



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EGE BÖLGESİNDEKİ *NANNOSPALAX XANTHODON* (MAMMALIA:RODENTIA)'NUN BAZI KROMOZOMAL SİTOTİPLERİNİN GÜMÜŞ NİTRAT BANTLAMA YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Apdil ARISOY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

Temmuz-2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EGE BÖLGESİNDEKİ *NANNOSPALAX XANTHODON* (MAMMALIA: RODENTIA)'NUN BAZI KROMOZOMAL SİTOTİPLERİNİN GÜMÜŞ NİTRAT BANTLAMA YÖNTEMİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Apdil ARISOY

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Atilla ARSLAN

2013, 74 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Atilla ARSLAN
Doç. Dr. Musa DİKMENLİ
Doç. Dr. Haluk ÖZPARLAK

Bu çalışmada, Ege Bölgesindeki (Aydın, Manisa ve İzmir) kör farelerin, *Nannospalax xanthodon*, dört (2n=36, 38, 50 ve 56) sitotipi araştırıldı. Beş lokaliteden 7'si erkek, 6'sı dişi olmak üzere toplam 13 kör fare örneğinin standart kromozom boyama, Ag- NOR boyama ve C-bantlama analizi yapıldı. 2n=36, 38, 50 ve 56 sitotiplerinin NOR özellikleri ilk kez bu çalışmada tespit edildi. 2n=36 ve 38 sitotiplerinin sadece düşük diploid sayıları tarafından desteklenen sitogenetiğinin belirli filogenetik pozisyonu ve C-bantlı örnekleri ve NOR dağılımı yüksek kromozom sayılı populasyonlar içinde oldukça benzerdir. 2n=36 sitotipinde sentromerik C-bantlı birkaç otozom gözlemlendi. Aynı sitotip içinde, bir otozomal çiftin kısa kolu ve bir başka çiftin uzun kolu interstitial C-banda sahiptir. 2n=38 sitotipindeki üç çift subtelosentrik kromozomun kısa kollarının tamamı C-heterokromatin olarak gözlemlendi. Diğer otozomal çiftlerin çoğu sentromerik C-bantlara sahiptir. X kromozomu dahil olmak üzere her iki sitotipte farklı koyu C-bantlar gözlemlendi. 2n=50 sitotipinde, dört çift kromozomun kısa kolunun tamamının C-heterokromatin olduğu ve bir çift iki kollu ve iki çift akrosentrik kromozomda sentromerik C-bantlar olduğu tespit edildi. 2n=56 Kula ve Alaşehir sitotiplerinin dört çift submetasentrik, bir çift subtelosentrik, üç çift akrosentrik ve X kromozomunda koyu C-bantlar gözlemlenmiştir. Ancak, Kula sitotipinde Y kromozomun tamamı C-pozitifdir. Dört sitotipin üç otozomal çifti üzerinde Ag-NOR bölgeler bulundu. 2n=36, 38 ve 56 Alaşehir sitotiplerinde NOR'lar bir çift submetesentrik ve iki çift subtelosentrik koromozomun kısa kollarının telomerik bölgesinde tespit edildi. 2n=50 ve 56 Kula sitotiplerindeki diğer NOR'lar ise iki çift submetasentrik ve bir çift subtelosentrik koromozomun kısa kollarının telomerik bölgesinde tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: C-bantlama, Ege Bölgesi, Karyotip, *Nannospalax xanthodon*, NOR

ABSTRACT

MS THESIS

COMPARISON OF SOME CHROMOSOMAL CYTOTYPES OF *NANNOSPALAX XANTHODON* (MAMMALIA: RODENTIA) FROM AEGEAN REGION WITH SILVER NITRATE BANDING METHOD

Apdil ARISOY

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN BIOLOGY

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2013, 74 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Atilla ARSLAN
Assoc. Prof. Dr. Musa DİKMENLİ
Assoc. Prof. Dr. Haluk ÖZPARLAK

In this study, four cytotypes (2n = 36, 38, 50 and 56) of blind mole rats, *Nannospalax xanthodon*, from the Aegean region (Aydın, Manisa and İzmir provinces) in Turkey were investigated. Conventional chromosome staining, Ag-NOR staining and C-banding analysis were carried out 7 male and 6 female, total 13 specimens of mole rats from 5 localties. NOR specialities of 2n=36, 38, 50 and 56 cytotypes have been determined for the first time in this study. The particular phylogenetic position of 2n=36 and 38 cytotypes is from the cytogenetic point of view supported by their low diploid numbers only, and the C-banding pattern and the NORs distribution seem generally similar as in populations with higher chromosome numbers. Several autosomal pairs with centromeric dark C-bands were observed in the 2n=36 cytotype. In the same cytotype, one autosomal pair possessed an interstitial dark C-band on the short arm and another pair possessed an interstitial dark C-band on the long arm. Whole C-heterochromatic short arms were observed in three subtelocentric autosomal pairs in the 2n=38 cytotype. Most of the other autosomal pairs possessed centromeric dark C-bands. Distinct dark C-bands were observed also in the including X chromosomes of both the cytotypes. In 2n=50 cytotype, it was determined C-heterochromatin regions in entirely short arms of 4 biarmed pairs and centromeric bands in a biarmed pair and two acrocentric pairs chromosomes. Dark centromeric C-bands were observed in the four pairs submetacentric, a pair subtelocentric, three pairs acrocentric and X chromosomes of 2n=56 Kula and Alaşehir cytotypes. But entirely Y chromosome of Kula cytotype is C-positive. The Ag-NOR regions were found on three autosomal pairs of four the cytotypes. These NORs in 2n=36, 38 and 56 Alaşehir cytotypes were located in telomeric areas of the short arms of one submetacentric and two subtelocentric pair. In other NORs in 2n=50 and 56 Kula cytotypes were located in telomeric areas of the short arms of two submetacentric and one subtelocentric pair.

Keywords: C-banding, Ege Bölgesi, Karyotype, *Nannospalax xanthodon*, NOR

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenim süresince, laboratuvar ve arazi çalışmalarımda, tez yazımında bana yardımcı olan ve tüm bilgi, birikimini benden esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Atilla ARSLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, bugünlere ulaşmamda çok büyük emeği geçen abim Ahmet ARISOY'a, maddi manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan canım aileme teşekkür ederim.

Apdil ARISOY
KONYA-2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **8**

2.1. Kromozom 14
2.1.1. Kromatin tipleri 16
2.1.2. Kromozomun genel yapısı 16
2.1.3. Kromozom tipleri 19
2.2. Karyotip 20
2.2.1. İdiyogram 21
2.3. Nükleolus Organizatör Bölgeler (NORs) 21
2.4. Kromozom Bantlama Yöntemleri 23
2.4.1. C- bantlama 23
2.4.2. Ag- NOR bantlama 24

3. MATERYAL VE YÖNTEM **27**

3.1. Standart Giemsa Boyama 30
3.2. C- Boyama 30
3.3. Ag- NOR Boyama 31

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **33**

4.1. Standart Giemsa Boyama 33
4.1.1. 2n=36 kromozomal sitotipi 33
4.1.2. 2n=38 kromozomal sitotipi 34
4.1.3. 2n=50 kromozomal sitotipi 35
4.1.4. 2n=56 kromozomal sitotipi 36
4.2. C- Bantlama 44
4.2.1. 2n=36 kromozomal sitotipi 44
4.2.2. 2n=38 kromozomal sitotipi 45
4.2.3. 2n=50 kromozomal sitotipi 46
4.2.4. 2n=56 kromozomal sitotipi 47
4.3. Ag- NOR Bantlama 52
4.3.1. 2n=36 kromozomal sitotipi 52
4.3.2. 2n=38 kromozomal sitotipi 53
4.3.3. 2n=50 kromozomal sitotipi 54
4.3.4. 2n=56 kromozomal sitotipi 55

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 62

5.1. Sonuçlar 62
5.2. Öneriler 62

KAYNAKLAR 63

ÖZGEÇMİŞ 74

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a	: Akrosentrik
$AgNO_3$	: Gümüş nitrat
$Ba(OH)_2$	: Baryum hidroksit
CMA_3	: Kromomiyosin A_3
H_2O	: Su
HCl	: Hidroklorik asit
HPO_4	: Hidrofosfat
KH_2HPO_4	: Potasyum dihidrojen fosfat
m	: Metasentrik
NaCl	: Sodyum klorür
$Na_2\ HPO_4$	: Disodyum fosfat
NF	: Temel kromozom kol sayısı
NFa	: Otozomal kromozom kol sayısı
NH_3	: Amonyak
pH	: Çözeltinin asitlik ve bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi
S	: Sedimantasyon sabitesi
sm	: Submetasentrik
snRNP	: Small nükleer ribonükleoproteinler
st	: Subtelosentrik
°C	: Santigrat derece
2n	: Diploid kromozom sayısı

Kısaltmalar

A	: Adenin bazı
dk	: Dakika
g	: Gram
kb	: Kilobaz
km	: Kilometre
m	: Metre
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
nm	: Nanometre
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
rRNA	: Ribozomal RNA
sn	: Saniye
T	: Timin bazı
µm	: Mikrometre

1. GİRİŞ

Anadolu jeolojik devirler boyunca birçok türe sığınma ortamı sağladığı gibi birçok türün de gen merkezi haline gelmiştir. Yerküre, milyonlarca yıldır sürekli değişim geçirmekte ve bu değişim üzerinde yaşayan canlıları da etkilemektedir. Değişmekte olan coğrafik ve iklimsel faktörler, bölgeler arası floral ve faunal çeşitliliklere neden olmuştur. Yapılan çeşitli jeolojik araştırmalar, Anadolu yarımadasının yatay ve düşey doğrultuda pek çok kez değişime uğradığını göstermiş ve bu değişimler de flora ve faunanın şekillenmesinde önemli bir topografik etmen olduğu düşünülen "Anadolu Diyagonali"ni ortaya çıkarmıştır (Davis, 1971; Ekim ve Güner; 1986; Çıplak ve ark., 1993).

Üç kıtanın birleştiği coğrafyada yer alan Anadolu, zengin biyoçeşitliliğe sahip olup bu çeşitlilik diğer coğrafyalar içerisinde Anadoluyu ayrıcalıklı bir konum haline getirmiştir (Kışlalıoğlu ve Berkes, 1987; Kurtonur, 1996; Benda ve Horacek, 1998).

Yerkürenin bu değişim sürecinde, memeliler ilk olarak Paleosen sonu ve Eosen başlarında ortaya çıkıp Tersiyer boyunca yaşayabilecekleri tüm alanlara yayılarak çeşitlilik göstermişlerdir. Beyin organizasyon güçleri, farklı ortamlara güçlü adaptasyon yetenekleri ile yaşama şanslarını artırmaları, vücut sıcaklıklarını sabit tutabilme özelliği, yavrularının gelişimini ana rahminde tamamlayabilme gibi belirli özellikler, memelilerin çeşitlilik göstermesinde önemli etkenler arasında gösterilmiştir (Nevo, 1982 ve 1991; Coşkun, 2003).

Günümüzde yaşamakta olan 26 memeli ordosundan 3'ü (Notoryctemorpha, Insectivora, Rodentia); 136 familya'dan 11'i; 1135 genus'tan 50'si; 4629 türün 285'i toprak altı (subterranean) yaşamına adapte olmuşlardır. Yeni kromozomal sibling türlerin bulunmasıyla birlikte bu sayıların daha da artması beklenmektedir (Nevo, 1999). Mammalia (memeli hayvanlar) sınıfının en büyük takımı Rodentia (kemiriciler) olup 29 familya, 400'den fazla cins ve 2800'den fazla tür ile temsil edilmektedir (Ognev, 1947; Wilson ve Reeder, 2005). Anadolu'da toprak altı yaşama uyum sağlamış Insectivora (Talpidae) ve Rodentia (Spalacidae ve Arvicolidae) ordosuna bağlı türler bulunmaktadır. Talpidae familyasından *Talpa* cinsinin türleri; Spalacidae familyasından *Spalax* türleri ve Arvicolidae familyasından *Arvicola*, *Ellobius* ve *Prometheomys* türleri yayılış göstermektedir (Coşkun ve Ulutürk, 2001).

Toprak altı yaşama adapte olmuş hayvanlar yaşamlarının tümünü ya da bir kısmını toprak altında geçirmektedir. Toprak altı yaşam tarzına en iyi örnek, Spalacidae

(kör fare) familyasıdır. Kör fareler kazıcı dişlere sahip silindirik vücutlu kemirgenler olup ayrı gruplar halinde yaşarlar. Spalacidae familyasında kör farelerin cins ve türlerinin filogenisi ve sistematiği bu familyanın tanımlanmasından itibaren tartışmalara neden olmuştur. Bu problemler kör farelerin sistematik bir şekilde incelenmesi zorlaştırmıştır. Bu problemlerin doğmasına neden olan familya üyelerinin farklı konvergent evrimleri ve aşırı morfolojik benzerlik göstermesinden kaynaklanmaktadır (Savic ve Nevo, 1990).

Spalacidae familyası paleartrik bölgede bulunmakla birlikte dağılım alanlarını Kuzeydoğu Afrika, Balkanlar, Güneydoğu Avrupa, Orta Asya, Orta doğu ve Kafkaslar oluşturmaktadır (Corbet, 1978).

Gromov ve Baranova (1981) Spalacinae alt familyasının iki cinse ayrıldığını ifade ederek *Nannospalax* ve *Spalax* olmak üzere iki cinse ayırmışlardır. *Nannospalax* üç tür: *N. ehrenbergi*, *N. nehringi*, *N. leucodon* ile temsil edilirken *Spalax* ise beş tür: *S. giganteus*, *S. arenarius*, *S. microphthalmus*, *S. polonicus* ve *S. graecus* ile temsil edilmektedir (Corbet ve Hill, 1991). Wilson ve Reeder (2005) Spalacidae familyasını Spalacinae alt familyasına ayırmıştır ve daha önceden *Spalax*, *Microspalax* ve *Mesospalax* cinslerini *Nannospalax* adında tek bir cins ile ifade etmişlerdir.

Wilson ve Reeder (2005) taksonomik hiyerarşiyi şu şekilde göstermiştir.

Familya: Spalacidae Gray, 1821

Altfamilya: Spalacinae Gray, 1821

Cins: *Nannospalax* (*Spalax*, *Microspalax*, *Mesospalax*)

N. xhanthodon: *Dünya'da* Ermenistan, Gürcistan, Kasikoporan olup Türkiye'de ise Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi ile Gökçeada ve Bozcaada'ya kadar uzanmaktadır (Şekil 1.1).

N. ehrenbergi: Dünya'da Yafa, Kuzey Irak, Suriye, Lübnan, Ürdün ve Kuzey Afrika olup Türkiye'de ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yayılış göstermektedir (Şekil 1.1).

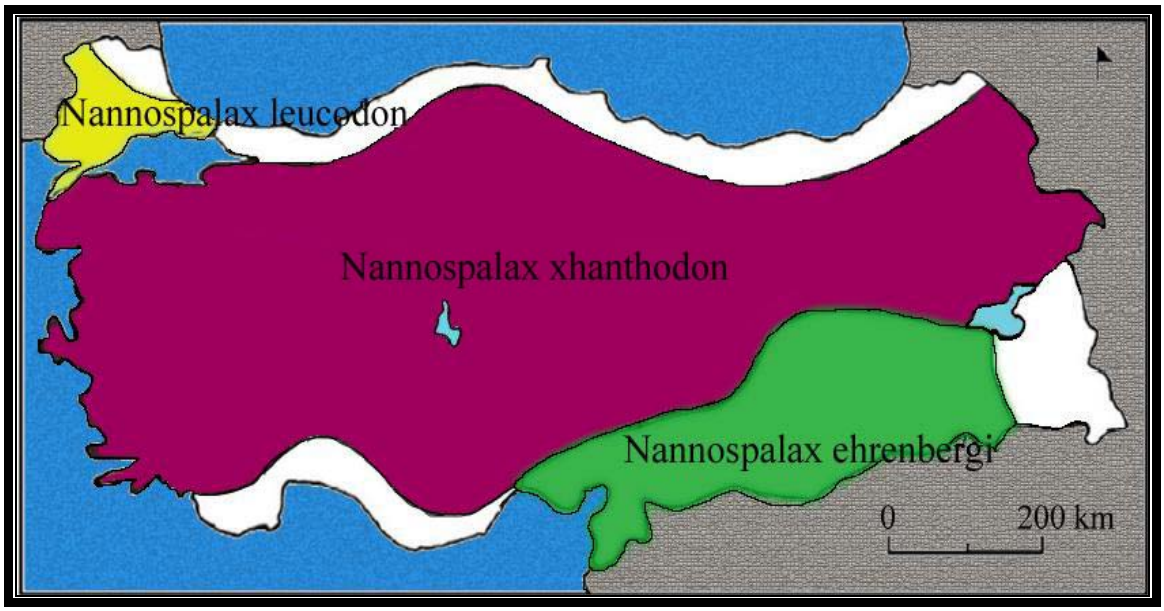
N. leucodon: Dünya'da Balkan Yarımadası (Macaristan, Yunanistan, Romanya, Bulgaristan), Ukrayna, Odessa olup Türkiye'de ise Marmara Bölgesi'nin Yıldız Dağları bölümü ile Edirne bölümünde yayılış göstermektedir (Şekil 1.1).

Bu tez çalışmasında Wilson ve Reeder (2005)'ın yapmış olduğu sınıflandırma dikkate alınarak cins ismi olarak *Nannospalax* kullanılmıştır.

Nannospalax leucodon ve *Nannospalax ehrenbergi* türleri Anadolu'da önceleri temas halindeyken Anadolu'da meydana gelen hareketliliklerle birlikte Anadolu

diyagonali ortaya çıkmıştır böylelikle bu iki üst tür birbirlerinden ayrılmışlardır (Savic ve Soldatoviç, 1979).

Topachevskii (1969), Savic (1982), Wilson ve Reeder (2005), Yiğit ve ark. (2006), Sözen ve ark. (2006) ve Matur (2009) *N. xanthodon*'un Anadolu'nun büyük bir kısmında, *N. ehrenbergi*'nin Güneydoğu Anadolu'da ve *N. leucodon*'nun ise Türkiye'nin Avrupa yakasında yayılış gösterdiğini belirtmişlerdir. *Nannospalax ehrenbergi*'nin İsrail'de tespit edilen kromozomal sitotiplerin her biri birer biyolojik tür olarak isimlendirilmiştir. Ancak Türkiye'de tespit edilen kör farelerin kromozomal sitotipleri henüz isimlendirilmemiştir (Coşkun ve Ulutürk, 2004).



Şekil 1.1. *Nannospalax* üst türlerinin Türkiye'deki yayılış alanı (Kryštufek ve Vohralik, 2009).

Spalacidae familyasının kromozomları üzerine ilk araştırmalar Matthey (1959) tarafından Kafkas örnekleri üzerinde yapılmış, diploid kromozom sayısı 2n=48 ve kromozomal kol sayısı NF= 64 olarak verilmiştir. Daha sonra Walknowska (1963) Bulgaristan materyalinde 2n = 54 ve Soldatovic ve ark. (1966) Yugoslavya'dan iki populasyonda 2n = 48 ve 54 kromozomlu populasyonları tespit etmişlerdir. Romanya'daki populasyonlarda 2n = 50 ve 56 olarak tanımlanmıştır (Raicu ve ark., 1973).

