *T. caeca*'dan kafatası morfolojisi açısından farklı olduğunu söylerken Kefelioğlu ve Gençoğlu (1996) Türkiye'den *T. levantis* örneklerinin karyotipini incelemiş ve *T. caeca* için Avrupa'dan verilen karyotip sonucundan farklı olduğunu belirlemiştir. *T. caeca*'nın karyotipi ise Balkanlardan  $2n = 36$ ,  $NF = 68$  olarak verilmiştir (Todorovic et al. 1972). *Talpa levantis*'in kromozom sayısı  $2n = 34$ ,  $NFa = 64$ 'tür (Kefelioğlu ve Gençoğlu 1996). *Talpa levantis* için aynı değerler bizim çalışmamızda da Arhavi'den ve Zonguldak civarından yakalanan örneklerden elde edilmiştir.

*Talpa davidiana* Milne Edwards (1884) tarafından Hatay'daki Suriye sınırına yakın Akbes köyünden tanımlanan *Scaptochirus davidianus*'ın daha sonraki İran'ın kuzeyinden (Hezar Darreh) Lay (1965) tarafından keşfedilen *T. streeti* ile konspesifik olduğu ortaya konulmuştur (Kryštufek 2001). *Talpa davidiana*, *Talpa levantis*'ten biraz büyüktür, diş sayıları ve rostrumunun geniş olması ile iki tür morfolojik olarak ayrılmaktadır (Kryštufek 2001). Ayrıca yakaladığımız Tatvan *T. davidiana* örneklerinin tamamında çene altında beyaz bir leke bulunmaktadır. Ancak bu beyaz leke Karaisalı örneklerinde bulunmamaktadır. *T. levantis* örneklerinde ise bu beyaz leke hiç görülmemiştir. Kromozom sayısı *T. davidiana* için Karaisalı örneklerinde  $2n = 34$ ,  $NF = 66$  olarak belirlenmiştir (Sözen et al. 2012) (Çizelge 4.1). Çalışmamızda diploid kromozom sayısı ve NF değeri Tatvan örneklerinde de benzer şekilde bulunmuştur. Tatvan örneklerinden G ve C bantlar elde edilemediğinden iki farklı lokaliteden (Karaisalı ve Tatvan) yakalanan *Talpa davidiana* örneklerinin kromozom bantlama karşılaştırılması yapılamamıştır. Diploid kromozom sayısı *T. levantis* ve *T. europaea* ile aynı olmasına rağmen ( $2n = 34$ ), NF değeri bakımından farklılık göstermektedir.

Çizelge 4.1 Türkiye *Talpa* türlerinin karyotiplerinin karşılaştırılması

Türler/ kromozom özellikleri	2n	NF	X	Y	M	Sm	St	A
<i>Talpa levantis</i>	34	68	M	A	10	3	3	-
<i>Talpa europaea</i>	34	68	M	A	10	3	3	-
<i>Talpa caucasica</i>	38	66	M	A	10	2	2	4
<i>Talpa davidiana</i>	34	66	M	A	10	5		1

## 4.2 BANTLAMA

Karşılaştırmalı bantlama çalışmaları, farklı türlerin kromozomal yeniden düzenlenmelerinin açığa çıkarılmasında etkilidir ve karyotip ilişkilerini açığa çıkarmada önemli karakterler sunar (Romanenko et al. 2007). Kromozom bantlama çalışmaları morfolojik olarak ayırımı zor olan pek çok türün ayırımında faydalı veriler sağlamaktadır (Zima 2000, Kawada et al. 2005, Ivanitskaya et al. 2008, Matur et al. 2013). Türkiye köstebekleri için C ve G bantlama verileri ilk defa bu çalışmada sunulmuştur.

Genelde *Talpa* türlerinin kromozom sayısı  $2n = 34$  ve  $NF = 62-66$  şeklindedir. Ancak *Talpa caucasica* ve *T. caeca* türlerinin kromozom sayıları farklıdır. *Talpa caucasica*'nın iki çift çok küçük akrosentrik kromozom eklenmesi ile  $2n = 38$ ,  $NF = 66$  kromozom sayısına sahip olduğu görülmektedir (Dzuev et al. 1972). Bunun nedeni olarak Robertsonian fizyon gösterilebilir. Belki de köstebeklerin Avrupa soyunun ayrılmasından önce kromozomal evriminde Robertsonian fizyon etkili olmuştur (Gornung et al. 2008).

Bu çalışmada C bantlama sonuçlarına göre heterokromatin bölgeler ortaya çıkarılmıştır. Tüm türlerde sentromerik heterokromatin varlığı görülmüştür. Ancak interstitial (ara) heterokromatin varlığı *T. davidiana*'da 2 (11 ve 15. çift); *T. levantis*'te 1 (4. çift) ve *T. caucasica*'da 1 (9. çift) adet görülmüştür. *T. europaea*'da daha önce Gornung et al. (2008) tarafından Roma'dan incelediği örneklerde gösterilen 9. kromozomun alt kolunun distal bölgesindeki heterokromatin bant çalışmamızda görülmemiştir. Ayrıca ara heterokromatin varlığına da rastlanmamıştır (Çizelge 3.2). Bu sonuçlara göre Türkiye köstebek türlerinin hepsi de C bantlama özelliklerine göre birbirlerinden ayrılabilir.

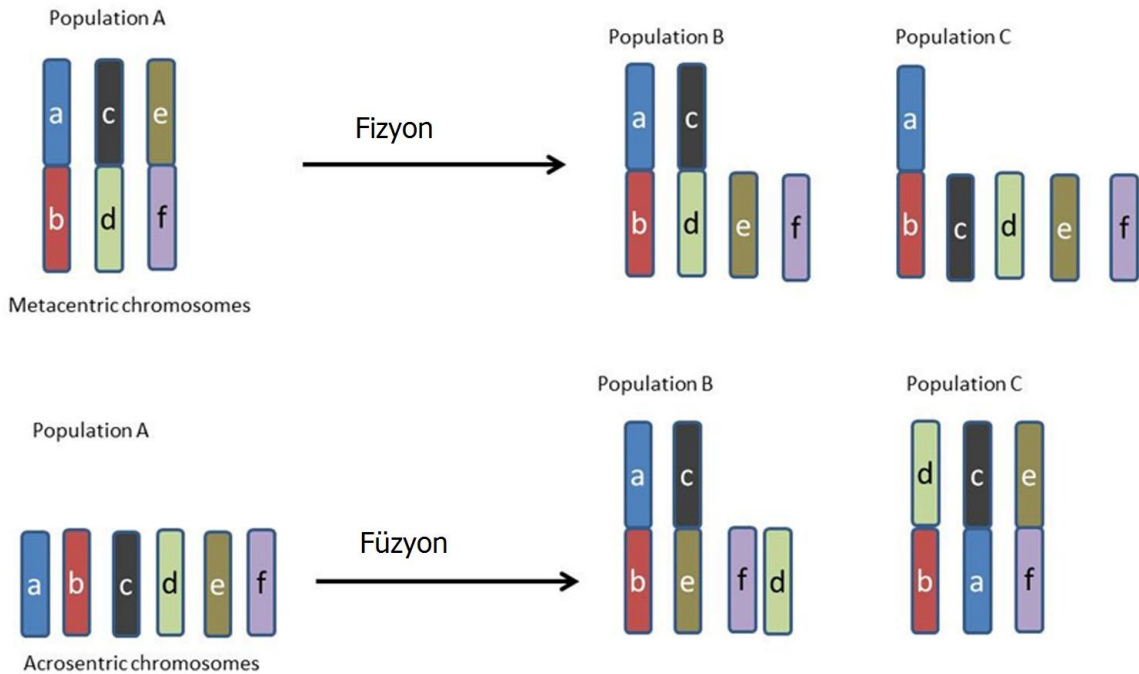
Ayrıca tüm türler için yapılan G bantlama sonuçlarına göre türler arasındaki kromozomal yeniden düzenlenmeler hakkında veriler elde edilerek PAUP 4.0 programı ile maximum parsimony analizi ile bir ağaç oluşturulmuştur (Şekil 3.15).