Zima ve Kral (1984) *Nannospalax* ve *Spalax* cinslerinin karyotip çalışmalarıyla iki cinsin diploid kromozom sayılarında farklılıklar olduğunu, *Spalax* cinsi üyelerinin karyotiplerinde akrosentrik kromozom bulunmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca *S. graecus*, *S. polonicus*, *S. arenarius*, ve *S. giganteus* türlerinde karyotiplerin sabit 62

kromozomlu olduğunu belirtmişlerdir. *Nannospalax leucodon*'nun karyolojik farklılıkları büyük değişiklik gösterirken, *Spalax* cinsi türlerinin karyolojik farklılıkları *N. leucodon*'a göre nispeten azdır. Savic ve Nevo (1990) ile Musser ve Carleton (2005) bu familyayı monogenerik (yalnızca bir *Spalax* cins içeren) olarak ele alırken, diğer yazarlar bu iki türü ayırmak için bugünkü adıyla *Spalax* ve *Nannospalax* (Topachevski, 1969; Savic, 1982; Savic ve Saldotavic, 1984; Nemeth ve ark., 2009)'ı kullanmayı tercih etmişlerdir. Bunlardan; *Spalax* cinsi, kafatasının arka boşluğunun kenarlarındaki deliklerden yoksun türlerle beraber, daha çok diploid kromozom sayısına sahip olup akrosentrik otozomları olmayan karyotiplere sahip türler içerir. *Nannospalax* cinsinin türleri daha küçük olup karyotipleri çok sayıda değişkenlik göstermekte (2n=36-62) ve akrosentrik otozomlar içermektedir (Topachevski, 1969; Lyapunova ve ark., 1971; Savic ve Soldatovic, 1984).

Sözen ve ark. (2008)'nın Türkiye'deki kör fareler üzerinde yaptıkları karyotip çalışmalarının sonuçlarına göre; *N. xanthodon*'un diploid kromozom sayılarının 36 ile 62 arasında, *N. ehrenbergi*'nin 48 ile 58 arasında değiştiği gösterilmiştir. Temel kromozom kol sayısı (NF), *N. ehrenbergi* türü için 74 ile 90 arasında değişirken *N. xanthodon* türü için bu değer 70 ile 84 arasında değişmektedir. Bu bulgular göz önüne alınarak Türkiye'deki *Nannospalax* kromozomal sitotipleri türlere ayrıştırılması (kromozomal türleşme) önerilmektedir. Türkiye'de bugüne kadar kör farelerin 30'dan fazla kromozomal sitotipe sahip olduğu belirtilmiştir. Türkiye'deki kromozomal sitotipler allel içerikleri ve genetik mesafe bakımından oldukça farklı olup, ayrı taksonlar veya iyi biyolojik türler olarak görünmektedirler (Nevo ve ark., 1995).

Türkiye kör farelerinin kromozomal evrimini açıklamak için iki model bulunmaktadır. Bir tanesi, 38 sitotipin atasal olduğunu ve diğer sitotiplerin bu sitotipten Robertsonian bölünmesi ağırlıklı olacak şekilde kromozomların yeniden düzenlenmelerle oluştuğunu kabul eder (Nevo ve ark., 1994). Diğeri ise bunun tersi olarak 60 sitotipinin atasal olduğunu ve diğer sitotiplerin yeniden düzenlenmelerle özellikle Robertsonian birleşmesi ve perisentrik inversiyonlar ile oluştuğunu kabul eder (Ivanitskaya ve ark., 1997).

Türkiye'de kör fareler üzerinde yapılan ilk bantlama çalışması Ivanitskaya ve ark. (1997) tarafından Doğu ve Güneydoğu Anadolu örnekleri üzerine bantlama teknikleri (G- bantlama, C-bantlama ve Ag-NOR bantlama) kullanılarak bazı kromozomal sitotiplerin heterokromatin varyasyonu çıkartılmış ve İsrail örnekleri ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1.1. Türkiye'de *Nannospalax xanthodon* üzerine yapılan karyolojik çalışmalar.

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
İzmir-Bayındır	36	70	-	-	Sözen ve ark., 1999
İzmir-Havran-Selçuk	38	74	st	a	Savic ve Soldatovic, 1979 ; Giagia ve ark., 1982
Balıkesir ve İzmir	38	74	sm	a	Nevo ve ark., 1995
İzmir-Dikili-Bigadiç	38	74	sm	a	Tez ve ark., 2002
Konya-Yeşildağ	40	72	m	a	Kankılıç ve ark., 2007b ; Nevo ve ark., 1995
Konya-Beyşehir	40	72	m	st	Arslan ve ark., 2011
Ağrı ve Van	48	68	sm	a	Coşkun, 2003
Gümüşhane	48	71	sm	-	Sözen ve ark., 2006b
Aydın	50	-	-	-	Nevo ve ark., 1995
Erzurum-Sarıkamış	50	70	sm	-	Nevo ve ark., 1995
Erzurum ve Kars	50	70	sm	a	Coşkun, 2003
Kars 10 km batı, Susuz ve Selim	50	70	m	a	Kankılıç ve ark., 2007b
Ardahan-Göle	50	70	sm	-	Kankılıç ve ark., 2007a
Karabük-Keltepe	50	70	sm	a	Sözen, 2004
Kâhyalar	50	70	sm	a	Sözen, 2004
Erzurum	50	72	sm	a	Sözen ve ark., 2000a
Giresun, Rize, Bayburt, Erzincan	50	72	m	a	Kankılıç ve ark., 2007b
Başköy-Ovit geçidi	50	72	sm	a	Sözen ve ark., 2006a
Bolu (Abant, Mudurnu, Kartalkaya, Yeniçağa)	52	70	sm	a	Sözen , 2004
Bilecik ve Adapazarı	52	70	sm	a	Matur ve Sözen, 2005
Bolu (Merkez, Seben, Gerede)	52	70	m	-	Kankılıç ve ark., 2007b
Mersin-Sebil yaylası, Mersin-Çamlıyayla	52	72	sm	a	Sözen ve Kıvanç, 1998b ; Sözen ve ark., 2000b
Eflani, Pınarbaşı, Araç	54	72	sm	a	Sözen, 2004; Sözen ve ark., 2006b
Kırıkkale (Merkez, Keskin)	54	74	sm	-	Kankılıç ve ark., 2007b
Yozgat	54	74	sm	st	Yüksel ve Gülkaç, 2001
Bingöl, Elazığ, Tunceli	54	74	sm	a	Coşkun, 2004
Kırıkkale	54	74	sm	a	Aşan ve Yağcı, 2008 ; Arslan ve ark., 2010
Çorum	54	74	sm	a	Sözen ve ark., 2009
Bolu	54	-	sm	-	Nevo ve ark., 1995
Bingöl	54	-	-	-	Nevo ve ark., 1995
Erbaa	54	75	sm	-	Sözen ve ark., 2006a
Mersin-Gülek	56	72	m	a	Sözen ve Kıvanç,1998a
Adana-Tekir	56	72	m	a	Sözen ve ark., 2000b
Daday, Kastamonu, Tosya	56	72	sm	a	Sözen ve ark., 2006b ; Sözen, 2004
Isparta-Aksu-Yılanlı	56	72	m	a	Kankılıç ve ark., 2007b

Manisa, Uşak	56	72	sm	a	Matur, 2009
Safranbolu	56	74	sm	a	Sözen, 2004
Çorlu-Karaevli	56	78	sm	a	Soldatovic ve Savic, 1978
Koyunbaba, Hayranbolu, Sofular, Vize, Akalan	56	78	sm	a	Sözen ve ark., 2006a
Yeniçiftlik, Tayakadın, Halkalı	56	78	sm	a	Sözen ve ark., 2006a
Gaziantep	56	82	sm	a	Ivanitskaya ve ark., 1997
Erzincan-Kemaliye	58	66	sm	a	Arslan ve Zima, 2013
Tunceli-Ovacık	58	68	sm	a	Coşkun, 2004
Niğde-Ulukışla, Niğde-Madenköy	58	72	sm	a	Sözen ve ark., 2000b; Sözen ve Kıvanç, 1998a
Ereğli, Ulukışla, Pozantı	58	72	sm	a	Sözen ve ark., 2006b
Taşköprü	58	74	sm	a	Sözen ve ark., 2006a
Konya-Ereğli	58	75	sm	st	Arslan ve ark., 2011
Sarıkavak	58	78	sm	a	Sözen, 2004
Ulukışla 30 km Batı	60	72	sm	a	Sözen ve ark., 2000b
Azdavay, Küre, Ağlı	60	74	sm	a	Sözen ve ark., 2006b
Aksaray	60	74	sm	a	Sözen ve ark., 2000b ; Arslan ve Bölükbaş, 2010
Antalya-Akseki, Göksun	60	74	sm	st	Sözen ve ark., 2006a
Aksaray 35 km Batı	60	76	sm	st	Sözen ve ark., 2000b
Konya (Beyşehir, Akşehir)	60	76	sm	st	Kankılıç ve ark., 2005
Kütahya	60	76	sm	st	Sözen ve ark., 2006a
Karaali, Samsun-Havza	60	77	sm	st	Sözen ve ark., 2006a
Malatya, Pınarbaşı	60	78	sm	a	Nevo ve ark., 1995
Kayseri, Gürün	60	78	sm	-	Tez ve ark., 2001
Bolu (Bakırlı, Kartalkaya, Dörtdivan, Samat)	60	78	sm	st	Sözen, 2004; Sözen ve ark., 2006b
Bolu (Cankurtaran, Bağören, Gerede)	60	78	sm	st	Sözen, 2004; Sözen ve ark., 2006b
Bolu (Ayman), Isparta (Yalvaç, Gelendost)	60	78	sm	a	Kankılıç ve ark., 2007b
Samsun (Kavak), Ankara (Çeltikli)	60	78	sm	a	Kankılıç ve ark., 2007b
Bilecik (İnhisar, Bozüyük, Kepirler)	60	78	sm	a	Matur ve Sözen, 2005
Eskişehir (İnönü), Bursa (İnegöl)	60	78	sm	a	Matur ve Sözen, 2005
Yozgat-Saraykent, Sivas (İmranlı, Yıldızeli)	60	80	sm	st	Kankılıç ve ark., 2007b ve Kankılıç, 2007a
Erzincan (Tercan, Gemecik, Refahiye)	60	80	sm	st	Kankılıç ve ark., 2007b
Ankara (Batıkent, Sarayköy, Elmadağ, Kalecik, Beypazarı, Kızılcahamam, Ayaş, Nallıhan, Güdül, Haymana, Gölbaşı, Polatlı, Bala)	60	80	sm	st	Kankılıç ve ark., 2007b ; Kankılıç ve ark., 2005

Matur (2009) Batı Anadolu'da yayılış gösteren 2n = 36, 38, 40, 50W, 52N, 54N, 56W, 56Tr, 58N, 58 Sarıkavak ve 60 Uşak sitotiplerini kullanarak toplam 38 kör fare örneğinin G ve C bantlama yöntemleriyle karyotip analiz çalışmaları yapmıştır. C-bantlama sonuçlarına göre, Batı grubundaki telomerik heterokromatin varlığının bu grup için ayırt edici bir karakter olduğunu belirtmiş, ancak kullanılan C-bantlama tekniğinin bütün sitotipleri bire bir ayırmada başarısız olduğunu ifade etmiştir. Ancak Arslan ve Bölükbaş (2010) ve Arslan ve ark. (2011) 2n=60 sitotipine ait populasyonların da C-bantlama ile ayırt edilebildiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, *Nannospalax xanthodon*'a ait Batı Anadolu'daki bazı kromozomal sitotiplerin (2n=36, 38, 50W, 56W) gümüş nitrat ($AgNO_3$) bantlama tekniği ile Nukleolus Organizatör Bölgeleri (NOR) özelliklerinin analizlerini yapmak, bu sitotiplerin NOR dağılımları hakkında daha net sonuçlar elde etmek ve bu NOR'ların C-heterokromatin bölgeler ile ilişkisini tespit etmektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Nukleolus ve Nukleolus Organizatör Bölgeler (NOR'lar) hücredeki bütün proteinlerin sentezi için önemli ve gerekli olan ribozomal RNA'ları üretmesi açısından önemlidir. Ribozomal genler bütün organizmalarda bulunup hücredeki tüm RNA'ların yaklaşık %80'nini oluştururlar. Nukleolus Organizatör Bölgeler kromozomlarda gümüş nitrat boyama yöntemiyle ortaya çıkarılabilmektedir. Bu bölgeler akrosentrik kromozomların kısa kollarında ve satellitlerinde bulunmakta ve gümüş nitrat ile koyu kahverengi veya siyah tonunda boyanmaktadır. Kalıtsal özelliklere bağlı olarak çıkan polimorfizmde ve bu bölgelerdeki normal olmayan durumları tanımlamada kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca bunlar *in situ* hibridizasyon ile tanımlanabilmektedirler (Sumner, 2003; Karahan, 2007).

Spalacidae familyası Doğu Akdeniz'de yeraltı yaşama uyum sağlamış kazıcı kemirgenlerdendir. Gözlerinin olmaması, kulak kepçelerinin körelmiş olmasıyla diğer kemirgenlerden ayrılırlar. İşitme ve dokunma duyuları oldukça gelişmiştir. Bitkilerin toprak altı kısımlarıyla (kök, gövde, soğan, yumru vs.) beslenirler (Yiğit ve ark., 2006).

Türkiye'de ve Dünya'da yayılış gösteren Spalacidae familyasına ait bazı türlerde ve farklı organizmalarda gümüş nitrat bantlama tekniği ile karyolojik çalışmalar yapılmıştır.

Gülkaç ve Küçükdumlu (1999) Malatya'dan *N. xanthodon* ve Elazığ'dan *N. ehrenbergi* üzerinde yapmış oldukları çalışmalarda türlerin kromozomlarının NOR varyasyonunu incelemişlerdir.

Öktem (2008) 2n=60 sitotipinin Kuzey Ankara örneklerinde sentromerik C-bantlar ve bazı kromozomlarda NOR'lar tespit etmiştir.

Arslan ve ark. (2010) Kırıkkale'deki, Arslan ve Bölükbaş (2010) Aksaray'daki Arslan ve ark. (2011) Konya bölgesindeki, Arslan ve Zima (2013) Erzincan ilindeki ve *Nannospalax xanthodon* üst türüne ait farklı kromozomal sitotiplerine standart kromozom boyama, Ag-NOR boyama ve C-bantlama analizi uygulamışlardır.

Mus musculus (Ev faresi)'ta kromozomlar üzerinde bulunan NOR'lar *in situ* hibridizasyon tekniğinin kullanılmasıyla gösterilmiştir (Henderson ve ark., 1974). Miller ve ark. (1976) gümüş boyama yöntemiyle yaptıkları çalışmalarda insan ve farelerin somatik hücrelerinin hibritlerinde aktif NOR'ları göstermişlerdir. *Cervus nippon hortulorum* (Geyik) üzerinde NOR çalışmaları yapılarak kromozomlar üzerinde NOR'un bulunduğu yerler tespit edilmiştir (Mayr ve Kalat, 1989). Moreno ve ark.

(1990) evcil koyunda yapmış oldukları çalışmada,5 çift kromozomun telomerik bölgesine NOR'un yerleştiğini tespit etmişlerdir. Burgos ve ark. (1988) Microtidae'nin 5 türünün (*Microtus nivalis*, *M. cabrarea*, *M. arvelis*, *Arvicola sapidus* ve *A. terrestris*) kromozomlarının yeniden düzenlenmesi karyotip evrimde yeterince anlaşılamamıştır ve filogenetik dalları çizilememiştir. Buradaki bilgiler bu grubun karyotipik evrimi esnasında kromozomların yeni düzeni ile NOR lokasyonunun modifikasyonlarının belirtilmesinde kullanılmıştır (Sanchez ve ark., 1990). Evcil tavşan üzerinde NOR aktivitesi üzerine istatistiksel analiz çalışmaları yapılmıştır (Monteagudo ve Arruga, 1991).

Vespertilionidae (Yarasa) familyasında *Eptesicus brasiliensis* ve Molossidae familyasından *Molossus molossus* üzerinde yapılan NOR çalışmaları, bu türler üzerinde NOR'un hangi kromozomlar üzerinde bulunduğu karşılaştırmalı olarak belirlenmiştir (Freitas ve ark.,1992).

Arslan (2005) *Spermophilus xanthoprymnus* (Anadolu tarla sincabı)'un karyotipini, C-bantlama ve Ag-NOR'ları incelemiştir. NOR'lar gümüş boyama tekniği ile üç çift subtelosentrik kromozom kısa kollarının terminal bölgelerinde gözlenmiştir.

Arslan ve Arslan (2010) Türkiye'deki Toros yer sincabında C-heterokromatin blokların ve NOR dağılımlarını çalışmışlardır. *Spermophilus taurensis*'in karyotipi 40 kromozomdan oluşmuş, temel kromozom kol sayısı (NF) 80 ve otozomal kromozom kol sayısı (NFa) 76'dır. NOR'ları 2 çift submetasentrik ve 2 çift subtelosentrik kromozomların kısa kolunun terminal bölgesinde gözlemişlerdir. NOR'ların tamamını benzer şekilde ve orta büyüklükte olduğunu belirtmişlerdir.

Arslan ve ark. (2008) yapmış oldukları çalışmada ilk defa *Acomys cilicicus*'un kromozomlarında NOR tespit etmişlerdir. *A. cilicicus*'un karyotipi 2n = 36, FN = 70 ve FNa = 66'dan oluşmaktadır. Bu türün beşinci çift kromozomun uzun kolunun terminal bölgesinde ve ikincil boğum olarak da altıncı çift kromozomun uzun kolu üzerinde Ag-NOR bulmuşlardır. Bütün NOR'ların aynı görünüm ve büyüklükte olduğunu belirtmişlerdir. Arslan ve ark. (2008) 7 erkek, 3 dişi *Sciurus anomalus*'un karyotip analizlerini G-bantlama, C-bantlama ve Ag-NOR boyama yöntemleriyle incelemişlerdir. Tüm numunelerde temel otozomal kol diploid sayısı (2n) FN=70 ve FN=40 bulunmuştur. Otozomal tamamlayıcı 6 çift metasentrik ve 13 çift submetasentrikten oluştuğu gözlemlenmiştir. X kromozomu orta ölçekli bir metasentrik Y kromozomu küçük bir submetasentrik gözlenmiştir. Sentromerik heterokromatin

dışında C-bantlı karyotip heterokromatin bloklarına rastlamamışlardır. Orta ölçekli bir metasentrik çifti sadece terminal bölgesinde Ag-NOR saptamışlardır.

Arslan ve ark. (2008) Türkiye'nin Avrupa (Trakya) ve Anadolu'daki kirpilerin C-heterokromatin bloklarının ve NOR'ların dağılımı üzerine araştırmalar yapmışlardır. Araştırmacılar inceledikleri Avrupa örneklerinin 15 numaralı otozomun distal heterokromatin bloğa sahip olması ile Anadolu örneklerinden farklı olduğunu tespit etmişlerdir. Bu iki kromozom türü daha önce Mandahl (1978 ve 1979) tarafından E II ve E I olarak belirlenmiş olan karyotiplere uymaktadırlar. Diğer yayınlanmış bilgilerle yapılan karşılaştırmada E II karyotipin *Erinaceus roumanicus* türlerinde bulunurken E I karyotipin *E. concolor* serisinde meydana geldiğini göstermektedir. Bu nedenle her iki tip karyotiplerinde C- heterokromatin dağılımında sürekli olarak farklılık göstermektedirler. Aynı araştırmacılar tarafından NOR'lar *E. roumanicus* beş otozom çiftinde ve *E. concolor*'un dört otozom çiftinde bulunmuştur. NOR'ların bireysel otozom çiftlerindeki konumunun farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Kuzey ve Orta Anadolu ile Güney Anadolu'dan alınan örneklerde iki farklı değişken gözlenmiştir. Arslan ve ark. (2009) *Hemiechinus auritus'a* ait 6 örneğin karyotip, C-bantlama ve NOR'larını incelemişlerdir. Diploid kromozom sayısı 2n=48, temel kromozom kol sayısı FN=96 ve FNa=92 olarak tespit etmişlerdir. NOR'ların dört metasentrik ya da submetasentrik kromozomların uzun kollarının terminal bölgelerinde yer aldığını tespit etmişlerdir.

Hindistan evcil domuzlarının kromozomlarında NOR çalışılmıştır (Vijh ve ark., 1991). Arslan ve Albayrak (2009) yapmış oldukları çalışmada Anadolu'daki 6 erkek *Sus scrofa* (Linnaeus, 1758) (Yaban domuzu) örneğinin karyotip, C-bant ve NOR özelliklerini araştırmışlardır. *S. scrofa*'nın karyotipinin (2n) 38 kromozomdan oluştuğunu, temel kromozom kol sayısı (FN) 64 ve otozomal kromozom kol sayısının (FNa) 60 olduğunu gözlemişlerdir. Gümüş boyama tekniği ile tanımlanan NOR'lar iki çift metasentrik kromozomdaki ikincil boğum yerlerinde görülmüştür.

Arslan ve Zima (2010) tarafından Orta Anadolu'daki Konya bölgesinden 2 *Allactaga williamsi* (Çöl faresi) populasyonunun kromozomal çalışması yapılmış, çalışılan 5 örneğin tamamında diploid kromozom sayısı 48 olarak bulunmuştur. Aktif NOR'ların küçük 2 çift metasentrik ve submetasentrik otozomlarda lokalize olduklarını saptamışlardır. *Allactaga* cinsin türleri karyotip yapıları içinde açıkça korundukları belirtilmiştir. Arslan ve ark. (2012) Şanlıurfa bölgesindeki *Allactaga euphratica*'nın kromozomal çalışmasını yapmışlardır. Araştırmacılar bu türün kromozomlarında C-

bantlı pozitif bölgelerinin bütün otozomların ve X kromozomun sentromer alanlarına dağıldığını ve geniş interkalar C- heterokromatin blokların en büyük otozomda gözlendiğini, ayrıca Y kromozomun C-negatif olduğunu ve aktif NOR'ların küçük iki çift iki kollu otozomlarda lokalize olduğunu kaydetmişlerdir. C- heterokromatin dağılımı ve NOR'ların lokalizasyonu yakın Arap tavşanı türleri *A. euphratica* ve *A. williamsi* arasında oldukça farklı olduğu bu araştırmacılar tarafından belirlenmiştir.

Aşan ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmalarda Orta Anadolu *Cricetulus migratorius* ve *Meriones tristrami*'deki NOR'ların dağılımı incelenmiştir. *Cricetulus migratorius*'un karyotipinde diploid kromozom sayısı, temel kromozom sayısı ve otozomal kromozomların temel sayısını sırasıyla 22, 44, 40 olduğunu *Meriones tristrami*' nin diploid kromozom sayısı, temel kromozom sayısı ve otozomal kromozomların temel sayısını ise sırasıyla 72, 84, 80 olduğunu belirlemişlerdir. *Cricetulus migratorius*'da NOR'lar metasentrik ve subtelosentrik otozom çiftlerinin telomerik bölgelerinde tespit edilmiş bununla birlikte *Meriones tristrami*'nin metasentrik ve akrosentrik otozomlarındaki terminal NOR'larını belirlemişlerdir.

Arslan (2010) Türkiye'deki *Lepus europaeus*'a ait dört örneğin karyotiplerini, C-heterokromatin bloklarını ve NOR'larını çalışmıştır. Diploid kromozom sayısı (2n), temel kromozom sayısı (FN) ve otozomal kromozom kol sayısı (FNa) sırasıyla 48, 90 ve 86 olarak belirlenmiştir. NOR'lar üç çift subtelosentrik kromozomun uzun kolun terminalinde lokalize olduğu belirlenmiştir. NOR'ların lokalizasyonu ve otozomların C-pozitif bölgeleri arasında herhangi bir ilişki tespit edilmemiştir.

Arslan ve Zima (2011) yapmış oldukları çalışmalarda 8 *Ovis orientalis anatolica* (Anadolu yaban koyunu) örneğinin karyotip, C-bantlama ve NOR dağılımlarını incelemişlerdir. Gümüş boyama tekniği ile NOR dağılımları incelenmiş, NOR'ların üç metasentrik otozomal çiftin uzun kolunun telomerik bölgelerinde lokalize olduklarını tespit etmişlerdir. NOR'ların heterozigot akrosentrik durumlarında farklı hücrelerde sürekli oldukları tespit edilmiştir.

Arslan ve ark. (2011) Orta Avrupa'dan Anadolu'ya gelen *Arvicola terrestris* (Su sıçanı) populasyonlarının kromozomal çalışmalarını yapmışlardır. İncelenen tüm örneklerde diploid numarası 36 (2n=36) olarak bulmuşlardır. Orta Avrupadaki bireylerde X kromozomun sentromerik C-bandını soluk siyah olarak gözlemlemişlerdir. Anadolu'ya gelen populasyonlarda ise X kromozomu düzgün boyanmış ancak C-bant negatif boyanmıştır. Y kromozomu ise pozitif boyanmıştır.

Şekeroğlu Atlı ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada Türkiye için endemik olan yeni tanımlanmış bir tarla faresi, *Microtus dogramacii*'nin kromozomlarını çalışmışlardır. Bu türün G- bantlama, C- bantlama ve NOR-bantlamasını yapmışlardır. NOR sayısında varyasyon tespit etmişlerdir. Sitogenetik sonuçlarında kromozomal varyasyondan dolayı *M. dogramacii*'deki kromozomal bir türleşme sürecini gösterdiğini belirtmişlerdir.

İki yaşamlılar, balıklar, sürüngenler ve kuşlar üzerine de bazı Ag-NOR çalışmaları yapılmıştır. Semenderlerden *Triturus*'un 2 türünün mitotik metafaz kromozomlarında amonyaklı gümüş boyama tekniği uygulanmış, bu metot NOR'un belirlenmesinde yararlı olmuştur (Raghianti ve ark., 1977). Geliştirilen gümüş boyama tekniği ile kromozomun özel bir bölgesindeki proteinlerinin farklı boyanmasına olanak sağlamıştır (Goodpasture ve Bloom, 1975). Arslan ve ark. (2010) Konya ilinden (Meram, Beyşehir, Hadim) toplanan 9 *Rana ridibunda* örneğinin karyotip, C-bantlama ve NOR özelliklerini incelemişlerdir. Diploid kromozom sayısı (2n) ve temel kromozom kol sayısının (FN) sırasıyla 26 ve 52 olduğu belirlenmiştir. Bu türün kromozomlarının tamamı sentromerik konstitutif heterokromatine sahip olduğu belirtilmiştir. Gümüş nitrat boyama tekniği ile 8 nolu submetasentrik kromozomun uzun kolu üzerinde NOR (ikincil boğum) tespit edilmiştir.

Kalat ve ark. (1988) *Tymallus thmallus* (Gölge balığı) üzerinde, Vituri ve ark., (1990) *Pagellus bogaraveo* (Mercan balığı) üzerinde NOR tespiti için çalışmalar yapmış ve birey içi Ag-NOR değişkenliğini gözlemişlerdir.

Lopez ve ark. (1989) birbirine çok yakın iki Çırçır balık türünün (*Symphodus melops* ve *Symphodus roissali*) Ag-NOR karyotiplerini karşılaştırmışlar ve aralarında göze çarpan farklılıklar olduğunu gözlemlemişlerdir. Oberdorff ve ark. (1990) çalışmalarında gümüş boyamayla NOR analizi yapmışlardır. *Synodontis* genusunun 5 türünde; *S. budgetti*, *S. sorex*, *S. violaceu*, *S. schall*, S. *filamentous* ve *Hemisynodontis* genusunun bir türünde; *H. membranaceus*' ta NOR'un varlığını tespit etmişlerdir.

Karahan ve Ergene (2010) yapmış oldukları çalışmada Savur Irmağı'nda (Mardin) yaşayan *Garra variabilis* (Helkel, 1843) bireylerinin sitogenetik analizini yapmışlardır. *G. variabilis*'in karyolojik analizi G-bantlama, C-bantlama, Ag-NOR bantlama ve Q-bantlama teknikleri kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin diploid kromozom sayısı 2n=102 olarak belirlenmiştir. NOR'lar gümüş boyama tekniği ile gözlenmiştir. Birçok kromozom üzerinde NOR görülmüştür. En büyük kromozom submetasentrik olarak tanımlanmıştır.

Ergene ve ark. (2010) Giemsa bant, C-bant, Ag-NOR bant ve Quinacrine bant teknikleri kullanılarak *Pseudophoxinus antalyae* (Çiçek balığı)'nin karyolojik analizi yapmışlardır. Kromozom analizi Berdan Nehri ve Berdan Barajı'nda yaşayan örneklerin solungaç ve yüzgeç epitellerinden elde edilmiş ve havada kurutma tekniğini kullanmışlardır. *P. antalyae*'nin diploid kromozom sayısı 50, karyotipi ise 16 metasentrik, 14 submetasentrik, 12 subtelosentrik ve 8 akrosentrik (NF = 92) olarak belirlemişlerdir. NOR subtelosentrik kromozom çiftleri üzerinde bulunmuştur. *P. antalyae*'nin karyotipi bu çalışma ile ilk kez tanımlanmıştır.

Ünal (2011) Beyşehir Gölünde yaşayan *Cyprinidae* (Sazangiller) familyasına ait *Squalius anatolicus* türünün kromozom sayısı ve morfolojisini araştırmıştır. Yapmış olduğu çalışmada, gümüş bantlama tekniği ile kromozomlarda NOR'ları ortaya çıkartmayı başarmıştır. Karyotip analizlerinin sonucunda NOR'ların büyüklük farkının belirli sabiteye sahip olduğunu belirlemiştir.

Karahan ve Ergene (2011) yapmış oldukları çalışmada Giemsa bant, C-bant, Ag-NOR bant ve Quinacrine bant teknikleri ile *Clarias gariepinus* (Karabalık)'un karyolojik analizi yapmışlardır. Örnekler Türkiye'nin Göksu Delta'sından ve Asi Nehri'nden alınmıştır. Her iki bölge örneklerinde diploid kromozom sayısı ve kromozom kol sayıları aynı bulunmuş ancak (2n = 56, NF = 100) karyotip formüllerinin, gümüş nitrat boyama ile belirlenen rDNA bölgelerinin ve G-bant bölgelerinin oldukça farklı olduğunu belirlemişlerdir. Karşılaştırmalı analizler ve NOR'ların tür içi çeşitliliğini ortaya çıkarttığı ifade edilmiş ve iki populasyon için farklı sayılarda NOR belirlenmiştir. Bu çalışma ile elde edilen bulgular sayesinde Göksu Deltası ile Asi Nehri örneklerinin birbirlerinden farklı oldukları belirlenmiştir.

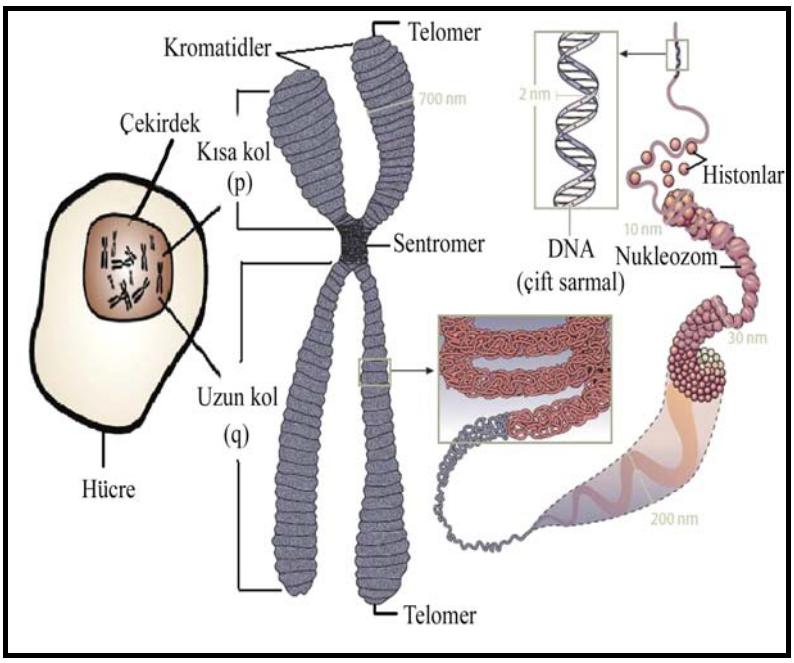
Karasu ve ark. (2011) Fırat Nehir sisteminde yaşayan *Pseudophoxinus firati*'nin karyotip, C-bantlama ve NOR analizi yapmışlardır. Böbrek hücrelerinden elde edilen metafaz kromozomlarının diploid kromozom sayısını 19 çift meta-submetasentrik ve 6 çift subtelosentrik olmak üzere 2n = 50 ve kol sayısını 88 bulmuşlardır. C-bantlama ile 6 çift kromozomun perisentromerlerinde heterokromatin bölge tespit etmişler, orta büyüklükte 2 çift submeta-subtelosentrik kromozomun kısa kollarında NOR'ları gözlemişlerdir.

Rocha ve Lucca (1988) 5 farklı kuş türünde NOR çalışmaları yapmışlardır. *Gallus domesticus, Columba vivia, Colombina talpacoti* ve *Molothrus bonariensis* türleri sadece 1 NOR taşıyan mikro kromozom çiftine sahip olduğunu, *Guira guira* ve

Pitangus sulphuratus türlerinde NOR'un 9. kromozom çiftinin satellit bölgesine yerleşmiş olduğunu bulmuşlardır.

2.1. Kromozom

Botanikçi Hofmeister tarafından ilk kez 1840 yılında *Tradescantia* bitkisinin polen ana hücrelerinde görülmüş ve 1888 yılında Waldeyer tarafından da bu yapılara "kromozom" ismi verilmiştir. Kromozom, kalıtım özelliklerinin nesilden nesile iletilmesini sağlayan, özel boyalarla kuvvetli bir şekilde boyanan, nükleik asit ve proteinden meydana gelmiş ipliksi yapılardır. Kromatini oluşturan kromatin iplikçikleri hücre bölünmesi başladığında dönümler yapıp, boylarını kısaltıp, çaplarını artırarak kromozomları oluştururlar. Kısacası kromozom, yoğunlaşmış ve biçimlenmiş kromatin materyalidir. Başka bir deyişle kromozomlar birbirini takip eden döller arasındaki bağlantıyı temin eden ve genleri üzerinde taşıyan genetik yapılardır (Temizkan, 1994). Şekil 2.1. de kromozomun yapısı gösterilmiştir (Anonim, 2010).



Şekil 2.1. Kromozomun ince yapısı (Anonim, 2010).

Kromatin ipliklerinin kısalıp kalınlaşmaları histon proteinleriyle sağlanır. Histonlar küçük proteinlerdir ve arjinin, lizin gibi bazik aminoasitleri çok fazla taşımalarından dolayı asidik olan DNA'ya sıkıca bağlanırlar. Dört esas histon: H2A, H2B, H3 ve H4'tür. Bu 4 histon proteini ikişerli dizilerek oktet yapıyı oluşturur ve

DNA bu oktet yapı çevresinde 2 tur atar. H1 histon proteini de bu yapıda bağlayıcı olarak yer alır. DNA'nın histon proteinleriyle oluşturduğu bu yapıya ‘‘nükleozom’’ denir. Nükleozom, histonların DNA ile oluşturduğu en küçük yapı birimine karşılık gelmektedir (Karol, 2000).

Kromozomlar normal bir hücrede kromatin ağ şeklindedir ve belirgin değildir. Profazdan başlayarak gittikçe kıvrılan ve kalınlaşan kromatin ağ sonunda ait olduğu canlıya özgü bir sayıya ve şekle ulaşır. Kromozom sayısı, biçimi türden türe değişmekle beraber canlıların büyük bölümünde 12 ile 50 arasındadır. Kromozom sayısı en az olan organizma, nematodlardan *Ascaris equarum univalens* türüdür ve 2n=2 kromozomludur (Temizkan, 1994). En çok kromozoma sahip canlı ise 2n=500 kromozomla bir çeşit eğrelti otu türü olan *Ophyoglossum vulgatum*'dur (Demirsoy, 1998).

Kromozomların sayısıyla birlikte ana içeriği olan genetik materyalin (DNA) miktarı da türden türe değişmektedir. Hücredeki kromozomları oluşturan kromatin iplikçiği, kromatini oluşturan DNA molekülü ve proteinlerin miktarındaki bu değişim canlılardaki çeşitliliğin genetik materyal ve kromozomlarla ilişkili olduğunu göstermektedir (Cooper, 1997).

Eşeyli üreme gösteren canlılarda bir bireyin hücrelerindeki kromozom sayısı, bulunduğu hücre çeşidine göre değişmektedir. Örneğin; yüksek yapılı bitki ve hayvanların eşey hücrelerinde her bir kromozom çeşidinden sadece bir adet bulunur. Buna göre eşey hücrelerindeki kromozomlar o canlının "haploid" kromozom sayısını oluşturur. Eşey hücrelerindeki kromozom sayısına "takım" ya da "genom" adı verilir ve kısaca "n" harfiyle gösterilir. Buna karşılık eşey hücreleri dışında kalan vücut hücrelerinde (somatik hücrelerde) her bir kromozom çeşidinden iki tane bulunur, bunlara ‘‘homolog kromozom’’ denir. Döllenme sırasında, homolog kromozomlardan biri anadan diğeri ise babadan gelir. Bu hücrelerde taşınan kromozom sayısına "diploid kromozom sayısı" denir. İki kromozom takımı bulunduğunu belli etmek için de kısaca "2n" olarak gösterilir (Denton, 1973).

Diploid bir organizmanın somatik hücrelerdeki kromozomlar bir başka açıdan da şu şekilde adlandırılabilir; diploidlerde daima birer çift bulunan ve biçimleri aynı olanlara "otozom" kromozom; canlının eşeyine göre biçimleri aynı veya farklı olabilir, bunlara da "gonozom" (eşey kromozomları) adı verilir. Otozomlar sayı ile belirtilirken gonozomlar "X" ve "Y" harfleriyle gösterilirler (Kuru ve Gözükara, 2001).

Sitogenetik çalışmalarda tür ve alt tür tespiti kromozomlar üzerindeki çalışmalarla ortaya konmaktadır. Özellikle memeliler ve böcekler gibi taksonomisinde

güçlükler bulunan grupların teşhisinde kromozomlar büyük kolaylık sağlamaktadır (Gülkaç, 1987).

2.1.1. Kromatin tipleri

İçermiş olduğu DNA çeşitlerine göre kromatinler iki gruba ayrılarak incelenmektedir. Bunlar; Ökromatin ve Heterokromatin'dir.

2.1.1.1. Ökromatin

Yapısal genlerin bulunduğu bölgeleri oluşturur, DNA dizilerinin ortalarında tekrarlanan ve tek dizelerden oluşup açık boyanan bölgelerdir. İnterfazda hücrelerin kromatininin büyük bir kısmı yoğunlaşmamıştır ve nükleus içerisine dağılmıştır. Bu durumda olan kromatin iplikçiklerine ‘‘ökromatin’’ adı verilir. İnterfaz çekirdeklerinde ökromatinin çoğu 30 nm'lik yaklaşık 50 ile 100 kb'lık DNA içeren geniş ilmekler içinde organize olmuştur ve iplikçik şeklinde gözükmektedir (Cooper, 1997).

2.1.1.2. Heterokromatin

Çok tekrarlanan DNA'dan meydana gelmiş ve yoğun boyanan bölgelerdir. İnaktif bölgeler olup sentezlenmeleri geç olmaktadır. Kromatinin yaklaşık % 10'u yüksek oranda yoğunlaşmıştır ve kopyalanma için inaktif durumdadır. Bu durumdaki kromatin iplikçikler heterokromatin bölgelerdir (Cooper, 1997).

Fakültatif heterokromatin, araya giren heterokromatin, Konstitutif heterokromatin olmak üzere üç türlü heterokromatin bulunmaktadır (Therman, 1986).

2.1.2. Kromozomun genel yapısı

Kromozom morfolojisinin incelenmesi için hücre bölünmesinde en uygun evreler metafaz ve anafazdır. Mikroskopta incelenen kromozomların bazı özel bölgeleri tespit edilmiştir ve bu bölgeler incelenmiştir. Şekil 2.2. de Bantlanmış bir kromozomda p ve q kollarında bulunan yapılar gösterilmiştir (Pergament ve Fiddler, 1998).