#### 4.2.1 Kromozomal Yeniden Düzenlenmeler

Bilindiği üzere Robertsonian birleşme ve ayrılmalar, inversiyonlar ve heterokromatin C varyasyonları memelilerin evriminde önemli rol oynamaktadır (Kawada et al 2001). *Talpa* ile ilgili karyotip ve bantlama çalışmaları, köstebeklerin karyolojik evriminde perisentrik inversiyonların, translokasyonların ve delesyonların etkili olduğu kaydedilmiştir (Gropp 1969, Capanna 1981, Kawada et al. 2001, 2005, Gornung et al. 2008). Ayrıca Kratochvil and Král (1972) *Talpa* cinsinde akrosentrik kromozom sayısının azalmasında robertsonian birleşme ve ayrılmaları ile inversiyonların etkili olabileceğini öne sürmüştür. Asya *Talpa* cinsinin kromozomal evriminde perisentrik ve parasentrik inversiyonların etkili olduğu belirtilmiştir (Kawada et al. 2001).

Bu çalışmaya göre Robertsonian ayrılmaları ve delesyonlar Türkiye köstebeklerinin kromozomal evriminden sorumlu ana mekanizmadır. Sumner (2003), formlar arasında meydana gelen değişikliğin Robertsonian birleşmesi ya da ayrılmasından hangisi olduğunu anlamak için belli bir akrosentrik kromozomu takip etmek gerektiğini belirtmiştir (Şekil 4.1).

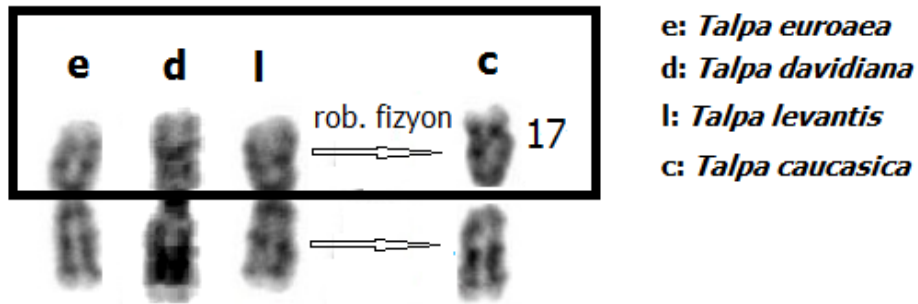


Şekil 4.1 Köstebeklerin kromozomal evriminde rol oynayan yeniden düzenlenme mekanizması (Matur et al. 2013).

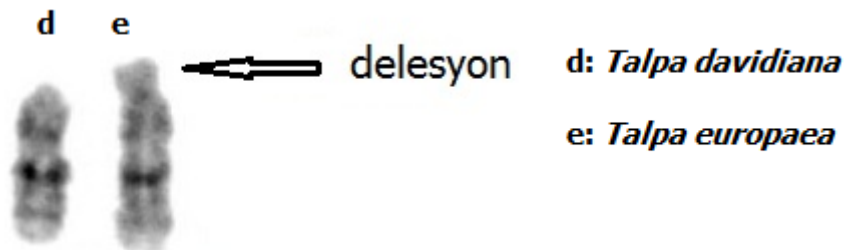
Buna göre belli bir “A” akrosentrik kromozomu her formda hep aynı “B” akrosentrik kromozomu ile ikili oluşturuyorsa bu ayrılmaya işarettir. Ancak “A” akrosentrik kromozomu her formda farklı bir akrosentrik kromozomla ikili olarak bulunuyorsa, bu birleşmeye işarettir.

Bizim yaptığımız çalışmalar sonunda Şekil 4.4’te gösterilen türlerin G bant özellikleri bakımından birlikte değerlendirildiği şekilde *T. caucasica*’nın 18. akrosentrik kromozomu hep 17. akrosentrik kromozom ile birleştiğinden *Talpa* cinsinin kromozomal olarak farklılaşmasında birleşme değil ayrılmanın olduğunu göstermektedir (Şekil 4.2). Kawada et al. (2008), Çin, Kuzey Amerika, Japonya ve Avrupa köstebeklerinde yaygın olarak görülen diploid kromozom sayısının  $2n = 34$  olmasından dolayı bu kromozom sayısının atasal değer olduğunu söylemiştir (Çizelge 4.2). Benzer şekilde *Talpa* cinsine ait türler de en yaygın karyotip olan  $2n = 34$  (9 *Talpa* türünden 7’si) kromozomundan türleşmiş olmalıdırlar. Bu çalışmadan elde edilen veriler de bunu desteklemektedir (Şekil 3.17).

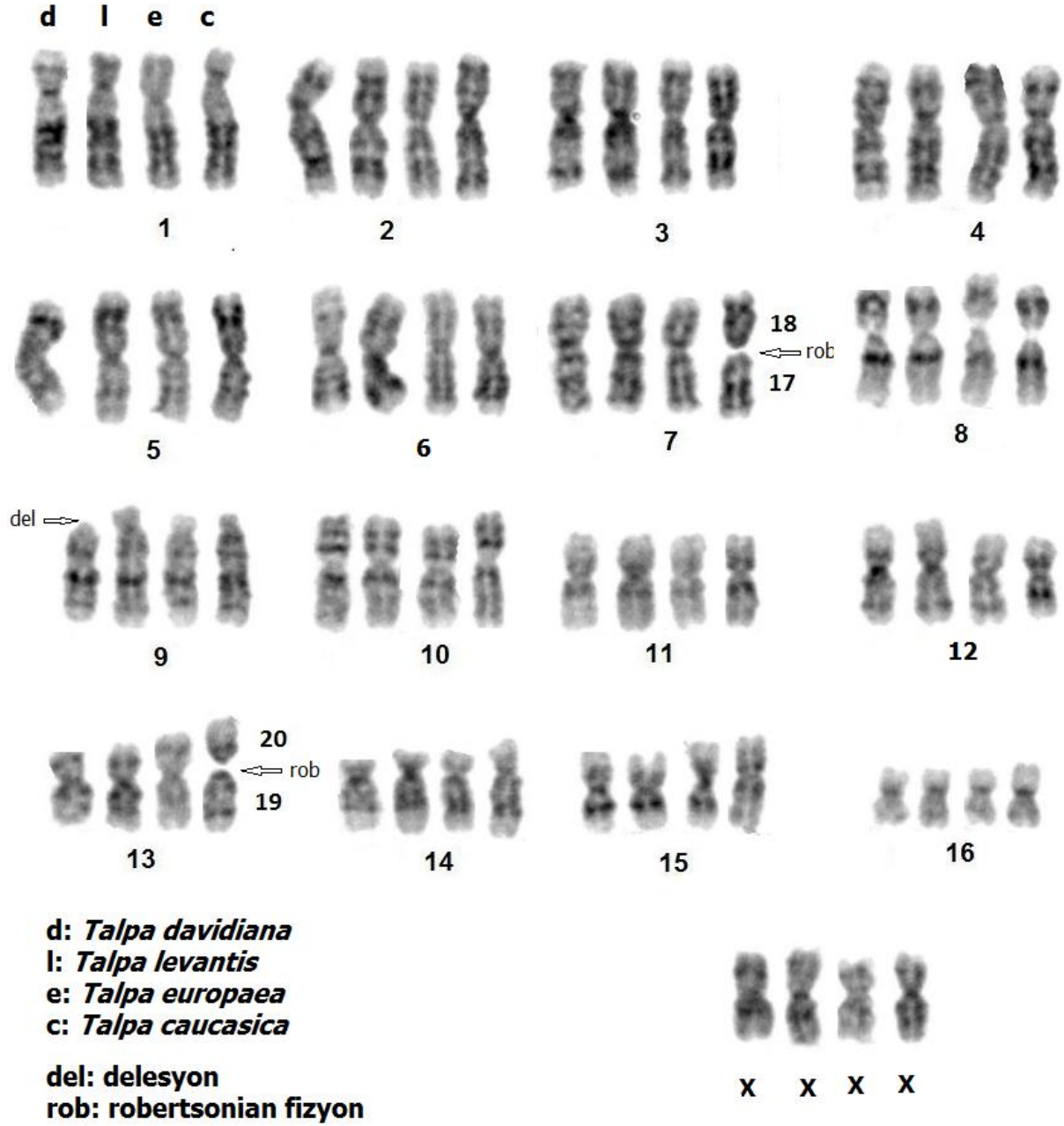
Robertsonian ayrılmaların yanında delesyon da değişimden sorumlu bir diğer mekanizmadır. Bu yeniden düzenlenme ile submetasentrik bir kromozom akrosentrik kromozoma dönüşmüş ve kromozom kol sayısında değişime neden olmuştur. (Şekil 4.3).