2.1.2.1.Sentromer

Memelilerde metafaz kromozomları üzerinde daralma şeklinde görülen özelleşmiş bölgelerdir. Kromozom kollarını birbirinden ayıran primer darlığa ‘‘sentromer’’ denilmektedir. Sentromer; mitoz ve mayozda kromozom segregasyonu ile ilgili esas bölgedir. Mikrotubullerin (iğ iplikleri) kromozoma bağlanma bölgesidir. Sentromer bölgesi yapısal olarak üç kısımdan meydana gelmiştir (Rattner, 1991).

i. Sentromerin dış yüzeyi boyunca uzanan kinetokor bölgesi,
ii. Sentral Bölge: Sentromerin ana bölgesidir,
iii. Sentromerin iç bölgesinde eşleşme bölgesi.

Hücre bölünmesi esnasında kromatidlerin birbirinden ayrılmasından sorumludur. Sentromeri olmayan bir kromozom hücre bölünmesine katılamaz. Kromozomlarda sentromerin bulunduğu daralma bölgesine ‘‘primer boğum’’ denir. Primer boğum; kromozom kollarının açı yapması ile sekonder boğumlardan ayrılır (Demirsoy, 1991; Akman, 1998). Bazı kromozomlarda primer boğum dışında ikinci bir boğum daha bulunmaktadır. Bu bölgeye ‘‘sekonder boğum’’ denir. Sekonder boğumlar, rRNA’ların ve çekirdekçiklerin oluşumu ile ilgilidir. Genellikle her hücrede sekonder boğum taşıyan en fazla iki kromozom bulunur. Bu kromozomlara “nükleolar kromozomlar” denir (Karol, 1998).

Sekonder boğumlar ribozomal RNA (rRNA) sentezini gerçekleştirmektedir. Bu boğumların üst kısmında satellit bulunur. Sekonder boğumların, satellitlerin ve primer boğumların yeri tür içinde değişmez bu sebeple türlerin genomik yapılarının analizinde önemli kriterler arasında yer almaktadır (Elçi, 1982; Karol, 1992).

Sentromerlerde bulunan bazı yapılardan yararlanılarak da kromozomlardan canlıların tür tespitleri kolaylaşmıştır. Örneğin, NOR’lar DNA’da rRNA genlerinin bulunduğu özel yerlerdir ve türden türe değiştiği görülmüştür. Bununla birlikte canlıların birçoğunda mikro kromozomlar da bulunmaktadır bu yapılar da türlere göre değişim göstermektedir (Denton, 1973).

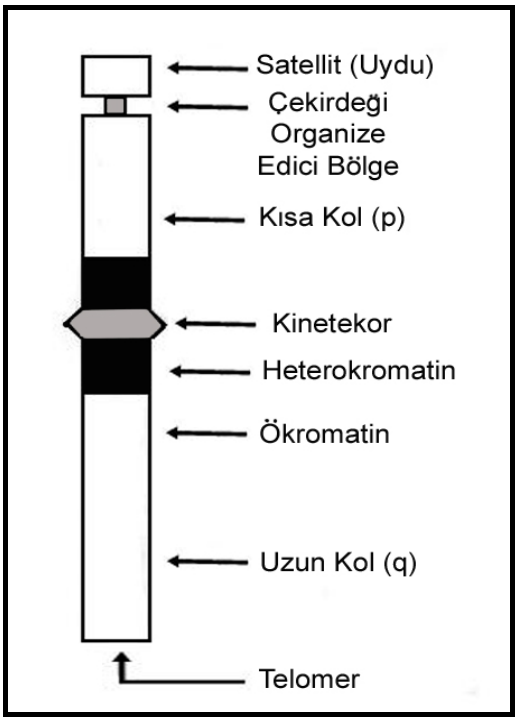
2.1.2.2. Satellit

Bazı kromozomlarda, bir uçta yer alan ince bir flament ile kromozoma bağlanmış yuvarlak veya silindir biçiminde bir yapı bulunmaktadır. Bu yapıya “satellit” ya da “ kinetekor ” denir. Satellitin çapı kromozomun çapına eşittir. Satellit bulunduran

kromozomlara “SAT- kromozom” adı verilmektedir. Satellitin görevi belli olmamakla birlikte DNA’dan yapılmış olduğu ve 10 kadar baz çifti taşıdığı anlaşılmıştır (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 1995; Akman, 1998).

2.1.2.3. Telomer

Ökaryotik hücrelerde kromozomun her iki kolunun ucunda “telomer” denilen özel nükleotit dizileri vardır. Telomer bölgeleri guanin ve timin nükleotitlerince zengindir. Hücrelerin yaşlanma süreleriyle telomer boyu arasında çok yakın bir ilişki vardır. Yaşlanan hücrelerde telomer boyunun kısaldığı kanıtlanmıştır. Telomerler hücrelerin biyolojik saatleridir. Hücresel yaşamın düzenlenmesinde rol oynarlar. Hücre içerisinde kromozomların birbirlerine dolaşmasını ve yapışmalarını önlerler. Mayoz I’in profaz safhasında homolog kromozomların ayrılmasına ve crossing-over olayına yardım ederler (Topaktaş ve Rencüzoğulları, 1995; Akman, 1998).



Şekil 2.2. Bantlanmış bir kromozomda p ve q kollarında bulunan yapılar (Pergament ve Fiddler, 1998).

Her kromozom p ve q koluna sahip olup p (petit=küçük) kısa ve q uzun kolu ifade eder. İnsanlarda 13., 14., ve 15. kromozomların p kolları çok kısadır. Bir karyotip yapıldığında daima q kolu altta ve p kolu da üsttedir (Shaw, 2000).

2.1.3. Kromozom tipleri

Kromozom morfolojisi en iyi hücre bölünmesinin metafaz ve anafaz safhalarında gözlemlenmektedir. Kromozomlar bu safhalarda en kısa ve en kalın silindir şeklinde olup tipik şekillerini gösterirler (Pergament ve Fiddler, 1998).

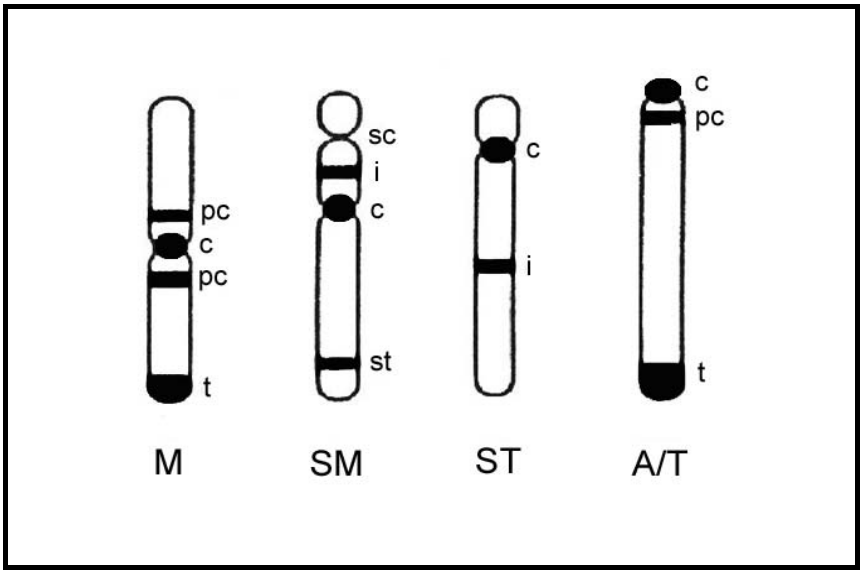
Genellikle metafaz plağındaki ölçüleriyle bilinen bir kromozom büyüklüğü ya da uzunluğu o canlı türü için sabittir; buna rağmen bir canlının çeşitli dokuları hatta aynı dokunun çeşitli hücrelerinden elde edilen değerlerde bile farklılıklar görülebilir. Kromozomların genel görünüşleri sentromerin bulunduğu yere ve konumuna bağlıdır. Buna göre kromozomlar metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik veya telosentrik olmak üzere dört grupta toplanırlar (Gülkaç, 1987). Şekil 2.3.te Kromozom morfolojisi ve bantların pozisyonu için kullanılan yaygın terminoloji gösterilmiştir (Hillis ve Moritz, 1990).

Metasentrik kromozom: Sentromer kromozomun hemen hemen tam ortasındadır. Kromozomun uzun kolu ve kısa kolu hemen hemen eşit uzunluktadır. Bu kromozomlar kutuplara çekilirken V harfi şeklinde görülürler.

Submetasentrik kromozom: Sentromer kromozomun tam ortasında olmayıp, kollardan biri uzun, diğeri daha kısadır. Başka bir ifadeyle; sentromer pozisyonun akrosentrik ve metasentrik kromozomlar arasında bulunması durumudur.

Subtelosentrik kromozom: Sentromer kromozomun bir ucuna daha yakındır.

Akrosentrik veya telosentrik koromozom: Sentromer kromozomun tam ucunda olup görülebilir ikinci bir kol yoktur.



Şekil 2.3. Kromozom morfolojisi ve bantların pozisyonu için kullanılan yaygın terminoloji. Kromozom morfolojisi: M, metasentrik; SM, submetasentrik; ST, subtelosentrik; A, akrosentrik; T, telosentrik. Bant pozisyonları: c, sentrometrik; pc, perisentrik (perisentromerik); i, intersitial; sc, sekonder constriction (ikincil boğum); t, telomerik (terminal); st, subtelomerik (Hillis ve Moritz, 1990).

2.2. Karyotip

Karyotip çalışmaları sitogenetik alanının gelişmesiyle birlikte önem kazanmıştır. Karyotip bir türe ya da bir bireye ait kromozom morfolojisi, sayısı ve büyüklüğünü ifade eder. Hücre bölünmesinin metafaz safhasında kromozomlar belirgin hale gelir böylelikle karyotip hakkında değerlendirmeler ve tanımlamalar metafaz safhasında gerçekleştirilir. Bu yöntemlerle türlerin belirlenmesi ya da aynı tür içindeki kromozomal sitotiplerin ortaya çıkarılması sağlanmaktadır. Birçok genetik hastalık, kromozomların kaybolması, kırılması veya çoğalması sonucu olur. Sitogenetikçi olarak isimlendirilen bilim adamları karyotip çalışmalarıyla, bu kromozomal anormalliklerin çoğunu tespit etmektedirler ancak karyotipleme ile genlerdeki küçük mutasyonlar ve oluşan mutasyonların türü görülemez (Anonim, 2006a).

Bireysel karyotipler 2n'li kromozomları kullanma, otozomal kolların sayısı (NFa), dişilerdeki toplam kromozom kolları (NF), sentromerin pozisyonuna göre bireysel kromozomların sınıflandırılması gibi hususlara göre tanımlanırlar. Karyotip çalışmalarında kromozom morfolojileri sentromer indekslerine göre belirlenir ve Akrosentrik (A), Subtelosentrik (St), Submetasentrik (Sm) ve Metasentrik (M) kromozomlar arasındaki farklar çıkarılır (Hillis ve Moritz, 1990).

2.2.1. İdiyogram

Kromozomların benzer olanları kesilip eşleştirilip, çiftler halinde yeniden düzenlenirse elde edilen şekle ‘‘karyotip’’ ya da ‘‘idiyogram’’ denir (Anonim,2006b).

Bir idiyogram yapılması için kromozomların çizimi veya fotoğrafları, ölçümü, sentromer indeksleri, kol oranları ve nispi uzunluklarının hesaplanması gerekmektedir. İdiyogram, sentromer pozisyonu ve uzunluk (boy) azalış sırasına göre kromozomların haploid bir unsurunun şema halinde (düz hatlar şeklinde) düzenlenmesidir. İdiyogram, iki veya daha çok organizma türünün özelliklerini karşılaştırmada kullanışlıdır. İdiyogram hazırlamak için, bir bireyin kromozomlarının büyükten başlayarak kısa ve uzun kol boylarının ortalama değerleri bulunur. Kâğıda çizilen yatay eksen üzerine belli bir oranda kromozomların ortalama kol boylarını belirleyen 3-4 mm’lik kalın dik çizgiler halinde kromozomların önce uzun kolu çizilir. Sonra, 1 mm kadar sentromerin yerini belirleyen bir aralık bırakılır. Aynı kalınlıktaki çizgi ile devam edilerek kromozomun kısa kolu belirtilir. 5 mm aralık bırakılarak ikinci kromozomun aynı kalınlıktaki bir çizgi ile önce uzun kolu çizilir. Sonra 1 mm sentromer yeri olarak boş bırakılır. Aynı kalınlıkta kısa kol belirlenir. Böylece, çizgi ile bireyin bütün kromozomları çizilerek idiyogram hazırlanır. İdiyogramlar türün veya alt türün birkaç farklı bireyinden alınan kromozom takımının gerçek değerlerinin ölçümleri ile kol uzunlukları ve kromozom takımının diğer değerleri ortalama değerler olarak ifade edilebilmektedir (Macgregor ve Varley, 1983).

2.3. Nükleolus Organizatör Bölgeler (NORs)

Nükleolus (Çekirdekçik), RNA polimeraz I ile yüksek oranlarda RNA genlerinin transkripsiyonunu sağlayan iri DNA loblarını içerir. Bu DNA lobları ‘‘NOR’’ olarak adlandırılır (Alberts ve ark., 1983). 18S ve 28S rRNA genlerinin hibridizasyon in situ veya Ag-NO_3 ile pozitif boyanan bölgeleri ‘‘Nucleolar Organizatör Bölgeler (NORs)’’ olarak tanımlanır. rRNA genleri (rDNA) belirli kromozomlar üzerinde taşınmaktadırlar. Hücre bölünmesinin interfaz safhasında kromozomların rRNA geni taşıyan kısımları nükleus (çekirdek) içinde belirli bölgelerde toplanır ve bu bölgeler interfazda koyu boyanır. Koyu boyanan bu bölgelere ‘‘Nükleolus’’ ismi verilir (Alberts ve ark., 1989; Fischer ve ark., 1991; Schwarzacher ve Wachtler, 1993).

Nükleolusun rRNA ve protein sentezinde görev aldığı 1960'larda keşfedilmiştir. Hücredeki nükleolusun büyüklüğü de protein sentezi aktivitesi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Protein sentezi bakımından aktif olmayan bazı bitki ve hayvan hücrelerinde çok küçükken, protein sentezi aktif olan hücrelerde toplam çekirdek hacminin yaklaşık %25'ini oluşturmaktadır (Alberts ve ark., 1989; Schwarzacher ve Wachtler, 1993).

Canlı hücrelerde protein sentezi ribozomlarda gerçekleşmektedir. Ökaryotlarda ribozomlar 60S ve 40S'lik ribozomun alt ünitelerin bir araya gelmesiyle oluşan sitoplazmik organellerdir (Schwarzacher ve Wachtler, 1993). S değeri; DNA parçasının Sezyum klorid equilibrum sedimantasyon yöntemine göre; sedimantasyon sabitesi: 1S=10-13'tür (Acar, 1993). Ribozomlara ve ribozom bileşeni olan rRNA (ribozomal RNA)'ya ihtiyaç duyulmaktadır (Gaffaroğlu ve Yüksel, 2005). Ribozomal RNA (rRNA)'lar ve ribozomal RNA genleri (rDNA) taşıyan kromozomlardan RNA polimeraz I ve RNA polimeraz III tarafından transkribe olarak ribozomlar meydana gelir böylelikle hücrenin ribozom ihtiyacı karşılanmış olur (Fischer ve ark., 1991).

RNA polimeraz I, ribozomal RNA genlerini transkribe ederken DNA topoizomeraz ile işbirliği yaptığı, DNA topoizomeraz enziminin olmadığında transkripsiyon işleminin gerçekleşmediği bilinmektedir (Rose ve ark., 1988; Schwarzacher ve Wachtler, 1993). DNA topoizomeraz enzimin görevi çift sarmallı DNA'yı ayırıp tek sarmallı hale getirmektedir, ayrıca DNA transkripsiyonunda görev alan bir enzimdir (Acar, 1993). RNA polimeraz I tarafından transkribe edilen rRNA'lar 45S rRNA olarak bilinir. 45S rRNA 13.000 nükleotid uzunluğunda olup üretilen bu 45S rRNA transkriptleri small nükleer ribonükleoproteinler (snRNP) tarafından sarılarak endonükleer nükleazların yıkıcı etkisinden korunmaktadırlar. Nukleolusta bol miktarda snRNP proteinleri bulunmaktadır bu proteinler üretilen rRNA transkriptlerini hemen sararak endonükleazların etkisinden korurlar. 45S rRNA üretilip ve snRNP'lerle sarıldıktan sonra sitoplazmaya geçişleri hemen olmaz. Bu RNA'lar RNA processing (kırpılma) adı verilen işlemden geçerek intergenik bölgeler uzaklaştırılır böylelikle 5.8S, 18S ve 28S rRNA'lar oluşur (Alberts ve ark., 1989; Schwarzacher ve Wachtler, 1993). 5.8S=160 nükleotid, 18S=2000 nükleotid, 28S=5000 nükleotid içermektedir. Geriye kalan 6000 nükleotidlik kısım çekirdek içerisinde endonükleazlar tarafından parçalanır. 18S'lik rRNA'lar sitoplazmaya geçerek 40S'lik ribozomal alt ünitelerini oluşturur (Fischer ve ark., 1991).

RNA polimeraz III, 5S rRNA transkriptlerin üretilmesini sağlar. Bu rRNA transkriptleri de 45S rRNA transkriptleri gibi snRNP'ler tarafından sarılarak RNA polimeraz I tarafından üretilen 5.8S rRNA ve 28S rRNA'larla birleşerek sitoplazmaya geçerler 60S'lik büyük ribozomal alt ünitesini oluştururlar. (Fischer ve ark., 1991; Schwarzacher ve Wachtler, 1993).

Nükleolus içerisinde bol miktarda ‘‘nükleolin’’ adı verilen bir madde bulunmaktadır. Bu madde sadece rRNA transkriptlerini kaplar ve gümüş boyayla karakteristik olarak boyanmaktadır (Alberts ve ark., 1989; Schwarzacher ve Wachtler, 1993).

Nukleolar kromozomlarda bulunan NOR'lar bazen sekonder boğumla ilişkili iken bazen hiç ilgisi olmayabilir. Bu durumda NOR genellikle nukleolar kromozom kolunun ucunda oluşur. Kemirgenlerde olduğu gibi NOR nukleolar kromozom kolunun ucunda oluşmuşsa, bu şekildeki nukleolar kromozomların metafaz evresinde ikincil boğum görülmez. NOR üzerindeki ribozomal genler, belli aralıklarda bölgeler bırakarak DNA molekülü boyunca dizilirler. Aralık bölgelerde RNA transkripsiyonu yapılmadığı halde genlerde RNA transkripsiyonu yapılmaktadır. Ömrü yaklaşık 15 dakika kadar olan her RNA molekülü metilasyona uğrayarak kırpılma adı verilen ilerleme olayı ile 18S, 28S ve 5.8S olmak üzere alt bölümlere ayrılır (Ozban, 1994).

rRNA genlerini içeren ve kromozomlarda bulunan nukleolus bölgelerine ‘‘NOR’’ denilmektedir. NOR'lar kromozomlardaki DNA, RNA ve Histon proteinleri alkali koşullarda (NOR'la ilişkili proteinlerle) gümüş nitratla reaksiyona girerek NOR'lar ortaya çıkarılabilir. Bu gümüş nitratla boyanan nonhiston proteinler, rRNA genlerinin transkripsiyona katıldığını gösterir. Birçok varyantda orijinal teknikler bulunmaktadır (Hayes ve Dutrillaux, 2000).