Şekil 4.2 *T. caucasica*’da görülen akrosentrik kromozomların hangi kromozomun ayrılması ile oluştuğunu gösteren şekil.



Şekil 4.3 *T. davidiana*’da görülen akrosentrik kromozomların hangi kromozomda meydana gelen sentromerik delesyon ile oluştuğunu gösteren şekil.



Şekil 4.4 *Talpa* türlerinin G bantlarının karşılaştırılması.

### 4.3 KROMOZOMAL FORMLAR ARASINDAKİ FİLOGENETİK İLİŞKİLER

Kriptik türlerin varlığı, küçük memeliler ve kemiriciler için problemdir (Zima 2000). Bu durum, o taksonun gerçek sınıflandırılmasının yapılmasını zorlaştırır. Böyle memeli grupları, evrim ve türleşme problemlerini çalışırken uygun verileri sağlayacaktır (Zima 2000). Bu durum köstebekler için de geçerlidir.

Kromozomal yeniden düzenlenmelerin filogenetik çalışmalar için uygun alternatif karakterler verdiği düşünülür (Borowik 1995, Rokas and Holland 2000, Dobigny et al. 2004). Birçok araştırmacı farklı memeli grupları üzerinde yaptıkları çalışmalarda bantlama sonucunda elde edilen karşılaştırma sonuçlarından çalıştıkları grupların ilişkilerini göstermek için filogenetik ağaçlar çizmişlerdir (Dobigny et al. 2005, Castiglia et al. 2006, Romanenko et al. 2007, Volobouev et al. 2007, Mao et al. 2007, Deuve et al 2008, Sözen et al. 2012), ancak Türkiye köstebekleri için şimdiye kadar yapılmış böyle bir değerlendirme ve ağaç mevcut değildir.

*Talpa* cinsinin orjini oldukça tartışmalıdır. Cinsine ait en eski fosil Almanya'da 20-22 milyon yıl öncesine ait kayalarda bulunmuştu (*T. tenuidentata*; Ziegler 1990). Miyosen fosilleri ise iki yakın akraba cins olan *Mogera* and *Euroscaptor* toprakaltı köstebeklerine aittir ve Asya'da bulunmuştur (Ziegler 1990). Bununla birlikte Rusya'nın Irkusk bölgesinde 16-20 milyonluk kayalarda başka *Talpa* türlerine ait fosiller bulunmuştur (Fortelius 2008). Bu fosil kayıtlar ve moleküler veriler Avrupa türlerinin, Asya türlerinden Pliyosen'deki ikincil bir yayılma ile oluştuğunu göstermektedir (Colangelo et al. 2010).

Colangelo et al. (2010) mitokondri, sitokrom b geni üzerinde yaptıkları çalışma ile oluşturdukları filogeniye göre *Talpa*, Asya'da ortaya çıkmış ve buradan Avrupa'ya yayılmıştır. Oluşturulan filogenetik ağaçta da *T. altaica* ve *T. caucasica* bazal olarak yerleşmiş ve Avrupa türlerinden ayrılmıştır. Colangelo et al. (2010)'un çalışmasında *T. davidiana* kullanılmadığı için filogenetik durumu ortaya konulmamıştır. Çalışmamızda elde edilen ağaçta da (Şekil 3.15) benzer şekilde Doğu türleri olan *T. caucasica* ile *T. davidiana* birlikte gruplanmış ve batı türü olan *T. europaea*'dan ayrılmıştır. Bu sonuç *T. davidiana*'nın da doğu grubunun bir parçası olduğunu göstermektedir. Bu durum türün coğrafik yayılış alanının konumu ile de uyumludur. Bunlara ilaveten hem *T. altaica*'nın hem de *T. davidiana*'nın diploid kromozom sayısının  $2n = 34$  olması da bu sonucu desteklemektedir. Sonuç olarak Türkiye'de yayılış gösteren 4 *Talpa* türünden *T. caucasica* ve *T. davidiana* doğu köstebekleri grubuna,

*T. europaea* ve *T. levantis* ise batı köstebekleri grubuna ait görünmektedir. Türkiye'de yayılışı bulunan *T. levantis* ile Yunanistan'da yayılan *T. stankovici* kardeş türlerdir ve moleküler saat verilerine göre yaklaşık 3,5 milyon yıl önce birbirlerinden ayrılmışlardır (Colangelo et al. 2010). Bu ayrılma zamanı aynı zamanda Ege denizinin su ile dolarak Yunanistan ve Türkiye'yi ayırması olayının gerçekleştiği tarih ile de uyumludur (Steininger and Rögl 1984). Çeşitli memeli türlerinin Erken Pliyosen sırasında Asya'dan Avrupa'ya ve takiben Anadolu'dan Güney Balkanlar'a göç ettikleri bilinmektedir (Koufos et al. 2005). Aynı yolu *T. levantis*-*T. stankovici* kardeş türleri de izlemiş olabilir. Ancak *T. levantis*'in Bulgaristan'da bulunan en eski fosili Geç Pliyosen iken (Popov 2004), Türkiye'den en eski fosil Erken Pleistosen'dir (Fortelius et al. 2006). Bu durum Avrupa'dan Anadolu'ya rotasının tam tersi kolonileşmeyi göstermektedir. Tabi ki bunun sebebi olarak fosil kayıtların yetersizliği gösterilebilir.

*T. caucasica* ise yaklaşık 5,3 milyon yıl önce batı türlerinden ayrılmıştır, batı türleri ve *T. caucasica*'nın *T. altaica*'dan ayrılması ise yaklaşık 17 milyon yıl önce olmuştur (Colangelo et al. 2010). Ancak *T. altaica*'dan *T. caucasica*'nın türleşmesi için gerekli kontak bölge günümüz dağılımında görülmemektedir (Şekil 4.5). Pleistosen'de ortaya çıkan buzullaşma günümüze kadar ulaşan türlerin ayrılma ve azalma aralıklarını etkilemiş olabileceğinden önceden kontak halinde iken günümüze kadar şu anki boşluğun oluşması muhtemeldir (Colangelo et al. 2010).

Filogenetik ağaca ve moleküler saat verilerine *T. davidiana* dahil edilmemiş olduğu için bu türün hangi türe en yakın olduğu ve ayrılma zamanının ne olduğu ise henüz bilinmemektedir (Colangelo et al. 2010). Ancak çalışmamızda bantlama verilerine dayanarak elde ettiğimiz ağaca göre *T. caucasica* ile birlikte gruplanması *T. davidiana*'nın ve *T. caucasica*'nın *T. altaica* grubundan ayrılmış olabileceğini önermektedir. Ancak bu öngörü, moleküler analizlere ve moleküler saat çalışmasına *T. davidiana*'nın da dahil edilmesi çözebilecektir.