2.4. Kromozom Bantlama Yöntemleri

2.4.1. C- bantlama

C- bantlama sentromer bantlama tekniği olup konstitutif heterokromatin, mitoz da olduğu kadar interfazda da koyu boyanmış materyal olarak kendini gösteren yapısal kromozom materyalidir (Denton, 1973). Genetiksel olarak aktif olmayan bölgeleri boyayan bir metottur. Konstitutif heterokromatinin gösterilmesine ‘‘C- Bantlama’’ denir. C-bantlama yönteminde etki genellikle, telomerler üzerindeki heterokromotin

bloklarında ve akrosentrik veya metasentrik kromozomların sentromerlerinde görülür. Koyu boyanan C-bantlar, sentromere yakın kromozom bölgelerini ve polimorfizm olup olmadığını göstermek amacıyla kullanılmaktadır. Koyu bantların DNA'ları S evresinde daha geç replike olmaktadır. Bu bölgeler A-T bazları bakımından oldukça zengindir ve çok az sayıda aktif gen içermektedirler. Aynı türün bütün bireylerinin karyotiplerinde bantların sayıları ve konumlarının aynı olması gerektiği için, bu yöntem translokasyon, inversiyon, duplikasyon ve delesyon gibi kromozom anomalilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Atlı, 2005).

Heitz, 1928 yılında ilk kez heterokromatini keşfetmiş ve interfaz hücresinin nükleusunda görülen daha koyu bölgeler olarak tanımlamıştır. Gerek nükleus gerekse kromozom üzerindeki heterokromatin bölgelerin DNA'sı sıkı bir şekilde paketlenmiştir.

Nükleus üzerindeki daha koyu bölgelere heterokromatin bölgeler ve açık olan diğer bölgelere ''ökromatin'' denir (Balicek ve ark., 1977; Sumner, 2003). Bu bölgeler oldukça sıkı olmakla birlikte metafazdaki kadar sıkı değildir. Nükleus periferindeki yaklaşık 30 nm'lik paketlenmiş heterokromatin bölgeler o türün kromozomlarının ya tamamında ya da belirli kromozom sayısı üzerinde çeşitli yerlere dağılmışlardır. Heterokromatin bloklar (C-bantlar) tekrar eden DNA bölgelerini içerir ve bu bölgeler aktif değildir. Bundan dolayı türe özgü olan bu blokların aktif olmaması nedeniyle bozulma olasılığı düşük olup nesiller boyu yapısı korunabilmektedir (Varley ve ark., 1980; Sperling ve ark., 1987).

DNA'nın bu özelliğinden dolayı heterokromatin bölgeler kromozom üzerinde tespit edilerek tür ayrımında kullanılmaktadır (Arslan ve Arslan, 2007). Tekrar eden bu DNA bölgeleri A+T bazlarından oluşmaktadır. Bu bazların uzunluğu 2 baz çiftinden 1.000 baz çiftine kadar değişmektedir (Beridze, 1986; Sumner, 1990).

2.4.2. Ag- NOR bantlama

Gümüş boyama; NOR ile ilgili Nonhiston proteini geçici olarak iyonik gümüş ile bağlanarak gümüş indirgenir, gümüşün indirgenmesiyle birlikte reaksiyon meydana gelir (Pekol, 2000). NOR bantlamanın temelinde, rDNA'lardan transkribe edilen rRNA'ları koruma altına alan nükleolinlerin gümüşü kendilerine bağlayabilme özelliğine dayanmaktadır. Bundan dolayı NOR bantlama yöntemi gümüş nitrat ile gerçekleşmektedir. Yapılan karyotip çalışmalarla birlikte bu teknik uygulandığında

kromozom üzerinde bulunan aktif NOR bölgeleri tespit edilmekte ve sayıları belirlenmektedir (Verma ve Babu, 1989).

Tüm akrosentrik kromozomlar her zaman eşit boyanmazlar. Çünkü farklı bireylerin akrosentrik kromozomlarında boyanma farklı miktarlarda olabilir. Kalıtsal özelliklere bağlı olarak ortaya çıkan polimorfizmde ve bu bölgelerde normal olmayan durumları tanımlamada da kullanılabilen bir yöntemdir (Denton, 1973).

Kromozom üzerindeki özel işaretleyici konumu nedeniyle genel olarak NOR'lar sistematik ve taksonomik işaretleyici olarak kullanılmışlardır. Kromozomlarda bulunan NOR'lar gümüş nitrat ile yoğun bir şekilde boyanmaktadırlar. NOR özel olarak boyanabilen bir bölgedir. Işığı kırar, bu özelliğinden dolayı çok belirgin bir şekilde görünür (Gaffaroğlu, 2003).

NOR'lar genellikle kromozomun kısa kolunun (p) ucundadır. Ancak uzun kolun ucunda, kromozomun ortasında ve sentromere bitişik pozisyonda da görülebilir. NOR'un varlığı, türler arasında ve türler içinde, populasyonlar arasında ve populasyon içinde, hatta birey içindeki, sayısı ve morfolojisi değişebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı NOR, varyasyonların karşılaştırılmasın da, türleşmelerin belirlenmesinde ve açıklanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca NOR, taksonomik çalışmalarda türler arasındaki akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Gold ve Zoch, 1990).

Tür içi ve türler arası heteromorfizmin dört kategoride değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Bunlar; genom başına mutlak NOR sayısı, NOR'ların pozisyon ve kromozomal yerleşimi, NOR'ların büyüklüğü, hücre başına aktif NOR'ların dağılımı, genom başına düşen mutlak NOR sayısı ve NOR'ların kromozomal yerleşimi türler arası heteromorfizmin belirlenmesinde kullanılırken, NOR'ların büyüklüğü ve hücre başına aktif NOR'ların dağılımı tür içi heteromorfizmin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Amemiya ve Gold, 1986).

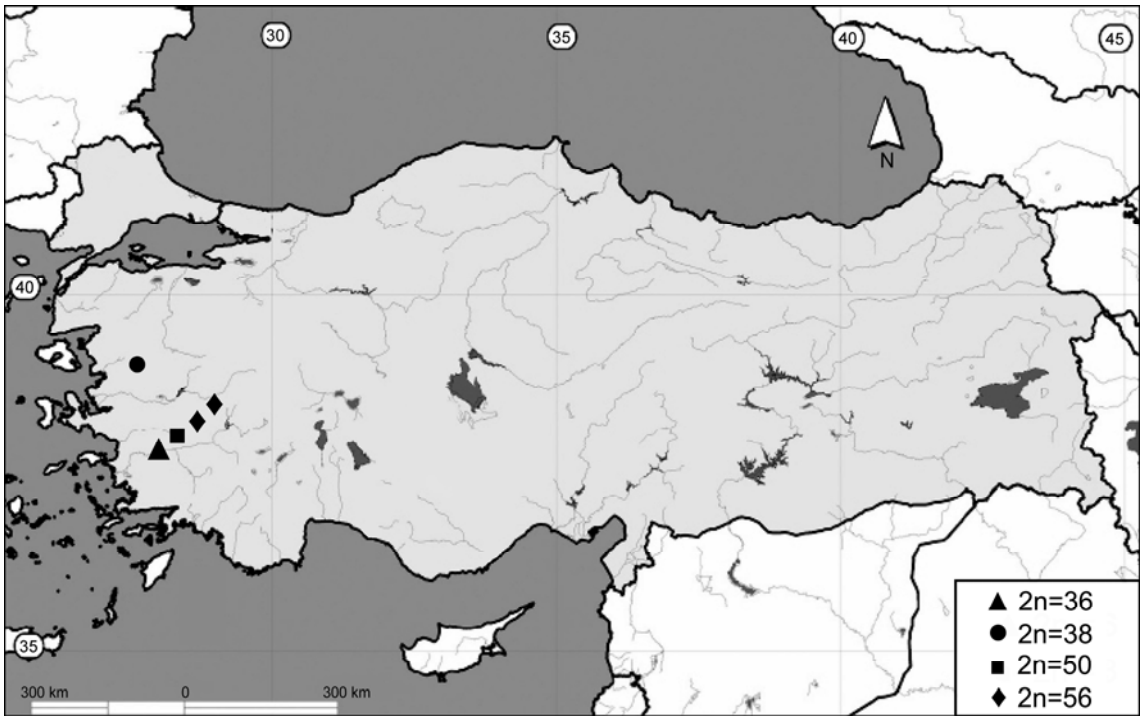
Tür içi NOR heteromorfizmin değerlendirildiği başka bir çalışmada tür içi NOR heteromorfizmi üç tipte tanımlanmıştır. Bunlar; birinci tip, NOR büyüklüğü veya NOR boyu heteromorfizmi olup bu tipin homolog kromozomların NOR'ları farklı büyüklüktedir. İkinci tip, NOR silinmesi olup iki homolog kromozomun bir tanesinde NOR silinmiştir. Üçüncüsü, NOR aktivite heteromorfizmidir (Pekol, 2000). Gümüş boyama tekniği ile üç tip heteromorfizmden, NOR büyüklüğü ve NOR silinmesi ile ilgili heteromorfik durumların belirlenebileceği rapor edilmiştir. NOR aktivite

heteromorfizminin ise kromomiyosin A_3 (CMA_3) gibi özel boyalar ile belirlenebileceği belirtilmiştir (Amemiya ve Gold, 1986).

Coğrafik izolasyon nedeniyle gen alışverişi sınırlı olan türlerde karyotip ve NOR çeşitliliği artmaktadır. Bu bakımdan bu türlerin küçük ancak izole populasyonların da bile farklı karyotiplere rastlanmaktadır (Gaffaroğlu ve Yüksel, 2005).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Ege Bölgesinden 2n = 36, 38, 50 ve 56 sitotiplerine ait toplam 13 kör fare örneği incelendi (Şekil 3.1 ve 2).



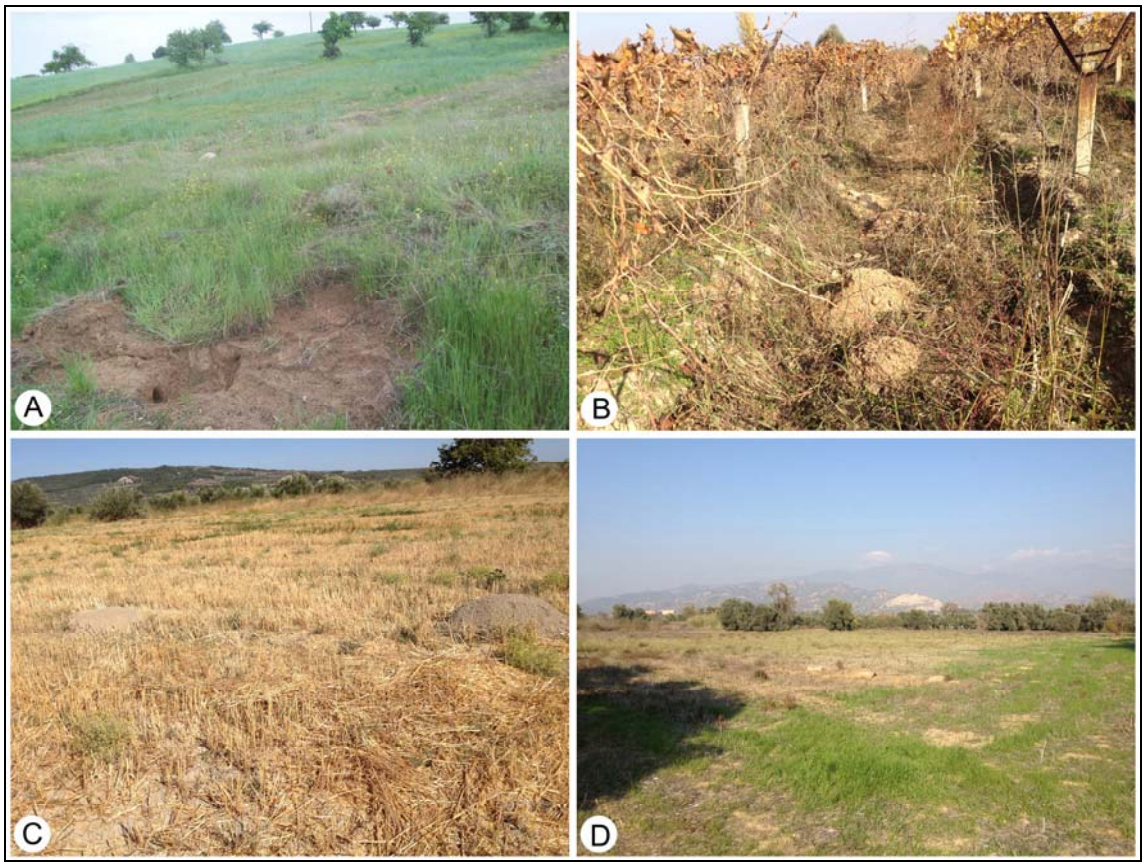
Şekil 3.1. Araştırmanın yapıldığı Ege Bölgesi'ndeki kör fare örneklerin toplandığı lokaliteler. Aydın ili Kemer Mezarlığı (▲), Manisa ili Kırkağaç ilçesi (●), İzmir ili Kiraz ilçesi (■) ve Manisa ili Alaşehir ve Kula ilçeleri (♦).

Örneklerin lokaliteleri, yakalanan örnek sayıları ve karyolojik sonuçları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Hayvanları canlı yakalamak için Arslan (2013) tarafından geliştirilen metal boru kapan kullanıldı. Arazi çalışmalarında ilk olarak bir kör fareye ait taze tümsek belirlendi. Bu tümseğe ait tünel tespit edildi ve açıldı. Tünel, kapanın uzunluğundan daha fazla olacak şekilde kazıldı. Eğer tünel karşılıklı ise kapanın iki katı olacak şekilde tünel kazıldı.

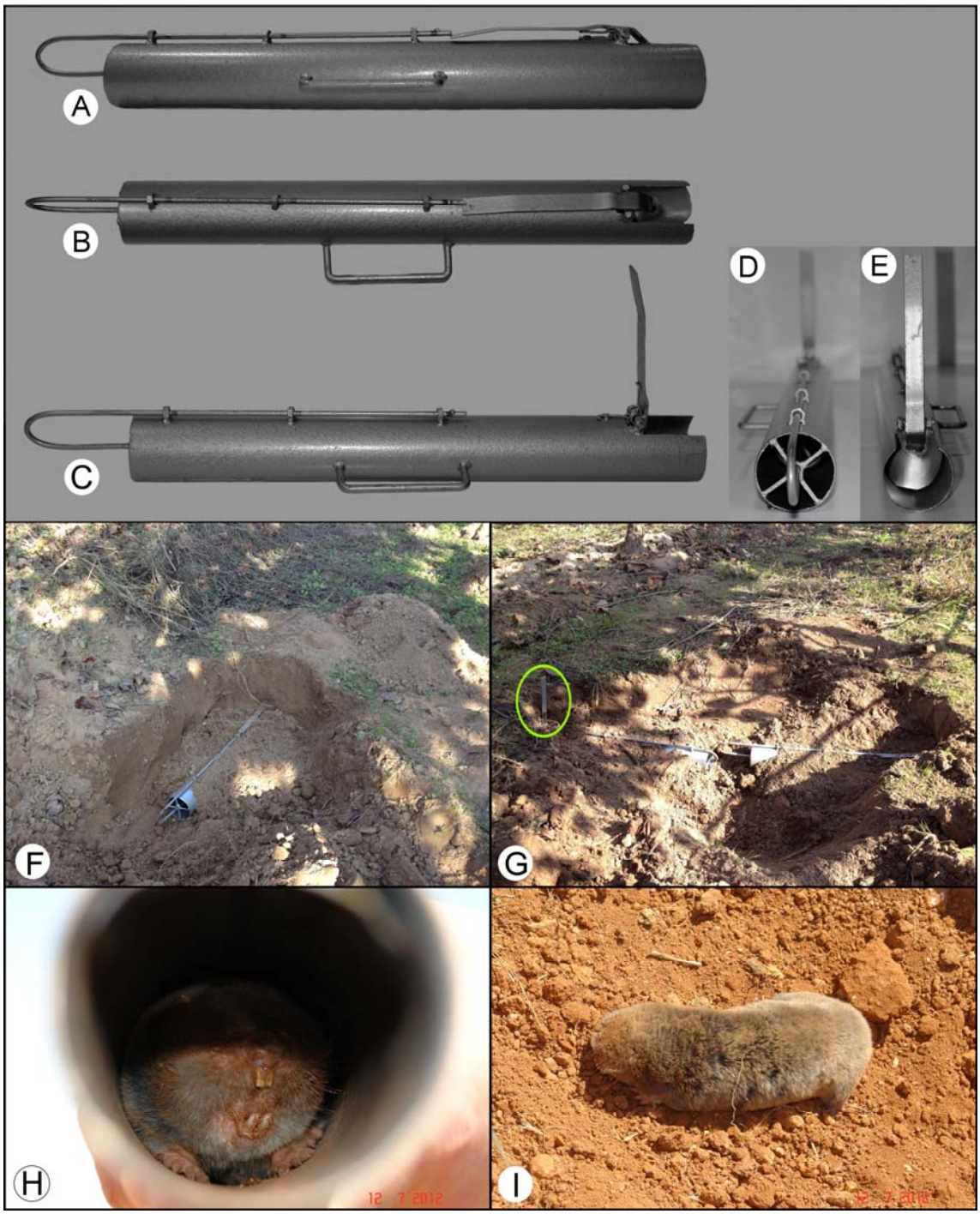
Çizelge 3.1. Ege Bölgesinden elde edilen kör fare örneklerinin lokaliteleri.

2n	Örnek sayısı (n)		NF	NFa	X	Y	Lokalite
	♂♂	♀♀					
36	-	2	70	66	m	-	Aydın (Kemer Mezarlığı)
38	-	2	74	70	m		Manisa (Kırkağaç)
50	2	-	72	68	sm	a	İzmir (Kiraz)
56	2	-	72	68	sm	a	Manisa (Kula)
56	3	2	74	70	sm	-	Manisa (Alaşehir)

Böyle durumlarda hayvanın hangi yönden geleceği bilinmediğinden iki kapan karşılıklı kuruldu. Kapanın kurulacağı toprak zemin, tünelin alt kısmı ile aynı seviyeye indirildi. Kapan, kapak kapalı iken tünele yerleştirildi. Eğer tünelin çapı kapandan küçük ise tünel kapanın sağa ve sola hareket ettirilmesiyle genişletildi ve kapan tünele yerleştirildi. Bazı tünellerin ise çapı kapanın çapından büyüktü. Bu durumda kapan tünelin ağzına kurulduktan sonra boşluklar çamur ile kapatıldı. Bundan sonra kapanın kapağını yukarı kaldırmak için sap aşağıya bastırıldı. Tetik sapın üzerine hafifçe gelecek şekilde yerleştirildi. Böylece kapan hassas bir şekilde kuruldu. Daha sonra kapanın üzeri tamamen toprak ile örtüldü (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Araştırmanın yapıldığı Ege Bölgesindeki kör fare örneklerin toplandığı Manisa ili Kula (A) ve Alaşehir (B) ilçesi, Manisa ili Kırkağaç ilçesi (C) ve Aydın ili Kemer Mezarlığı yakını (D).



Şekil 3.3. Bu araştırmada Arslan (2013) tarafından kör fareleri canlı yakalamak için geliştirilen metal boru tipi kapanın kullanımı. Kapanın çeşitli açılardan görünümü (A, B, C, D, E), arazide kör fare tünellerine kapanın kurulması (F) ve örneğin yakalanması (G) (karşılıklı kurulan iki kapandan soldaki kapanın yeşil halka içinde gösterilen kurma kolunun havaya kalkmasıyla hayvanın yakalandığı anlaşılmaktadır), kapan içindeki yakalanmış (H) ve bırakılmış örnek (I).