*T. caucasica* dışındaki diğer *Talpa* türlerinin karyotipleri oldukça konzervatiftir. *T. europaea* (Zima 1983) ve *T. occidentalis*'in (Jimenez et al. 1984) G ve C bantları karşılaştırıldığında net bir fark görülmemektedir (Capanna 1981). Bununla birlikte kromozom morfolojisi ve küçük bir akrosentrik kromozomun varlığına dayalı evrimsel hipotezle *T. romana*, *T. stankovici* ve *T. caeca*'nın, *T. europaea*'dan köken aldığı öne sürülmektedir (Capanna 1981). Genetik çalışmalardan elde edilen veriler dört batı avrupa türünün (*T. europaea*, *T. occidentalis*,

*T. romana* ve *T. caeca*) *T. romana* ve *T. caeca*'yı içeren güney Avrupa soyu ile *T. europaea* ve *T. occidentalis*'i içeren kuzey soyu olmak üzere iki farklı soya ayrıldığını göstermektedir (Colangelo et al. 2010). *T. europaea*'nın, *T. levantis* ve *T. davidiana*-*T. caucasica* kolundan ayrı kolda görülmesi de *T. levantis* ile *T. europaea*'nın farklılığını desteklemektedir. Bu farklılaşmanın sebebi olarak Pleistosen'de meydana gelen buzullaşma olayı gösterilebilir (Colangelo et al. 2010). Colangelo et al. (2010)'a göre *Talpa* cinsinin göç, farklılaşma ve kaybolmasındaki en büyük güçlerden biri Mio-Pliosen'deki kuraklaşma seviyesine verdikleri tepkidir, ayrıca Pleistosen'de ortaya çıkan buzullaşma günümüze kadar ulaşan türlerin ayrılma ve azalma aralıklarını etkilemiş gibi görünmektedir.

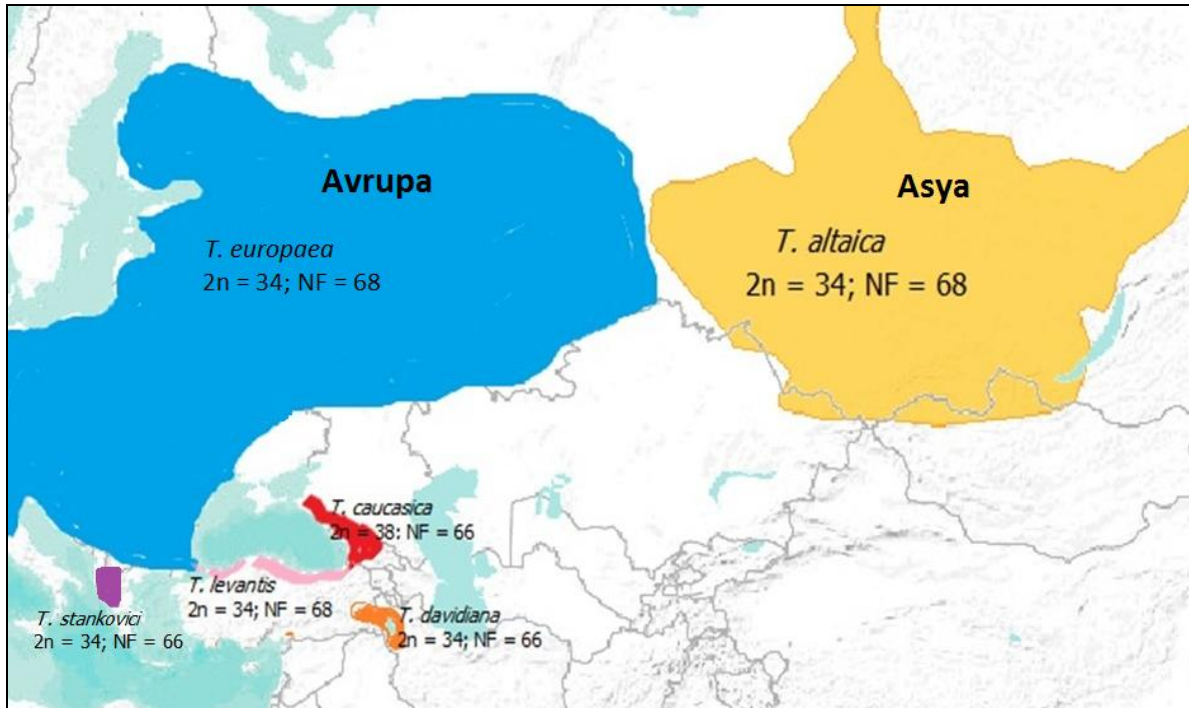
Kromozomal türleşmede öncelikle meydana gelen Robertsonian birleşmesi ve/veya tandem füzyon sonucu periferaldeki populasyonlarda bir farklılaşma meydana gelir (White 1978a, King 1981). Böylece ana populasyondan izolasyon gerçekleşir. Böyle izole olmuş populasyonlar halen ana populasyondan genetik olarak farklılaşmamışlardır. Bunun sonucunda izole populasyon ve ana populasyon arasında kontak bölgelerinde ince bir hibrit zon oluşur. Kromozomal olarak farklılaşmış populasyonlar arasında zamanla genetik ve morfolojik farklılıklar ortaya çıkar ve kromozomal olarak farklılaşmış yeni formlar yeni bir alan veya habitata doğru yayılır. Bu şekilde gerçekleşen türleşme birçok rodent türünde görülmektedir (King 1995). Ancak Türkiye'deki köstebeklerde herhangi bir hibrit alan bulunamamıştır. Bunun nedeni türlerin temas bölgelerinden yeterince örnek yakalanamamış olması ya da türlerin artık birbirinden genetik olarak bütünüyle farklılaşmış olması ile açıklanabilir. Bununla birlikte *Talpa* cinsini tüm yayılış alanı içinde hibrit form bulunan bir alan olmamıştır. Bu durum da türlerin artık birbirlerinden tamamen farklılaşmış olduğunu göstermektedir.

Colangelo et al. (2010)'un çalışmasına göre *T. altaica* bütün Avrupa *Talpa* türleri ve Türkiye'deki *T. caucasica*'ya göre filogenetik ağacın bazalinde yer almaktadır. *T. altaica*'nın kromozom sayısı  $2n = 34$ ,  $NF = 68$ 'dir. *Talpa* cinsine ait 9 türden 7'sinin diploid kromozom sayısı da  $2n = 34$ 'tür (Çizelge 4.2), dolayısı ile atasal sayının da bu olduğu kabul edilmektedir (Gropp 1969, Kawada et al. 2008). Türkiye örneklerinin karyotipleri atasal form olan *T. altaica* ile karşılaştırıldığında  $2n$  ve  $NF$  değerleri aynı olduğu için atasal formadan *T. europaea* ve *T. levantis* farklılaşırken kromozomlarda herhangi bir robertsonian birleşme ve/veya ayrılmasının olmadığı söylenebilir. Ancak parasentrik inversiyonların olması mümkündür. Bununla birlikte atasal formdan *T. caucasica* meydana gelirken 2 çift

kromozomda robertsonian ayrılması (fizyon) olduğu ve 1 çift kromozomda da perisentrik inversiyon ve/veya delesyon ile kromozom kolu sayısının azaldığını söylemek mümkündür. Atasal formdan *T. davidiana* meydana gelirken ise bir çiftte perisentrik inversiyon ve/veya delesyon meydana geldiği görülmektedir. Yaptığımız bantlama çalışması bu mekanizmanın delesyon olduğunu ortaya konulmuştur (Şekil 4.3, Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 *Talpa* cinsinin kromozomal setlerinin karşılaştırılması.

Türler/ kromozom özellikleri	2n	NF	X	Y	Kaynak
<i>Talpa altaica</i>	34	68	m	-	Kratochvil and Král 1972
<i>Talpa levantis</i>	34	68	m	a	Dzuev et al. 1972
<i>Talpa europaea</i>	34	68	m	a	Meylan 1966
<i>Talpa davidiana</i>	34	66	m	a	Sözen et al. 2012
<i>Talpa caucasica</i>	38	66	m	a	Dzuev et al. 1972
<i>Talpa caeca</i>	36	68	m	a	Todorovic et al. 1974
<i>Talpa romana</i>	34	68	m	-	Capanna 1981
<i>Talpa occidentalis</i>	34	68	-	-	Jimenez et al. 1984a
<i>Talpa stankovici</i>	34	66	m	-	Todorovic et al. 1972



Şekil 4.5 *T. altaica* ile Türkiye'de yayılan *Talpa* türlerinin yayılış alanlarının konumları (<http://www.iucnredlist.org> sitesinde türlerin hep biri için verilen haritalar birleştirilerek hazırlanmıştır).

Bu çalışmadan elde edilen kromozom bantlama sonuçları ve literatürden elde edilen fosil, genetik ve kromozomal sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde elde edilen verilere göre, *Talpa* cinsinin Türkiye'deki muhtemel türleşme için bir mekanizma önerilmiştir (Şekil 4.6). Mevcut verilerden ortaya koyduğumuz senaryoya göre *T. altaica* kuzeyden batıya doğru *T. europaea*'yı, sonradan *T. europaea* güneye doğru *T. stankovici*'yi meydana getirmiş, günümüzden 3,5 milyon yıl kadar önce Ege denizinin su ile dolup Yunanistan ve Anadolu'yu ayırması ile Anadolu tarafında kalan popülasyon da *T. levantis*'i meydana getirmiştir. Diğer taraftan *T. altaica* bir taraftan *T. caucasica*'yı, ayrı bir koldan da güneye doğru *T. davidiana*'yı meydana getirmiştir (Şekil 4.6). Moleküler veriler ve moleküler saat hesaplarına göre bu ayrılmalardan *caucasica* ve *davidiana*'nın ayrılması *europaea*'nın ayrılmasından daha önce gerçekleşmiştir (Colangelo et al. 2010).

*Talpa* cinsinin en yakın Asya cinsinden ayrılması Erken Orta Miyosende yaklaşık 16-17 milyon yıl öncesine yerleştirilebilir. Bu cinsin kökenini Orta Geç Miyosende ilk ayrılan *T. altaica* izlemiştir (Colangelo et al. 2010). Tüm ardışık ayrılma olayları Orta Geç Pliosen'de gerçekleşirken, Erken Pliosen'de ilk kez *T. caucasica* geri kalan diğer türlerden ayrılmıştır, *T. altaica*'dan *T. caucasica*'nın türleşmesi için gerekli kontak bölge günümüz yayılışında görülmemektedir (Şekil 4.4). Ek olarak Pleistosen'de ortaya çıkan buzullaşma günümüze kadar ulaşan türlerin ayrılma ve azalma aralıklarını etkilemiş olabileceğinden önceden kontak halinde iken günümüze kadar şu anki boşluğun oluşması muhtemeldir (Colangelo et al. 2010).

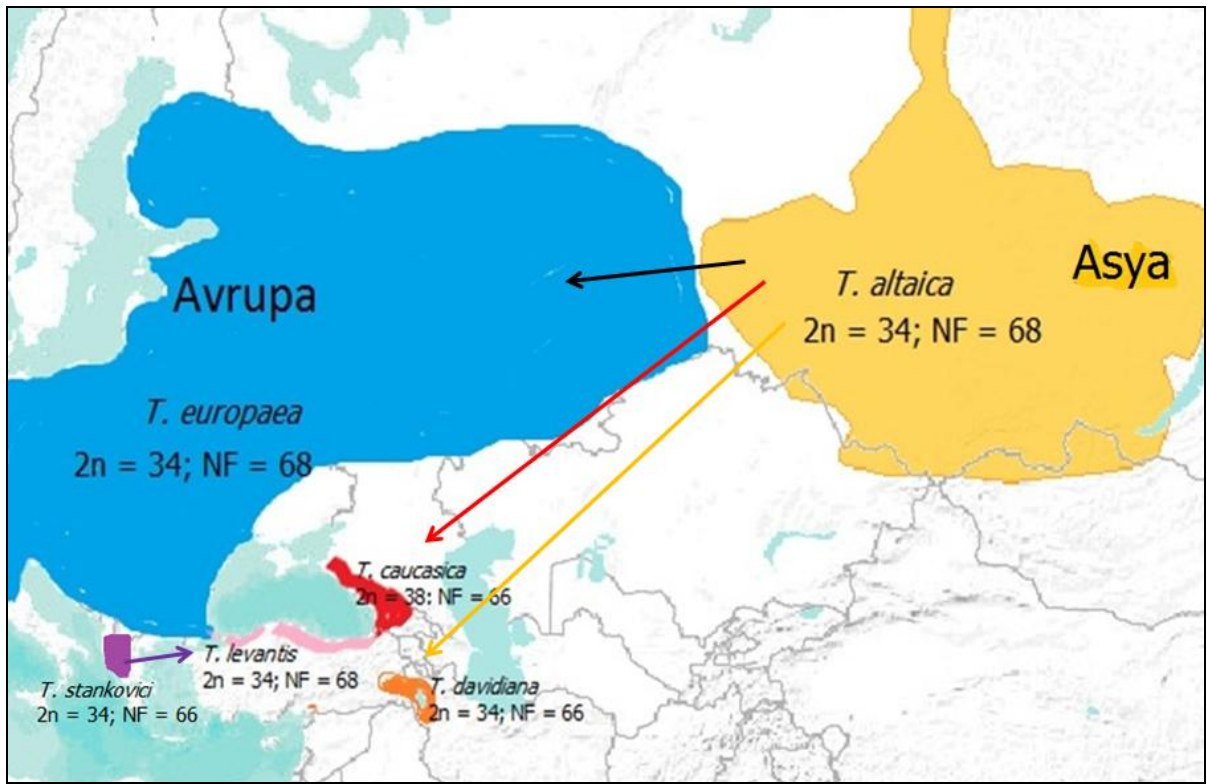
Türkiye köstebeklerinde ilk defa bu denli geniş çaplı bir bantlama çalışması yapılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar köstebeklerin evrimi ile ilgili yeni bilgiler ortaya sunmuştur. Ancak Moleküler teknikler (mtDNA, DNA dizi analizi gibi) kullanılarak türlerin, özellikle de daha önceki analizlere dahil edilmemiş olan *T. davidiana*'nın farklılaşma zamanları ortaya çıkartılmalıdır. Yetersiz örnekleme yapıldığından dolayı Türkiye köstebeklerinde mutasyon oranı belirlenememiştir. Çalışılan türlerin G ve C bant özellikleri incelendiğinde atasal formun  $2n = 34$  kromozomuna sahip tür olduğu fikrini desteklemektedir.

Elde ettiğimiz sonuçlar çerçevesinde, *T. europaea* ile *T. levantis*'in G bantlarının benzer olduğu ancak C bantları karşılaştırıldığında interstitial (ara) heterokromatin varlığı bakımından *T. levantis*'in *T. europaea*'dan farklı olduğu görülmüştür. Böylece bu iki tür ile ilgili morfolojik olarak görülen farklılık kromozomal olarak ta desteklenmiştir.



*Talpa caucasica*'nın moleküler verilerle birlikte değerlendirildiğinde  $2n = 34$  kromozomlu atasal formdan Robertsonian fizyonlar ile farklılaşmış olabileceği öne sürülmüştür. Bu atasal formun Türkiye'de yayılış gösteren türlerden biri olamayacağı Colangelo et al. (2010)'un moleküler saat verilerinden anlaşılmaktadır.