Kapan ile yakalanan örnekler karyolojileri yapılmak üzere laboratuvara getirildi. Karyolojik olarak değerlendirilecek örnekler üzerinde "Colchicine Hypotonic Citrate" tekniği (Ford ve Hamerton, 1956) uygulanarak her bir canlı örneğin karyotip analizi yapıldı. Hayvanlar eter ile bayıltılarak intraperitonal olarak 1 g vücut ağırlığı başına

0.01 ml, % 0.1'lik kolşisin enjekte edildi. Enjeksiyondan 3 saat sonra, hayvanlara servikal dislokasyon uygulanarak derhal ölmeleri sağlandı. Hayvanların femurları alındı. Hayvanların femurlarından kemik ilikleri % 1'lik sodyum sitrat enjeksiyonu ile tüpler içinde toplandı. İyi bir süspansiyon elde etmek amacıyla tüpler 1 dk süresince şiddetlice sallandı. Tüpler 37°C'de 15 dk inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonrasında tüpler 6 dk 900 rpm'de santrifüj edildi. Santrifüjden sonra hücre yığınının dağılmamasına dikkat edilerek süpernatant atıldı ve hücre yığınının üzerine 3 ml fiksasyon solüsyonu (3 kısım metanol +1 kısım asetik asit) eklendi. Daha sonra oda sıcaklığında 15 dk fiksasyon için inkübasyona bırakıldı.

Hücreler fiksasyon sonrasında sallanarak tekrar süspansiyon haline getirildi ve 6 dakika 900 rpm'de santrifüj edildi. Süpernatant, hücre yığını dağıtılmadan alındı ve atıldı. Hücre yığını üzerine 3 ml fiksasyon solüsyonu (3 kısım metanol +1 kısım asetik asit) eklenerek yukarıdaki işlem tekrar edildi. Daha sonra bu yıkama işlemi 3-4 kez tekrarlandı. Son yıkamadan sonra hücreler 1 ml fiksatif solüsyonu (3 kısım metanol +1 kısım asetik asit) içinde süspanse edildi ve bu hücre süspansiyonu bir pipet yardımı ile alınarak kimyasal olarak temizlenmiş lamlar üzerine 2-3 damla damlatılarak preparatlar hazırlandı. Daha sonra lamlar bir gün süreyle havada kurutulmaya bırakıldı. Yapılan çalışmalarda aynı bireye ait hazırlanan preparatlar Giemsa boyama, C-bantlama ve bir kısmı da NOR bantlamaya tabi tutuldu. C-bantlama; Sumner (1972)'ın ve Ag-NOR boyama Howel ve Black (1980)'in tekniğine göre yapılmıştır.

3.1. Standart Giemsa Boyama

Kullanılan çözeltiler: a) 10 ml giemsa 90 ml söransan fosfat tamponu ile karıştırılarak hazırlandı**.**

Yapılışı: Hazırlanan preparatların tamamı kurutulduktan sonra 10-15 dk %10'luk söransan giemsa boya solüsyonunda bekletildi.

3.2. C- Boyama

Kullanılan çözeltiler: a) 0,2 N HCl: 0,7246 ml HCl 100 ml bidistile suya dilue edilirler.

b) %5'lik $Ba(OH)_2$ (Baryum hidroksit): 5 g $Ba(OH)_2*8H_2O$ 100 ml bidistile suyla karıştırılırlar. Ayran görünümünde olan solüsyonlar, kapaklı şişelerde 37°C'de etüvde saklanırlar.

c) 2XSSC (2X Standart tuzlu sitrat) solüsyonu: 1,7530 g NaCl (Sodyum klorür) 100 ml bidistile suda çözünür. 0,8823 g Na-Sitrat 100 ml bidistile suda çözünür. İki solüsyon birbiriyle karıştırılırlar.

d) Söransan fosfat tamponu: 11,88 g HPO_4 1.000 ml bidistile suda çözünür (Stok). 9,08 gr KH_2HPO_4 (Potasyum-di-hidrojen fosfat) 1.000 ml bidistile suda çözünür (Stok). Behere önce bir miktar Na_2HPO_4 solüsyonu konur. Üzerine KH_2HPO_4 ilave edilerek pH= 6,8'e ayarlanır.

e) Boya solüsyonu: 49 ml Söransan tamponu içine, 1 ml Giemsa ilave edilerek hazırlanır.

Yapılışı: C-bantlama, Sumner (1972)'ın metoduna göre yapılmıştır. Preparatlar oda sıcaklığında 1 saat 0,2 N HCl solüsyonu içinde bekletildiler. Preparatlar beher içindeki distile suda 3-4 kez çevrildikten sonra çıkarıldılar. 37°C'de etüvde saklanan %5'lik $Ba(OH)_2$ solüsyonu 100 ml'lik beherin içine karıştırılarak aktarıldı. Beher içindeki ayran görümünde solüsyon 50°C'lik etüve konuldu. Solüsyonun sıcaklığı 50°C oluncaya kadar bekletildi. Preparatlar beher içine daldırıldı ve 15 dk beklendi. Beher içindeki distile suda çalkalandılar. Preparatlar, 60°C su banyosuna yarım saat önce konan ve içinde 2xSSC bulunan 100 ml'lik beher içinde 1 saat bekletildi. Beher içindeki distile suda çalkalandılar. 1,5 saat %2'lik giemsa boyası içinde boyandılar. Beher içindeki distile suda çalkalandılar ve havada kurutuldular.

3.3. Ag- NOR Boyama

Kullanılan çözeltiler: a) %50'lik Gümüş Nitrat çözeltisi: 1 g $AgNO_3$, 2 ml distile su içinde çözünür. Alüminyum folyo ile sarıldı ve buzdolabında (+4°C) saklandı.

b) Amonyak çözeltisi: 6,4 ml NH_3, 3,6 ml su ile karıştırılarak stok solüsyonu hazırlandı.

c) Amonyak-Gümüş Nitrat çözeltisi: 0,5 gr $AgNO_3$ üzerine stok amonyak solüsyonundan 1,25 ml ilave edildi ve karıştırıldı. Alüminyum folyo ile sarıldı. +4°C'de saklandı.

d) %35'lik Formaldehit çözeltisi: 3,5 ml Formaldehit üzerine 6,5 ml distile su ilave edilerek karıştırıldı.

Yapılışı: NOR bantlama, Howell ve Black (1980)'in "One-Step" metoduna göre yapılmıştır. Materyalin lam üzerine alınıp kurutulmasından sonra preparatlar 5-7 gün kadar bekletildi. Preparatların yayma olmayan bir köşesine 140 µl %50'lik gümüş nitrat ($AgNO_3$) çözeltisi, diğer köşesine 70 µl koloidal geliştirici, pipetle damlatılarak iki sıvı karıştırıldı. Yaymanın üzerine gelecek şekilde solüsyon üzerine lamel kapatıldı. Isıtıcıda 70°C'de 30 sn bekletilip preparatın renginin altın-kahverengiye döndüğü gözlendi. Preparat ısıtıcı üzerinden kaldırıldı ve üzerindeki lamel alındı. Preparat distile suda yıkandı. Kurutma kağıdı üzerine bırakılarak kuruması beklendi. Gümüş nitrat ($AgNO_3$) boyama işlemini takiben lamlar, her birinde 30 sn tutulmak suretiyle 2 kez aseton, 1 kez 1:1 aseton: ksilol ve 2 kez de ksilol ihtiva eden dehidrasyon banyolarından geçirildi. Banyo işlemi tamamlandıktan sonra lamlar havada kurutuldu. Tamamen kuruduktan sonra lamların üzerine 1-2 damla entellan damlatılarak lamelle kapatıldı.

Standart giemsa, NOR ve C boyama yapılarak daimi hale getirilen preparatların kromozom morfolojileri, C ve NOR fenotipinin belirlenmesi için incelenmiş, uygun yaymalardaki metafazlar dijital kameralı ışık mikroskobuyla (Olympus kamera BX-51 Microscope with olympus DP-71 Dijital Camera System) fotoğrafları çekildi. Görüntüler, dijital görüntü analiz programıyla (DP2-BSW, Olympus corporation, Ver. 1.2, 2006) değerlendirildi. Diploid kromozom sayısı (2n), temel kromozomların sayısı, metasentrik, submetasentrik ve subtelosentrik kromozomların ayrımı Levan ve ark. (1964)'na göre yapıldı (Çizelge 3.2). Karyotipler, kromozom morfolojisi çok iyi görülen ve tam metafaz safhasında bulunan hücrelerin fotoğrafları bilgisayar ortamına aktarılarak görüntülendi. Homolog olan kromozomlar belirlenerek kesilip çıkartıldı ve en uzundan başlayarak eşler halinde yan yana getirilerek bir eksen üzerine yerleştirildi. Her birinde en uzun kromozoma sahip olan iki homolog kromozoma, "1 numaralı kromozom" adı verilmiştir. Sırası ile diğerleri de numaralandırılmıştır.

Çizelge 3.2. Levan ve ark. (1964)'ına göre kromozom morfolojilerinin terminolojisi.

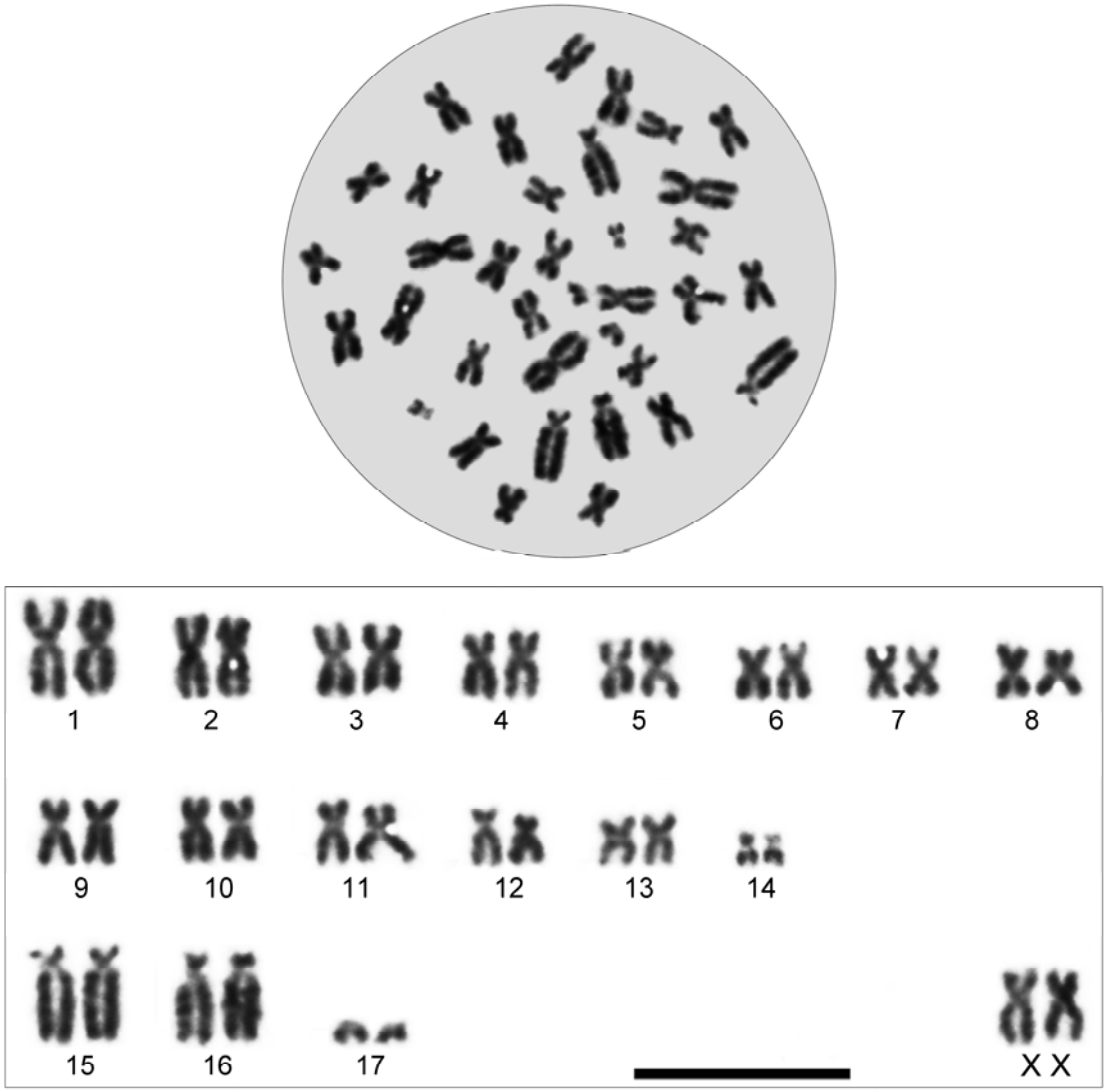
Sentromer indeks	Terminoloji
0,00-0,12	akrosentrik (a) veya telosentrik (t)
0,13-0,25	subtelosentrik (s)
0,26-0,38	submetasentrik (sm)
0,39-0,50	metasentrik (m)

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Standart Giemsa Boyama

4.1.1. 2n=36 kromozomal sitotipi

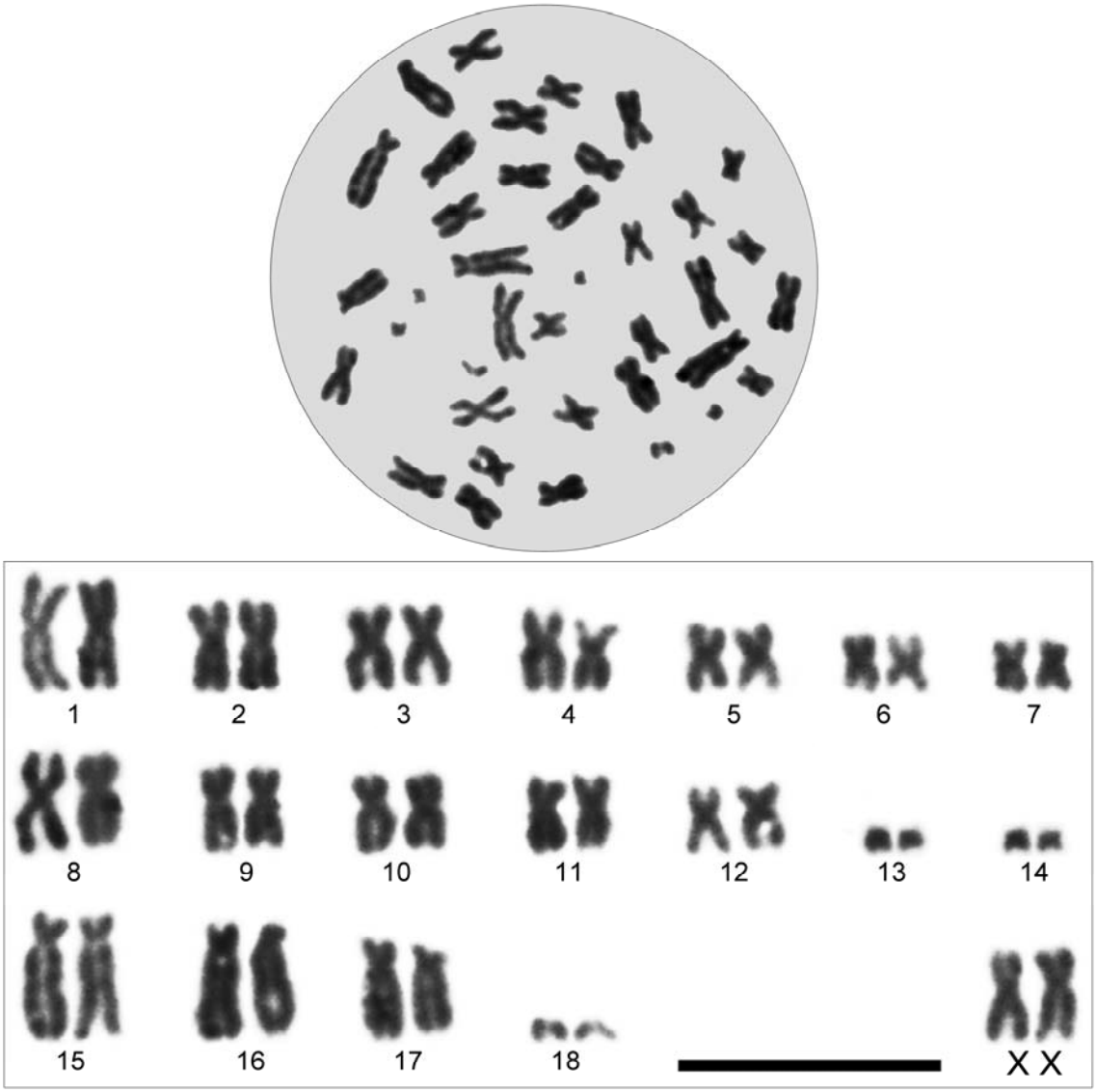
Aydın il merkezindeki Kemer Mezarlığından elde edilen (2 ♀♀), 2n=36 kromozomal sitotipin temel kromozomal kol sayısı (NF) 70, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 66'dir. Kromozom setinde 8 çift metasentrik, 6 çift submetasentrik, 2 çift subtelosentrik ve 1 çift akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. X kromozomu orta büyüklükte bir metasentriktir (Şekil 4.1 ve 16), (Tablo 4.1).



Şekil 4.1. Aydın ili Kemer Mezarlığındaki 2n=36 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi. Bar = 10 µm.

4.1.2. 2n=38 kromozomal sitotipi

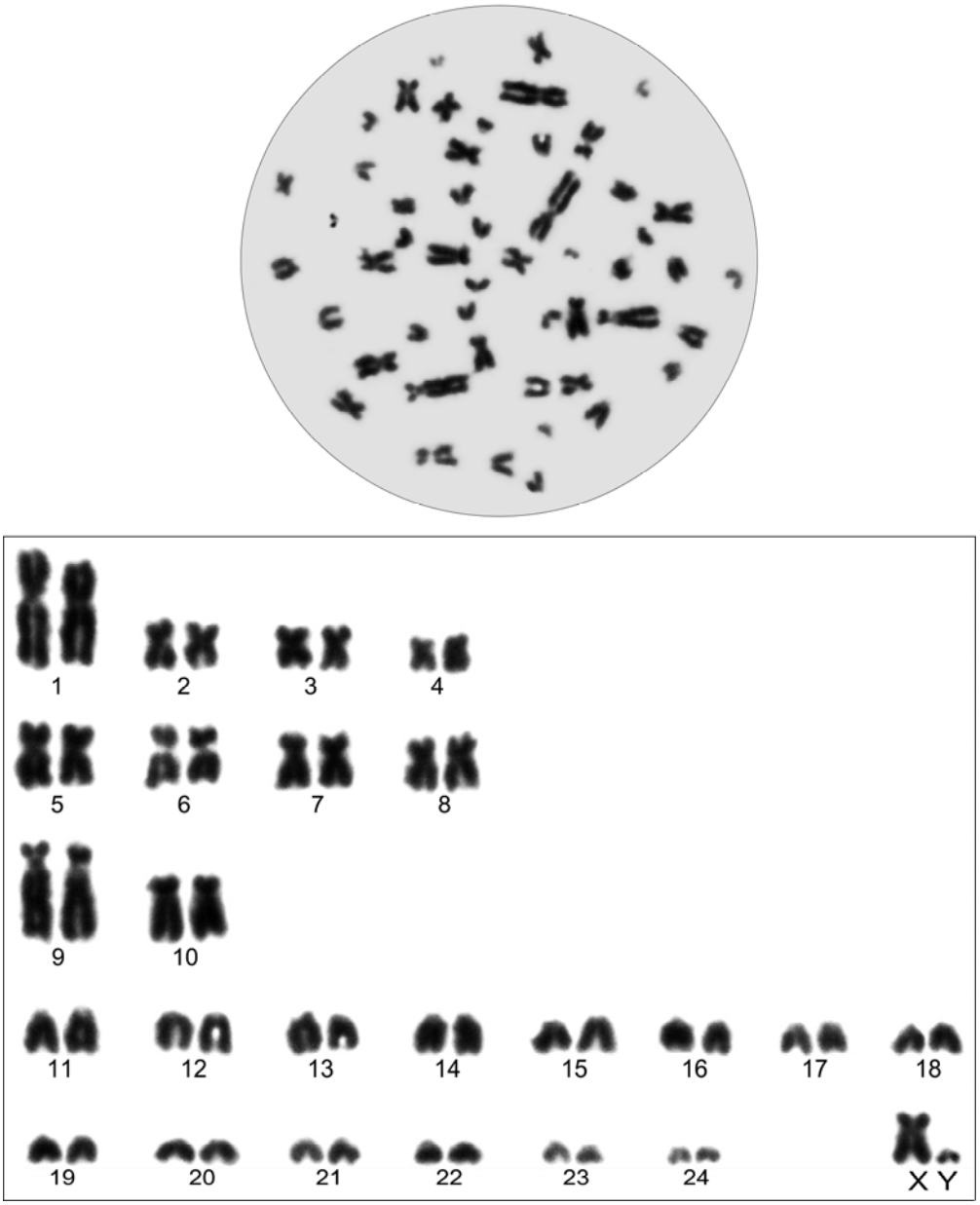
Manisa ili Kırkağaç ilçesinden elde edilen (2 ♀♀), 2n=38 kromozomal sitotipin temel kromozomal kol sayısı (NF) 74, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 70'dir. Kromozom setinde 7 çift metasentrik, 7 çift submetasentrik, 3 çift subtelosentrik ve 1 çift akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. X kromozomu orta büyüklükte bir metasentriktir (Şekil 4.2 ve 17), (Tablo 4.2).