*Talpa davidiana*'nın  $2n = 34$ ,  $NF = 68$  formundan 9. Kromozom çiftindeki bir adet delesyon ile ayrıldığı ve böylece  $NF = 66$  değerine sahip olduğu önerildi. Bu türün orjininin de *Talpa altaica* olabileceği önerilmiştir, ancak bu öngörünün de moleküler/genetik verilerle desteklenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.6 Türkiye'deki Köstebeklerin kromozomal varyasyonu ve yeniden düzenlenme şekillerine göre türlerin oluşma şekilleri (<http://www.iucnredlist.org> sitesinde türlerin her biri için verilen haritalar birleştirilerek hazırlanmıştır).



Şekil 4.7 Türkiye'de yayılışı bulunan *Talpa* türlerinin tip yerleri. *T. europaea* İsveç'ten tanımlanmıştır ve bu haritaya dahil edilmemiştir. ●: *Talpa davidiana* (Akbes Köyü, Hatay), ■: *T. caucasica* (Stavropol, Rusya), ▲: *T. streeti* (Hezar Darreh, İran), \*: *T. levantis* (Altındere, Trabzon).

Sonuç olarak;

- 1- Türkiye'deki *Talpa* türlerinin G ve C bantlama özellikleri ilk kez belirlenmiştir.
- 2- *T. davidiana*, *T. caucasica* ve *T. levantis*'in G ve C bant özellikleri bu türler için ilk kez ortaya çıkarılmıştır.
- 3- Karyotip ve bantlama sonuçları Türkiye'de 4 türün varlığını teyit etmiştir.
- 4- *Talpa* cinsindeki kromozomal evrimde robertsonian ayrılması ve delesyon olaylarının etkili olduğu belirlenmiştir.
- 5- Türkiye'deki *Talpa* türlerinin hepsinin de kromozom sayısı ve G, C bantlama yapıları birlikte değerlendirildiğinde birbirlerinden ayrılabilceği gösterilmiştir. Böylece morfolojik olarak ayrımları oldukça problemlili olan *Talpa* türlerinin ayırımında karyolojinin önemli taksonomik karakterler sunduğu ortaya konulmuştur.

- 6- *T. davidiana*'nın türleşme mekanizmasında delesyonun etkili olduğu gösterilmiştir. Bantlama özelliklerine göre elde edilen ağaç verisi bu türün *T. caucasica* ile birlikte gruplandığını ve bu türün de doğu türleri grubuna dahil olduğunu göstermiştir.
- 7- Türkiye'deki dört türden *T. europaea* ve *T. levantis*'in batı köstebekleri, *T. caucasica* ve *T. davidiana*'nın ise doğu köstebekleri grubuna dahil olduklarını, dolayısı ise Türkiye'ye köstebeklerin girişi ve yayılışının hem doğudan, hem de batıdan gerçekleştirdiği sonucuna varılmıştır.

Geleceğe yönelik çalışma öngörülere;

Elde edilen veriler, literatür verileri, türlerin yayılış alanlarının değerlendirilmesi geleceğe yönelik olarak yapılacak çalışma planları için bazı gereklilikleri de ortaya çıkarmıştır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir; Özellikle köstebek evriminin son 3-4 milyon yılında ortaya çıkan Avrupa köstebek türlerinde (*T. stankovici*, *T. occidentalis*, *T. romana*, *T. caeca*) endemizm oranı yüksektir ve küçük yayılış alanlarına sahiptirler. Bu bakış açısı ile Türkiye köstebeklerinin tüm yayılış alanlarını kapsayacak şekilde yapılacak iyi bir örnekleme ve bu örnekler üzerinde yapılacak genetik, morfolojik ve karyolojik çalışmalar ile yeni kriptik türlerin araştırılması gerekli görülmektedir. Bu kapsamda;

- a. Altındere, Trabzon'dan tanımlanan *T. levantis*'in özellikle Marmara bölgesindeki popülasyonunun genetik olarak farklılaşmış ayrı bir tür oluşturmuş olması durumu araştırılmalıdır,
- b. *T. levantis*'in Trakya'dan verilen kayıtlarının geçerliliği ve burada bulunacak popülasyonun Anadolu popülasyonundan ayrımı araştırılmalıdır.
- c. Literatürde yayılışı Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz arasında kesintili görünen *T. levantis*'in aradaki bölgede yayılışı araştırılmalı, gerçekten bir kesinti var ise kesintinin iki tarafında kalan popülasyonların genetik ayrımları araştırılmalıdır.
- d. *T. levantis* için Tatvan'dan verilen yayılış kaydı teyit edilmeli ve buradan elde edilecek örneklerin Trabzon'daki tipyeri örnekleri ile ve Batı Anadolu ve Trakya'da yayılan popülasyonlar ile olan ayrımları moleküler/genetik çalışmalar ile belirlenmelidir.

- e. Artvin sahillerinden kaydı verilen *T. caucasica* örnekleri tip yeri (Stavropol, Rusya) bölgesi örnekleri karşılaştırılmalı ve olası farklılaşma durumu ortaya konulmalıdır.
- f. *T. davidiana*, Türkiye'de izole halde görülen Hatay-Adana ve Bitlis-Van-Hakkari bölgelerinde yayılıyor görünmektedir. Bu iki bölge arasında da *Talpa* gibi yayılış hızı ve hareketliliği az olan bir tür için çok fazla görünen 500 km kadarlık bir boşluk bulunması bu iki bölge popülasyonlarının da farklılaşmış olabileceği, dolayısı ile *T. davidiana* ve *T. steeti* ayrımının geçerli olabileceği düşünülmektedir (Şekil 4.7). Bu durumun da moleküler/genetik çalışmalar ile kontrol edilmesi gerekli görülmektedir.
- g. Bununla birlikte Bitlis-Van-Hakkari popülasyonu ile *T. steeti*'nin tip yeri (Hezar Darreh, İran) arasında da yine 500 km kadar bir mesafe bulunmaktadır. Bu yüzden bu tip yeri örnekleri ile hem Bitlis-Van-Hakkari popülasyonunun, hem de Adana-Hatay popülasyonunun yine moleküler/genetik çalışmalar ile karşılaştırılması ve farklılaşma seviyelerinin, taksonomik durumlarının değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda yapılacak bir genetik çalışma Türkiye köstebeklerinin taksonomik durumunu büyük ölçüde çözecek ve kaç tür bulunduğu sorusunun cevabını verebilecektir.