Şekil 4.2. Manisa ili Kırkağaç ilçesi Bakır köyündeki 2n=38 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi. Bar = 10 µm.

4.1.3. 2n=50 kromozomal sitotipi

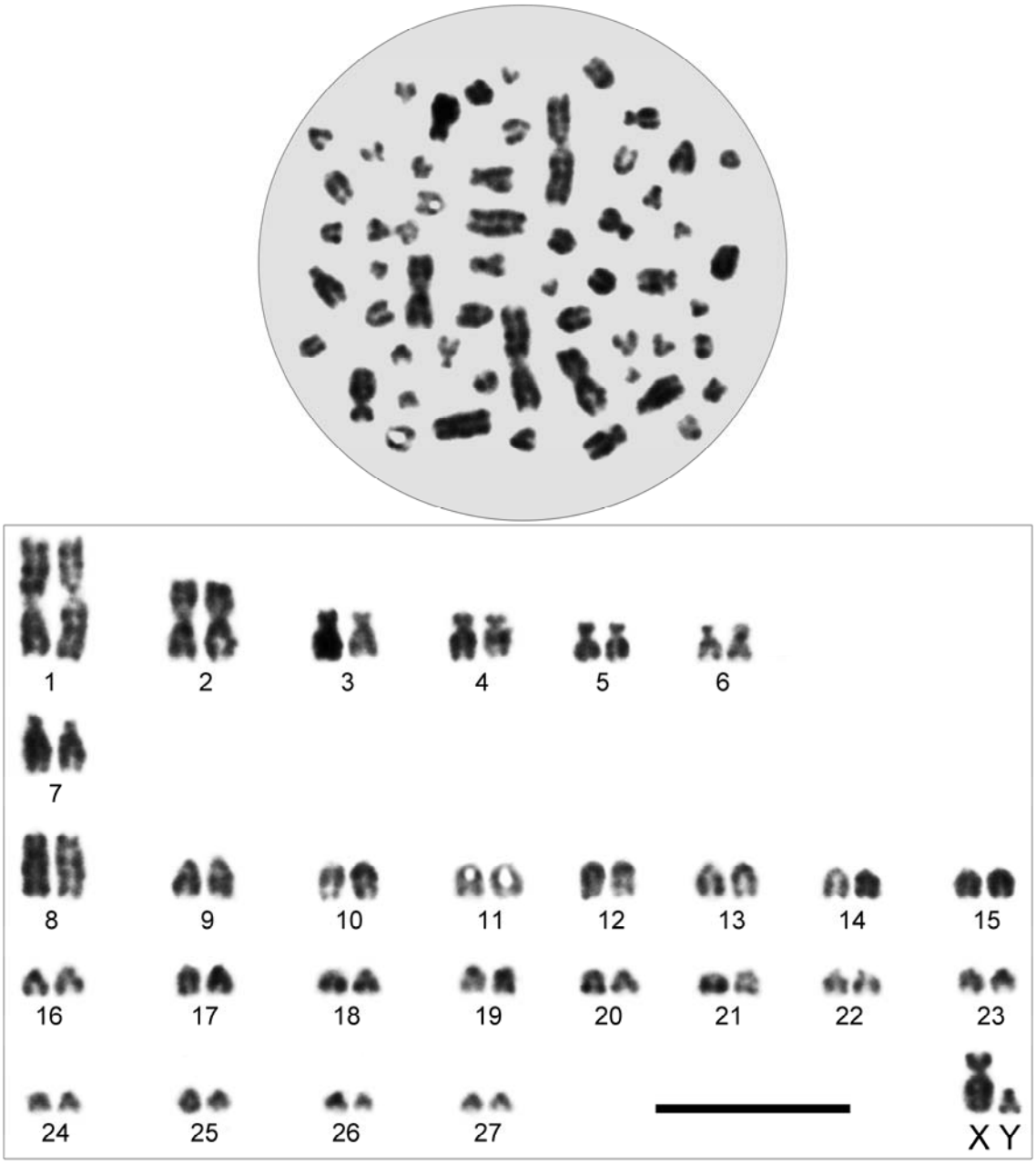
İzmir ili Kiraz ilçesinden elde edilen (2 ♂♂), 2n=50 kromozomal sitotipin temel kromozomal kol sayısı (NF) 72, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 68'dir. Kromozom setinde 4 çift metasentrik, 4 çift submetasentrik, 2 çift subtelosentrik ve 14 çift akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik ve Y kromozomu ise en küçük akrosentriktir (Şekil 4.3 ve 18), (Tablo 4.3).



Şekil 4.3. İzmir ili Kiraz ilçesi İğdeli köyü 2n=50 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi.

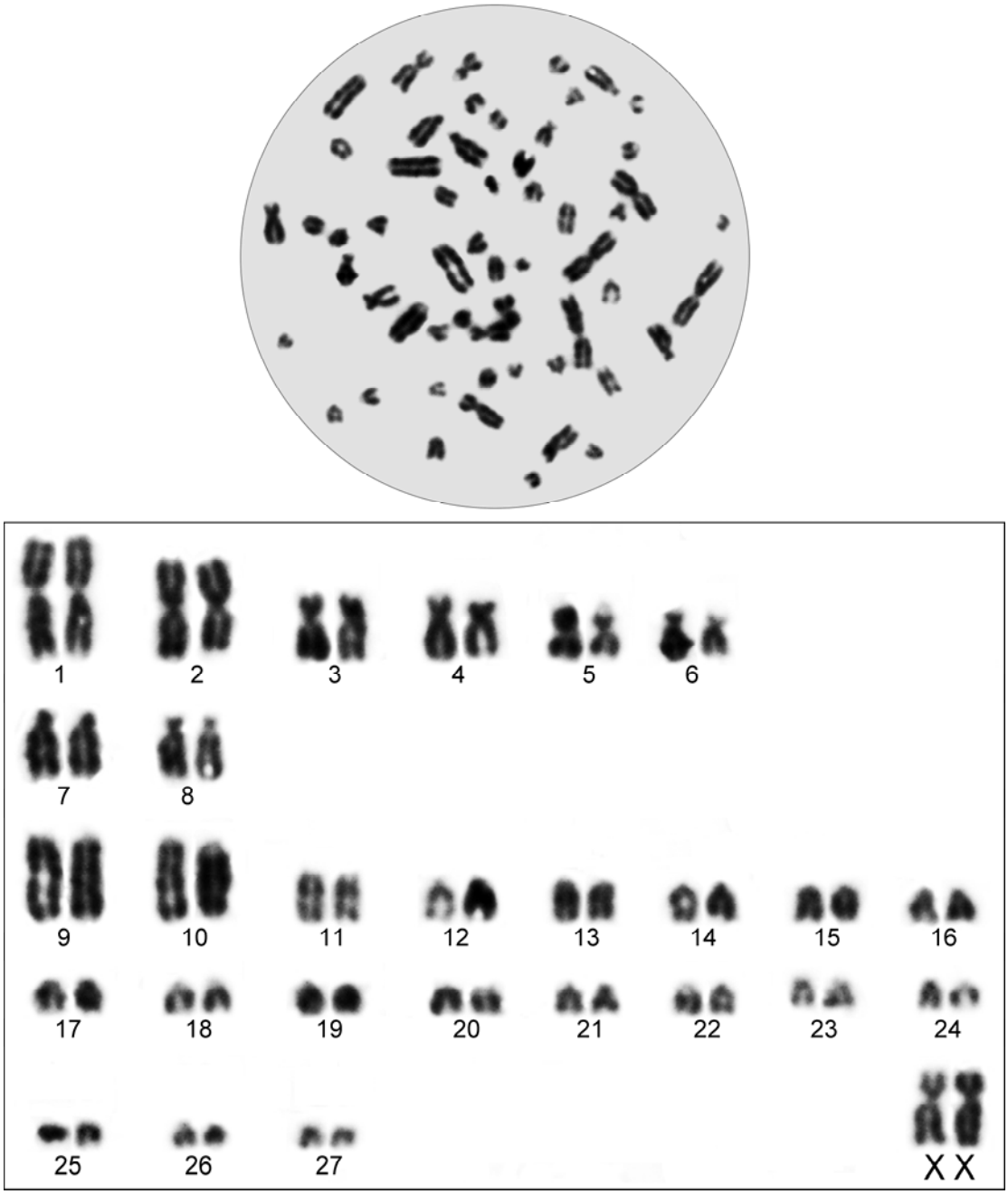
4.1.4. 2n=56 kromozomal sitotipi

Manisa ili Kula ilçesinden elde edilen (2 ♂♂), 2n=56 kromozomal sitotipin temel kromozomal kol sayısı (NF) 72, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 68'dir. Kromozom setinde 2 çift metasentrik, 4 çift submetasentrik, 1 çift subtelosentrik ve 20 çift akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik, Y kromozomu küçük akrosentriktir (Şekil 4.4 ve 19), (Tablo 4.4).



Şekil 4.4. Manisa ili Kula ilçesindeki 2n=56 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi. Bar = 10 µm.

Aynı ilin Alaşehir ilçesinde elde edilen (3 ♂♂, 2♀♀) 2n=56 kromozomal sitotipine ait örneklerin Kula ilçesinden farklı olarak temel kromozomal kol sayısı (NF) 74, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 70'dir. Kromozom setinde 3 çift metasentrik, 3 çift submetasentrik, 2 çift subtelosentrik ve 19 çift akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentriktir (Şekil 4.5 ve 20), (Tablo 4.5). Bu populasyonda bir çift iki kollu kromozomun fazla olması iki çift kromozom arasında olmuş olan translokasyondan kaynaklabilir.



Şekil 4.5. Manisa ili Alaşehir ilçesindeki 2n=56 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi.

Çizelge 4.1. Aydın ili Kemer Mezarlığındaki 2n=36 *Nannospalax xanthodon*'un kromozomlarının Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırılması (µm), m; metasentrik, sm; submetasentrik, st; subtelosentrik, a; akrosentrik.

Kromozom çifti	Kromozom kolları		Toplam uzunluk	Kol oranı (q/p)	Relative length (%)	Sentromer indeks	Sentromer pozisyonu
	Kısa kol (p)	Uzun kol (q)					
1	2,22	2,78	5,00	1,25	8,79	0,44	m
2	1,67	2,34	4,01	1,40	7,05	0,42	m
3	1,54	1,90	3,44	1,23	6,05	0,45	m
4	1,28	1,92	3,20	1,50	5,63	0,40	m
5	1,39	1,50	2,89	1,08	5,08	0,48	m
6	1,23	1,62	2,85	1,34	4,76	0,43	m
7	1,20	1,64	2,84	1,37	4,99	0,42	m
8	1,35	1,48	2,83	1,10	4,97	0,48	m
9	1,22	2,09	3,31	1,71	5,82	0,37	sm
10	1,08	2,03	3,11	1,88	5,47	0,35	sm
11	1,12	1,83	2,95	1,42	5,19	0,38	sm
12	0,90	1,79	2,69	1,99	4,73	0,33	sm
13	0,92	1,48	2,40	1,42	4,22	0,38	sm
14	0,60	0,98	1,58	1,47	2,78	0,38	sm
15	1,08	3,71	4,79	3,44	8,42	0,23	st
16	0,97	3,47	4,44	3,58	7,81	0,22	st
17	-	1,11	1,11	-	-	-	a
X	1,31	2,22	3,53	1,69	6,21	0,37	sm

Çizelge 4.2. Manisa ili Kırkağaç ilçesi Bakır köyündeki 2n=38 *Nannospalax xanthodon*'un kromozomlarının Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırılması (µm), m; metasentrik, sm; submetasentrik, st; subtelosentrik, a; akrosentrik.

Kromozom çifti	Kromozom kolları		Toplam uzunluk	Kol oranı (q/p)	Relative length (%)	Sentromer indeks	Sentromer pozisyonu
	Kısa kol (p)	Uzun kol (q)					
1	2,01	2,53	4,54	1,25	7,84	0,44	m
2	1,55	1,78	3,33	1,14	5,75	0,46	m
3	1,45	1,94	3,39	1,33	5,86	0,42	m
4	1,44	1,91	3,35	1,32	5,79	0,43	m
5	1,29	1,49	2,78	1,15	4,80	0,46	m
6	0,91	1,33	2,24	1,47	3,76	0,40	m
7	1,08	1,13	2,21	1,04	3,82	0,48	m
8	1,54	2,45	3,99	1,59	6,89	0,38	sm
9	1,30	2,08	3,38	1,60	5,84	0,38	sm
10	1,02	1,75	2,77	1,71	4,78	0,36	sm
11	1,19	2,09	3,28	1,75	5,67	0,36	sm
12	0,88	1,83	2,71	2,07	4,68	0,32	sm
13	0,31	0,73	1,04	2,35	1,80	0,29	sm
14	0,35	0,61	0,96	1,74	1,65	0,36	sm
15	1,08	3,58	4,66	3,31	8,05	0,23	st
16	0,99	3,79	4,78	3,82	8,26	0,20	st
17	0,86	3,15	4,01	3,66	6,93	0,21	st
18	-	0,81	0,81	-	-	-	a
X	1,42	2,25	3,67	1,58	6,34	0,38	sm

Çizelge 4.3. İzmir ili Kiraz ilçesi İğdeli köyü 2n=50 *Nannospalax xanthodon*'un kromozomlarının Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırılması (µm), m; metasentrik, sm; submetasentrik, st; subtelosentrik, a; akrosentrik.

Kromozom çifti	Kromozom kolları		Toplam uzunluk	Kol oranı (q/p)	Relative length (%)	Sentromer indeks	Sentromer pozisyonu
	Kısa kol (p)	Uzun kol (q)					
1	2,50	3,77	6,27	1.50	10,3	0,40	m
2	1,06	1,71	2,77	1,61	4,54	0,39	m
3	1,09	1,34	2,43	1,22	3,98	0,45	m
4	0,74	0,93	1,67	1,25	2,73	0,44	m
5	1,08	2,09	3,17	1,93	5,19	0,34	sm
6	1,16	1,99	3,15	1,71	5,15	0,37	sm
7	1,12	1,92	3,04	1,71	4,98	0,37	sm
8	1,06	1,95	3,01	1,83	4,93	0,35	sm
9	1,12	4,05	5,17	3,61	8,47	0,22	st
10	0,94	2,61	3,55	2,77	5,81	0,25	st
11	-	2,17	2,17	-	-	-	a
12	-	2,15	2,15	-	-	-	a
13	-	2,11	2,11	-	-	-	a
14	-	2,08	2,08	-	-	-	a
15	-	1,96	1,96	-	-	-	a
16	-	1,80	1,80	-	-	-	a
17	-	1,69	1,69	-	-	-	a
18	-	1,62	1,62	-	-	-	a
19	-	1,57	1,57	-	-	-	a
20	-	1,45	1,45	-	-	-	a
21	-	1,33	1,33	-	-	-	a
22	-	1,31	1,31	-	-	-	a
23	-	1,20	1,20	-	-	-	a
24	-	0,96	0,96	-	-	-	a
X	0,94	1,89	2,83	2,01	4,63	0,33	sm
Y	-	0,59	0,59	-	-	-	a

Çizelge 4.4. Manisa ili Kula ilçesi 2n=56 *Nannospalax xanthodon*'un kromozomlarının Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırılması (µm), m; metasentrik, sm; submetasentrik, st; subtelosentrik, a; akrosentrik.

Kromozom çifti	Kromozom kolları		Toplam uzunluk	Kol oranı (q/p)	Relative length (%)	Sentromer indeks	Sentromer pozisyonu
	Kısa kol (p)	Uzun kol (q)					
1	3,10	3,61	6,71	1,16	11,0	0,46	m
2	2,08	2,45	4,53	1,17	7,43	0,45	m
3	0,88	1,90	2,78	1.01	4,29	0,32	sm
4	0,86	1,90	2,76	2.20	4,52	0,31	sm
5	0,80	1,40	2,67	1,75	4,37	0,30	sm
6	0,74	1,33	2,07	1,79	3,39	0,35	sm
7	0,72	2,57	3,29	3,56	5,39	0,21	st
8	-	3,31	3,31	-	-	-	a
9	-	2,05	2,05	-	-	-	a
10	-	1,96	1,96	-	-	-	a
11	-	1,69	1,69	-	-	-	a
12	-	2,18	2,18	-	-	-	a
13	-	1,74	1,74	-	-	-	a
14	-	1,50	1,50	-	-	-	a
15	-	1,54	1,54	-	-	-	a
16	-	1,50	1,50	-	-	-	a
17	-	1,71	1,71	-	-	-	a
18	-	1,38	1,38	-	-	-	a
19	-	1,43	1,43	-	-	-	a
20	-	1,44	1,44	-	-	-	a
21	-	1,14	1,14	-	-	-	a
22	-	1,31	1,31	-	-	-	a
23	-	1,42	1,42	-	-	-	a
24	-	1,09	1,09	-	-	-	a
25	-	1,31	1,31	-	-	-	a
26	-	0,98	0,98	-	-	-	a
27	-	0,93	0,93	-	-	-	a
X	1,11	2,27	3,38	2,04	5,54	0,33	sm
Y	-	1,32	1,32	-	-	-	a

Çizelge 4.5. Manisa ili Alaşehir ilçesi 2n=56 *Nannospalax xanthodon*'un kromozomlarının Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırılması (µm), m; metasentrik, sm; submetasentrik, st; subtelosentrik, a; akrosentrik.