## KAYNAKLAR

- Borowik O A** (1995) Coding chromosomal data for phylogenetic analysis: phylogenetic resolution of the Pan-Homo-Gorilla trichotomy. *Syst. Biol.*, 44: 563-570.
- Britton-Davidian J, Catalan J, Ramalhinho M D G, Ganem G, Auffray J C, Capela R, Biscoito M, Searle J B and Mathias M D L** (2000) Rapid chromosomal evolution in island mice. *Nature*, 403: 158.
- Capanna E** (1981) Caryotype et morphologie crânienne de *Talpa romana* Thomas de terra typical. *Mammalia*, 45: 71–82.
- Castiglia R, Garagna S, Merico V, Oguge N and Corti M** (2006) Cytogenetics of a new cytotype of *Mus* (subgenus *Nannomys*) *minutoides* (Rodentia, Muridae) from Kenya: C- and G-banding and distribution of (TTAGGG) and telomeric sequences. *Chromosome Res.*, 14: 587–594.
- Colangelo P, Bannikova A A, Kryštufek B, Lebedev V S, Annesi F, Capanna E and Loy A** (2010) Molecular systematics and evolutionary biogeography of the genus *Talpa* (Soricomorpha: Talpidae) *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 55: 372–380
- Derlneri D, Colson I, Grammenoudi S R, Louis E J and Oliver S G** (2003) Engineering evolution to study speciation in yeasts. *Nature*, 422: 68-72.
- Deuve J L, Bennett N C, Britton-Davidian J and Robinson T J** (2008) Chromosomal phylogeny and evolution of the African mole-rats (Bathyergidae) *Chromosome Res.*, 16: 57–74.
- Dobingy G, Aniskin V and Volobouev V** (2002) Explosive chromosome evolution and speciation in the gerbil genus *Taterillus* (Rodentia; Gerbillinae): A case of two new cryptic species. *Ctogen. Genome. Res.*, 96: 117-124.
- Dobingy G, Ducros J F, Robinson T J and Volobouev V** (2004) Cytogenetics and cladistics. *Syts. Biol.*, 53 (3): 470-484.
- Doğramacı S** (1989a) Taxonomy and distribution of moles (genus: *Talpa*: Mammalia) in Turkey. *Doğa TU Zooloji D.*, 13: 204-219.
- Doğramacı S** (1989b) The importance of the pelvis in distinguishing of Turkish *Talpa* (Mammalia: Insectivori) species. *Zooloji D.*, 13: 67-76.
- Doğramacı S** (1989c) A new record in the Turkish mammalian fauna *Talpa europaea velessiensis* (Mammalia: Insectivora). *Doğa TU Zooloji D.*, 13(2): 60-66.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Doğramacı S** (1989d) Taxonomy and distribution of moles (genus: *Talpa*: Mammalia) in Turkey. *Doğa TU Zooloji D.*, 13: 204-219
- Dzuev R I, Ivanov V G and Tembotov A K** (1972) Karyological investigations of moles *Talpa* L. of the North Caucasus. *Bull Mosc Nat Biol, Section Biology* 77: 33–36.
- Felten H, Spitzenberger F and Storch G** (1973) Zur Kleinsaugerfauna West-Anatoliens. Teil II. *Senckenberg. Biol.*, 54: 227-290
- Ford C E and Hamerton J L** (1956) A colchicine hypotonic citrate, squash for mammalian chromosomes. *Stain Technol.*, 31: 247-251.
- Fortelius M** (2008) Neogene of the Old World Database of Fossil Mammals (NOW). University of Helsinki. NOW Public Release, 19 December 2007.
- Fortelius M, Eronen J T, Liu L, Pushkina D, Tesakov A, Vislobokova I A and Zhang Z** (2006) Late Miocene and Pliocene large land mammals and climatic changes in Eurasia. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 238: 219–227
- Gosden R** (1994) *Chromosome Analysis Protocols. Methods in Molecular Biology*, Vol. 29 Humana Press Inc, Totowa, NJ.
- Gornung E, Volleth M, Capanna E and Castiglia R** (2008) Comparative cytogenetics of moles (Eulipotyphla, Talpidae): chromosomal differences in *Talpa romana* and *T. Europaea*. *Cytogenet Genome Res.*, 121: 249–254.
- Gropp A** (1969) Cytologic mechanisms of karyotype evolution in insectivores, in Benirschke K (ed): *Comparative Mammalian Cytogenetics* pp. 247–266.
- Grulich I** (1971) Zum Baud es Beckens (pelvis), eines systematisch-taxonomischen Merkmales, bei der Unterfamilie Talpinae. *Zool. Listy*, 20: 15-28
- Grulich I** (1972) Ein Beitrag zur Kenntnis der ost-mediterranen kleinwüchsigen, blinden Maulwurf-sformen (Talpinae). *Zool. Listy*, 21: 3-21.
- Hutterer R** (2005) Order Soricomorpha. In: Wilson, D.E., Reeder, D.M. (Eds.), *Mammals Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference*, third ed. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 220–311.
- Ivanitskaya E and Nevo E** (1998) Cytogenetics of mole rats of the *Spalax ehrenbergi* superspecies from Jordan (Spalacidae, Rodentia). *Z.Saug.*, 63: 336-346.
- Ivanitskaya E, Sözen M, Rashkovetsky L, Matur F and Nevo E** (2008) Discrimination of  $2n = 60$  *Spalax leucodon* cytotypes (Spalacidae, Rodentia) in Turkey by means of classical and molecular cytogenetic techniques. *Cytogenet Genome Res.*, 122:139-149.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Jimenez R, Burgos M and Diaz De La Guardia R** (1984) Karyotype and chromosome banding in the mole (*Talpa occidentalis*) from the South-East of the Iberian Peninsula. Implications on its taxonomic position. *Caryologia*, 37: 253–258.
- Kawada S, Harada M, Obara Y, Kobayashi S, Koyasu K and Oda S** (2001) Karyosystematic analysis of Japanese talpine moles in the genera *Euroscaptor* and *Mogera* (Insectivora, Talpidae). *Zool Sci.*, 18: 1003–1010.
- Kawada S, Shinohara A, Yasuda M, Oda S and Liat L B** (2005) Karyological study of Malaysian mole, *Euroscaptor micrura malayana* (Insectivora, Talpidae) from Cameron Highlands, Peninsular Malaysia. *Mammal Study*, 30: 109–115.
- Kawada S, Li S, Wang Y, Mock O B, Oda S and Campbell K L** (2008) Karyotype evolution of shrew moles (Soricomorpha: Talpidae). *Journal of Mammalogy*, 89(6):1428-1434.
- Kefelioğlu H and Gençoğlu S** (1996) The taxonomy and distribution of *Talpa* (Mammalia: Insectivora) in the Black Sea region. *Turkish J. Zool.*, 20: 57-66.
- King M** (1981) Evolution and speciation: A cytotaxonomic analysis of Australian hylid frogs of the genus *Litoria*. *Cambridge Univ. Press.*, pp. 262-285.
- King M** (1985) The canalization model of chromosomal evolution: a critique. *Syst. Zool.*, 34(1): 69-75.
- King M** (1993) Species Evolution: The role of chromosomal change. *Cambridge University Press*, ISBN 0-521-35308-4.
- Koufos G D, Kostopoulos D S and Vlachou T D** (2005) Neogene/quaternary mammalian migrations in Eastern Mediterranean. *Belg. J. Zool.*, 135: 181–190.
- Kratochvil J and Král B** (1972) Karyotypes and phylogenetic relationships of certain species of the genus *Talpa* (Talpidae, Insectivora). *Zool Listy*, 21: 99–208.
- Kryštufek B** (1994) The taxonomy of blind moles (*Talpa caeca* and *T. stankovici*, Insectivora, Mammalia) from south-east Europe. *Bonn Zool Beitr Bd.*, 45: 1–16.
- Kryštufek B** (2001) The distribution of the Levante mole *Talpa levantis*. *Zoology in the Middle East.*, 23: 17-21.
- Kryštufek B, Spitzenberger F and Kefelioğlu H** (2001) Description, taxonomy and distribution of *Talpa davidiana*. *Mamm. Biol.*, 66: 135–43.
- Kryštufek B and Vohralík V** (2001) Mammals of Turkey and Cyprus. Introduction, checklist, Insectivora. *Znanstveno-raziskovalno središče Republike Slovenije Koper*.



## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kryštufek B and Vohralík V** (2009) Mammals of Turkey and Cyprus (Rodentia II: Cricetinae, Muridae, Spalacidae, Calomyscidae, Capromyidae, Hystricidae, Castoridae). *Univerza na Primorskem Koper.*, pp.25.
- Kumerloeve H** (1975) Die Säugetiere (Mammalia) der Türkei. Veröffentlichungen der Zoologischen Staatssammlung München, 18: 71-158.
- Levan A, Fredga K and Sandberg A A** (1964) Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220.
- Mao X, Nie W, Wang J, Su W, Ao L, Feng Q, Wang Y, Volleth M and Yang F** (2007) Karyotype evolution in Rhinolophus bats (Rhinolophidae, Chiroptera) illuminated by cross-species chromosome painting and G-banding comparison *Chromosome Res.*, 15: 835–847.
- Martino V and Martino E** (1931) A new form of mole from Jugoslavia. *J. Mammal.*, 12: 53.
- Matur F, Çolak F, Ceylan T, Sevindik M and Sözen M** (2013) Chromosomal evolution of the genus *Nannospalax* (Palmer 1903) (Rodentia, Muridae) from western Turkey. *Turkish Journal of Zoology.*, 37: 470-487.
- Milne-Edwards A** (1884) Sur la classification des Taupes de l'ancien continent. *Comptes rendus des seances de l'Academie des Sciences*, 99: 1141–1143.
- Nevo E** (2001) *Speciation: Chromosomal Mechanisms*. In: *Encyclopedia of Life Sciences*. Macmillan Reference Ltd. London, pp. 1-11.
- Novello A and Altuna C** (2002) Cytogenetics and distribution of the two new karyomorphs of the *Ctenomys pearsoni* complex (Rodentia, Octodontidae) from southern Uruguay. *Mammal. Biol.*, 67: 188-202.
- Nowak R M** (1999) Walker's Mammals of the World. The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London.
- Osborn D J** (1964) Notes on The Moles of Turkey. *J. Mamm.*, 45(1): 127-129.
- Popov V V** (2004) Late Pliocene Erinaceidae and Talpidae (Mammalia: Insectivora) from Varshets (North Bulgaria). *Acta Zool. Cracov.*, 47: 61–80.
- Rieseberg L H** (2001) Chromosomal rearrangements and speciation. *Trends Ecol. Evol.*, 16(7): 351-358.
- Robinson R** (2003) *Genetics—Encyclopedias* The Gale Group, Inc., ISBN 0-02-865606-7. New York USA.
- Rokas A and Holland P W H** (2000) Rare genomic changes as a tool for the phylogenetic a tool for phylogenetics. *Trends Ecol. Evol.*, 11: 454-459.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Romanenko S A, Volobouev V T, Perelman P L, Lebedev V S, Serdukova N A, Trifonov V A, Biltueva V S, Nie W, O'Brien P C M, Bulatova N, Ferguson-Smith M A, Yang F and Graphodatsky A S** (2007) Karyotype evolution and phylogenetic relationships of hamsters (Cricetidae, Muroidea, Rodentia) inferred from chromosomal painting and banding comparison. *Chromosome Res.*, 15: 283-297.
- Seabright M** (1971) A rapid banding technique for human chromosomes. *Lancet*, 2: 971-972.
- Seabright M** (1972) The use of proteolytic enzymes for the mapping of structural rearrangements in the chromosomes of man. *Chromosoma*, 36: 204-210.
- Searle J B** (1998) Speciation, chromosome and genomes. *Genome Res.*, 8: 1-3.
- Sokolov V E, Tembotov A K** (1989) Pozvonochnie Kavkaza. Mlekopitayushchie, nasekomojadniye. Nauka, Moskova.
- Sözen M, Matur F, Çolak F and Irmak S** (2012) Karyological characteristics, morphological peculiarities and a new distribution locality of *Talpa davidiana* (Mammalia: Soricomorpha) in Turkey. *Turk J Zool* 36: 806-813.
- Spitzenberger F and Steiner H** (1962) Über Insektenfresser (Insectivora) und Wühlmause (Microtinae) der Nordosttürkischen Feuchtwälder. *Bonn. Zool. Beitr.*, 4: 285-311.
- Spitzenberger F** (1973) *Porphyrio porphyrio* (Linné, 1758) – Purpurhuhn. In: Glutz von Blotzheim U. N., Bauer K. M. & Bezzel E. (eds): Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Vol. 5: Galliformes und Gruiformes. *Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main*, 506–518.
- Steininger F F and Rögl F** (1984) Paleogeography and palinspastic reconstruction of the Neogene of the Mediterranean and Paratethys. In: J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (eds.). The Geological Evolution of Eastern Mediterranean, pp. 659-668. The Geological Society, Blackwell Scientific, Oxford, UK.
- Sumner A T** (1972) A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Exp Cell Res.*, 75: 304–306.
- Sumner A T** (2003) *Chromosomes: Organization and Function*. Blackwell Science Ltd ISBN 0-632-05407-7. North Berwick, UK.
- Swofford D L** (1999) *PAUP\*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (and other Methods)*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Todorovic M, Soldatovic B and Dunderski Z** (1972) Characteristics of the karyotype of the populations of the genus *Talpa* from Macedonia and Montenegro. *Arhiv Bioloskih Nauka*, 24: 131-139.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Veyrunes F, Catalan J, Sicard B, Robinson T J, Duplantier J M, Granjon L, Dobigny G and Davidian-Brittton J** (2004) Autosome and sex chromosome diversity among the African gymy mice, subgenus *Nannomys* (Murinae; Mus). *Chromosome Res.*, 12: 369-382.
- Villar S, Martnez-Lopez W, Folle G and Novello A** (2004) Cytogenetic analysis of different *Ctenomys* (Rodentia, Octodontidae) species from Uruguay using G-banding. *Mammal. Biol.*, 70 (4): 255-260.
- Vohralík V** (1991) A record of the mole *Talpa levantis* (Mammalia: Insectivora) in Bulgaria and the distribution of the species in the Balkans. *Acta Univ. Carol. Biol.*, 35: 119-127.
- Volobouev V, Aniskin V M, Sicard B, Dobigny G and Granjon L** (2007) Systematics and phylogeny of West African gerbils of the genus *Gerbilliscus* (Muridae: Gerbillinae) inferred from comparative G- and C-banding chromosomal analyses. *Cytogenet Genome Res.*, 116: 269-281.
- White M J D** (1978) *Modes of speciation*. W. H. Freeman, San Francisco, California.
- Yates T L and Moore D W** (1990) Speciation and evolution in the family Talpidae (Mammalia: Insectivora). In: Nevo, E., Reig, O. (Eds.), *Evolution of Subterranean Mammals at the Organismal and Molecular Levels*. Liss and Wiley, New York., 1–22.
- Ziegler R** (1990) Talpidae (Insectivora, Mammalia) aus dem Oberoligozän und Untermiozän Süd-deutschlands. *Stuttgarter Beitr. Naturk.*, B 167: 1–81.
- Zima J** (1983) The karyotype of *Talpa europaea kratochvili* (Talpidae, Insectivora). *Folia Zoologica*, 32: 131–136.
- Zima J** (2000) Chromosomal Evolution in small mammals (Insectivora, Chiroptera, Rodentia). *Hystrix*, 11 (2): 5-15.

**EK AÇIKLAMALAR A**  
**ANALİZLERDE KULLANILAN VERİLER**



Ek A 1. Türkiye *Talpa*'larının sahip olduğu kromozomlar. Bütün türler dış grup *Talpa romana* ile kıyaslanmıştır. Kromozom varlığı 1, yokluk durumu da 0 olarak kodlanmıştır.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	cb1	cb2	cb3	cb4	cb5	cb6	cb7	cb8
<i>T. davidiana</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
<i>T. levantis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>T. romana</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>T. europaea</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>T. caucasica</i>	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1



**EK AÇIKLAMALAR B**  
**TEZ ARAZİ ÇALIŞMALARI VE ARAZİ EKİBİ**







Şekil B1. Tez arazi çalışmaları ve arazi ekibi.



## **ÖZGEÇMİŞ**

Murat SEVİNDİK 1974'te Zonguldak'ta doğdu. İlköğrenimini Zonguldak Kozlu Atatürk İlkokulu, Orta ve Lise öğrenimini Zonguldak İmam Hatip Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünü bitirdi. 2004 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisansını yaptı. 1998 yılında öğretmenlik mesleğine başladı. Halen Zonguldak Kozlu Anadolu Lisesi'nde Biyoloji öğretmeni olarak çalışmaktadır. 2006 yılında girdiği B.E.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda Doktora programını sürdürmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Güney Mahallesi Hürriyet Caddesi  
Park Sitesi B1 Blok Daire: 3  
67600 KOZLU/ZONGULDAK

Tel : (372) 266 85 37

Faks : (372) 266 70 97

E-posta : muratsevindik@gmail.com