Kromozom çifti	Kromozom kolları		Toplam uzunluk	Kol oranı (q/p)	Relative length (%)	Sentromer indeks	Sentromer pozisyonu
	Kısa kol (p)	Uzun kol (q)					
1	3,04	3,48	6,52	1,14	8,68	0,47	m
2	2,61	2,79	5,40	1,07	7,19	0,48	m
4	1,44	2,27	3,71	1.57	4,94	0,39	sm
5	0,99	2,42	3,41	2.44	4,54	0,29	sm
6	1,39	1,55	2,94	1,11	3,92	0,47	m
7	0,74	1,97	2,71	2,66	3,60	0,27	sm
3	0,74	2,94	3,68	3,97	5,30	0,20	st
8	0,70	2,62	3,32	3,74	4,42	0,21	st
9	-	4,52	4,52	-	-	-	a
10	-	4,43	4,43	-	-	-	a
11	-	2,68	2,68	-	-	-	a
12	-	2,25	2,25	-	-	-	a
13	-	2,16	2,16	-	-	-	a
14	-	2,04	2,04	-	-	-	a
15	-	2,01	2,01	-	-	-	a
16	-	1,75	1,75	-	-	-	a
17	-	1,70	1,70	-	-	-	a
18	-	1,67	1,67	-	-	-	a
19	-	1,64	1,64	-	-	-	a
20	-	1,59	1,59	-	-	-	a
21	-	1,55	1,55	-	-	-	a
22	-	1,53	1,53	-	-	-	a
23	-	1,49	1,49	-	-	-	a
24	-	1,32	1,32	-	-	-	a
25	-	1,11	1,11	-	-	-	a
26	-	1,03	1,03	-	-	-	a
27	-	1,00	1,00	-	-	-	a
X	1,48	2,35	3,83	1,39	5,10	0,38	sm

2n=38 sitotipi Savic ve Soldatovic (1979) tarafından ilk defa İzmir'in Selçuk ve Balıkesir'in Havran ilçelerinde tespit edilmiştir. Daha sonra aynı bölgelerden Giagia ve ark. (1982) ve Nevo ve ark. (1994 ve 1995) tarafından örnekler alınmıştır. Tez ve ark. (2002) İzmir'in Dikili ve Balıkesir'in Bigadiç ilçelerinden, Sözen ve ark. (2008) ise Balıkesir'in Dursunbey, Bursa'nın Karacabey ve Manisa'nın Akhisar ve Kırkağaç ilçelerinden örnekler elde etmişlerdir. Bu araştırmacılar tarafından elde edilen örneklerin temel kromozomal kol sayısı (NF) 74 ve X kromozomu ise submetasentrik veya subtelosentrik olarak tespit edilmiştir. Bu araştırna sonuçlarıda öncekiler ile benzer bulunmuştur.

Ege Bölgesinde 2n=50 sitotipi ilk defa Nevo ve ark. (1995) tarafından Aydın'da tespit edilmiştir. Sözen ve ark. (2008) da bu sitotipi Manisa'nın Alaşehir ilçesinde tespit etmişlerdir. Bu sitotip bu bölge dışında Erzurum (Nevo ve ark., 1995; Sözen ve ark., 2000a; Coşkun, 2003), Kars (Coşkun, 2003; Kankılıç ve ark., 2007) Ardahan (Kankılıç ve ark., 2007), Giresun, Rize, Bayburt ve Erzincan (Kankılıç ve ark., 2007) ve Karabük (Sözen, 2004)'ten tespit edilmiştir. Bunların temel kromozomal kol sayısı (NF) 70 ile 72 arasında değişmektedir.

Ege Bölgesinde 2n=56 sitotipin örnekleri Matur (2009) tarafından Manisa'nın Kula ilçesinden alınmıştır. Bu çalışmada ise ilk defa bu sitotipin Manisa'nın Alaşehir ilçesinde de yayılış gösterdiği belirlenmiştir. Ancak Kula ilçesindeki örneklerin temel kromozomal kol sayısının (NF) 72 ve Alaşehir ilçesindeki örneklerin temel kromozomal kol sayısının (NF) ise 74 olduğu tespit edilmiştir. *N. xanthodon*'nun 2n=56 sitotipi Ege Bölgesi dışında Sözen ve Kıvanç (1998) Mersin'in Gülek yaylasından, Sözen ve ark. (2000b) Adana'nın Tekir yaylasından, Sözen (2004) ve Sözen ve ark. (2006) Kastamonu'dan, Sözen ve ark. (2011) Çankırı'dan ve Kankılıç ve ark. (2007) Isparta'dan (NF = 72) tespit edilmiştir. Sözen (2004) Karabük'ün Safranbolu ilçesindeki örneklerin temel kromozomal kol sayısını (NF) 74 olarak tespit etmişlerdir.

Çizelge 1.1'de karyolojik karakterlerin karşılaştırılması amacıyla, Türkiye'deki *N. xanthodon* üzerinde yapılan karyolojik çalışmalar toplu halde verilmiştir. Buna göre *N. xanthodon* populasyonları için diploid kromozom sayıları 2n=36, 38, 40, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60 ve 62 şeklindedirler. Ayrıca temel kromozom kol sayısı da (NF) 68-84 arasında değişmektedir. Aynı 2n sayısına sahip olduğu halde farklı NF değerlerine sahip sitotipler de dikkate alındığında, Türkiye'deki farklı karyolojik sitotiplerin sayısı oldukça artmıştır.

Nevo ve ark. (1995)'na göre White (1978) bütün türleşme olaylarının yaklaşık %90'ının karyotipik değişikliklerle ortaya çıktığını belirtmektedir. Spalacidae familyası için türleşme olaylarının çoğunda kromozomal yapıda yeni düzenlemelerin, tür farklılaşmasının başlamasında temel bir rol oynadığını belirtmişlerdir (Nevo, 1991; Nevo ve ark., 1994 ve 1995).

Savic ve Nevo (1990) fosil delillere göre Spalacidlerin Türkiye veya yakınındaki (Yunanistan) bir muroid-cricetoid stoktan erken Miosende (25 mi1yon yıl önce) oluştuğunu ve Balkanlar, Rusya, Ortadoğu ve Kuzey Afrika'ya kadar toprak altına uyum sağlayarak yayıldığını belirtmişlerdir.

Evrimin iki büyük işleyişi olan türleşme ve adaptasyon ile ilgili problemler günümüzdeki moleküler biyolojik ilerlemelere rağmen hala büyük ölçüde çözülememiş durumdadır (Nevo ve ark., 1994 ve 1995). Aynı şekilde karyotipik evolusyonun önemi de geniş şekilde çalışılmaktadır (White, 1978; Lande, 1979; King, 1985; Nevo, 1991). Bu oldukça karmaşık olan problemlerin çözümü moleküler, genetik, kromozomal, organizmal ve ekolojik anlayışları içeren pek çok disiplinin ortaklaşa çalışmasını gerektirmektedir (Nevo, 1991).

Nevo (1991) tarafından geliştirilen İsrail'deki *N. ehrenbergi* üst türünün evrimsel modeli; türleşme ve adaptasyonda genetik ve kromozomal çeşitliliğin çevreyle ilişkili olduğu şeklindeki hipotezi desteklemektedir. Nevo ve ark. (1994, 1995 ve 2000) Anadolu'da yayılış gösteren Spalacidae familyasının diploid kromozom sayısının ılıman ve yağışlı kıyı bölgelerinden, kurak ve sert iklim ile bilinmeyen iklime sahip İç Anadolu Bölgesine doğru gidildikçe kuraklığa bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir.

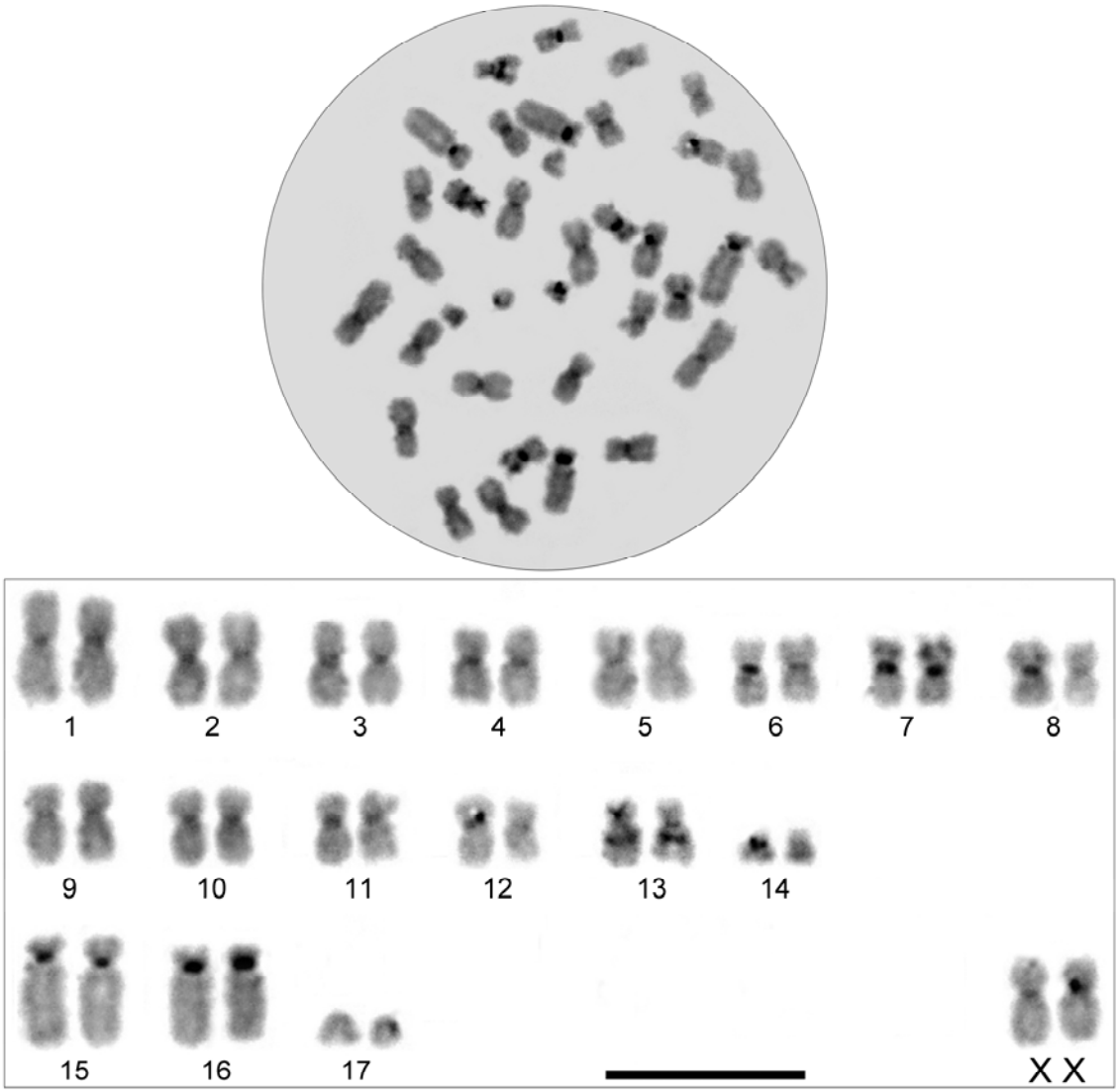
Sözen (2004) *N. xanthodon*'un kromozom sayısında görülen varyasyona rağmen Türkiye'de herhangi bir kromozomal sitotipin kesin yayılış alanının bilinmediğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre; Türkiye'deki türleri tanımlamak ve isimlendirmek için, İsrail'dekine benzer işlemlerle tüm kromozomal sitotiplerin ve yayılış alanlarının tespit edilmesi gerekmektedir.

Arslan ve Zima (2013) Erzincan'daki *N. xanthodon*'un 2n=58 sitotipi üzerine yaptıkları çalışmada, Türkiye'de bildirilen 58 kromozoma sahip populasyonlar içindeki iki grup bir büyük submetasentrik otozomal çiftin varlığı veya yokluğu ile tanımlandığını belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılara göre Orta ve Kuzey Anadolu populasyonlarının karyotiplerinde bu marker kromozom bulunurken, Doğu Anadolu populasyonlarının tamamlanmış karyotipleri benzer kromozoma sahip değildirler.

4.2. C- Bantlama

4.2.1. 2n=36 kromozomal sitotipi

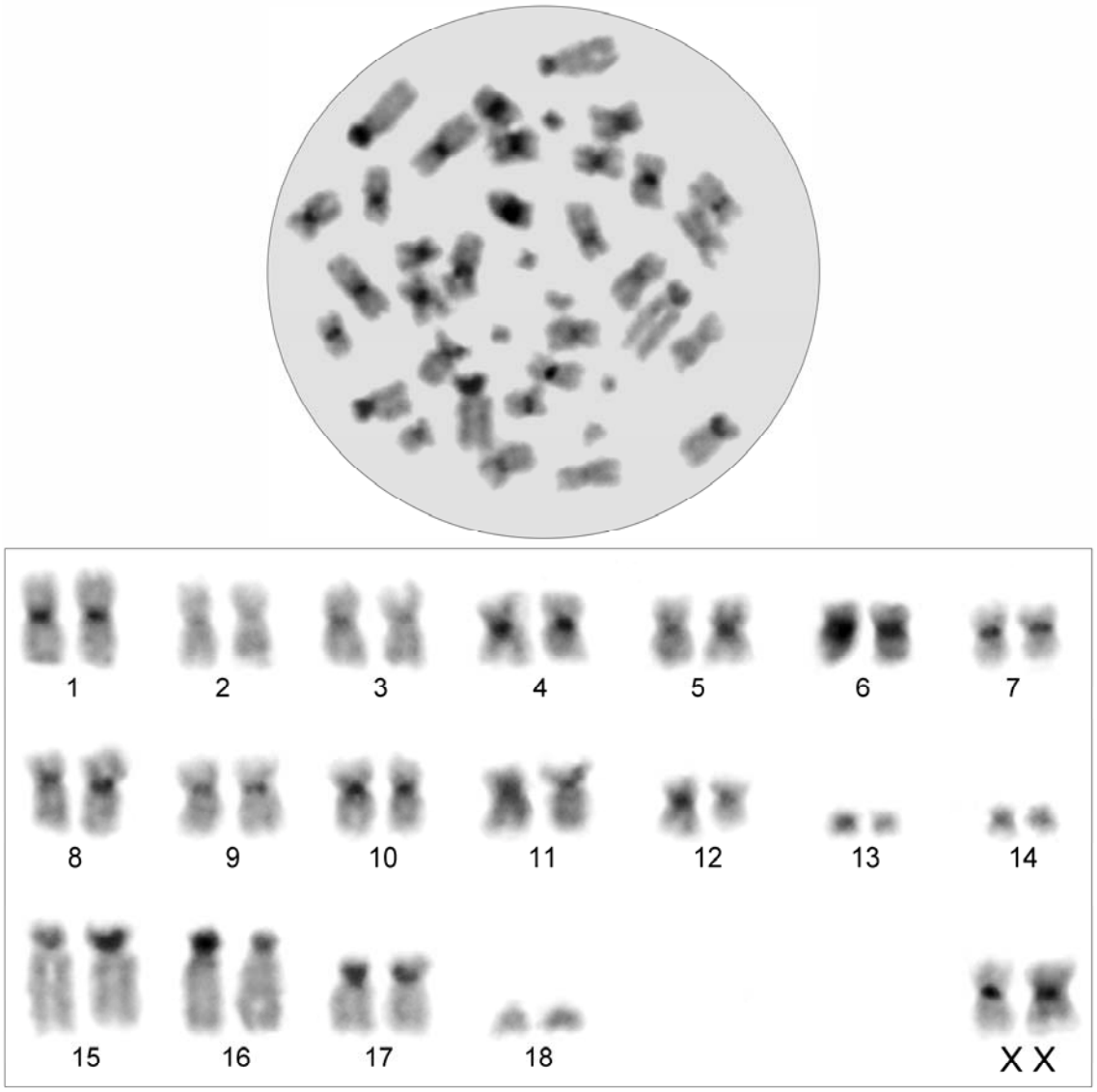
Kromozom seti içindeki 6, 7 ve 8 nolu metasentrik, 13 ve 14 nolu submetasentrik, 15 ve 16 nolu subtelosentrik kromozomlar oldukça belirgin C-banda sahipken X kromozomu ve diğerleri ise olduk zayıf C-bantlara sahiptir. Ayrıca 13 nolu kromozomun uzun kolu üzerinde oldukça belirgin bir intersitial bant tespit edilmiştir (Şekil 4.6 ve 16).



Şekil 4.6. Aydın ili Kemer Mezarlığındaki 2n=36 kromozomlu dişi bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi. Bar = 10 μm.

4.2.2. 2n=38 kromozomal sitotipi

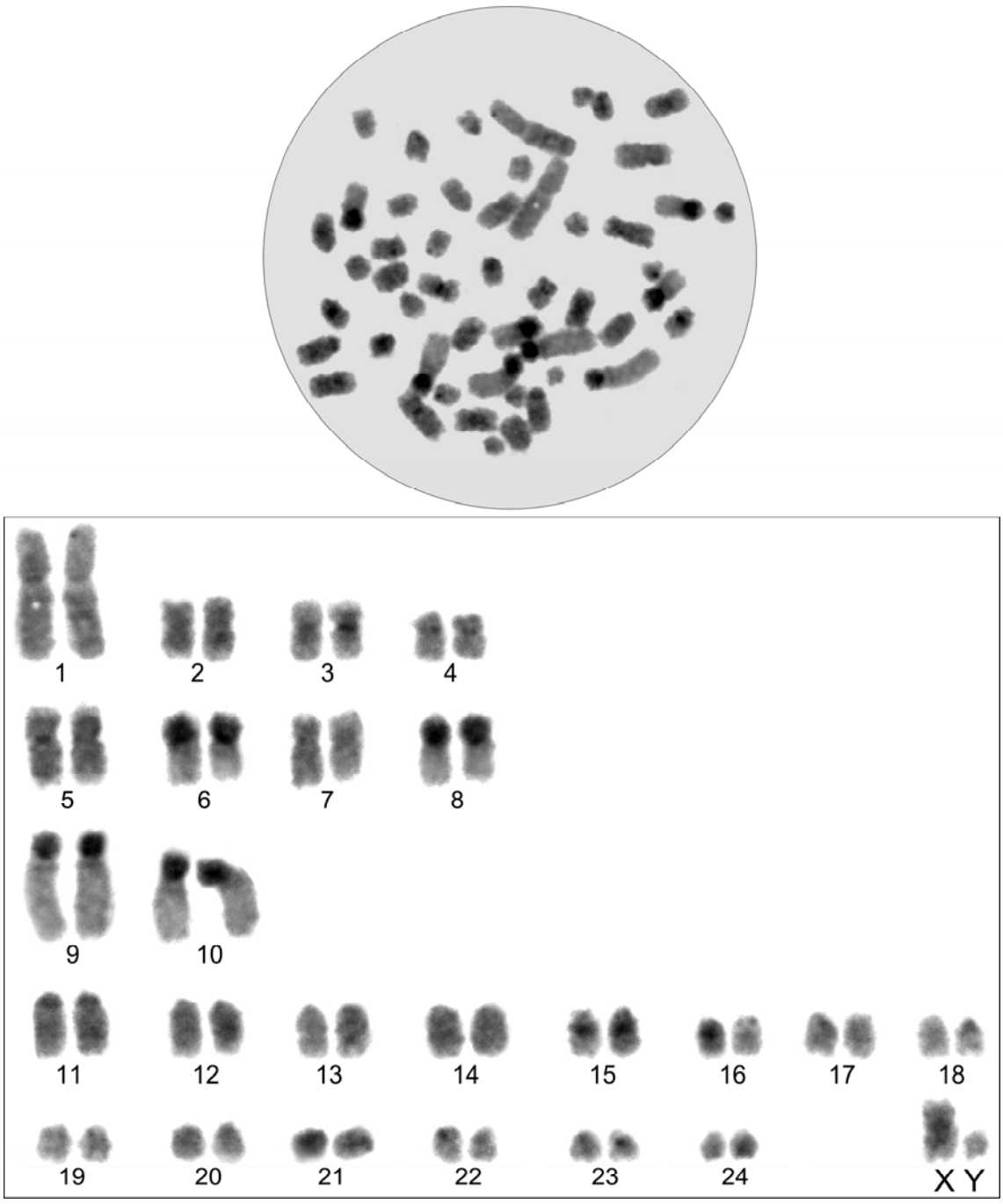
Kromozom seti içindeki 1, 4, 5, 6 ve 7 nolu metasentrik, 8, 10, 12 nolu subtelosentrik ve X kromozom oldukça belirgin sentromerik C-bantlara sahiptir. Ayrıca 15, 16 ve 17 nolu subtelosentrik kromozomların kısa kollarının tamamıda pozitif C-heterokromatindir. Set içindeki 9 nolu kromozomda da zayıf bir sentromerik bir bant tespit edilmiştir (Şekil 4.7 ve 17).



Şekil 4.7. Manisa ili Kırkağaç ilçesi Bakır köyündeki 2n=38 kromozomlu dişi bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi.

4.2.3. 2n=50 kromozomal sitotipi

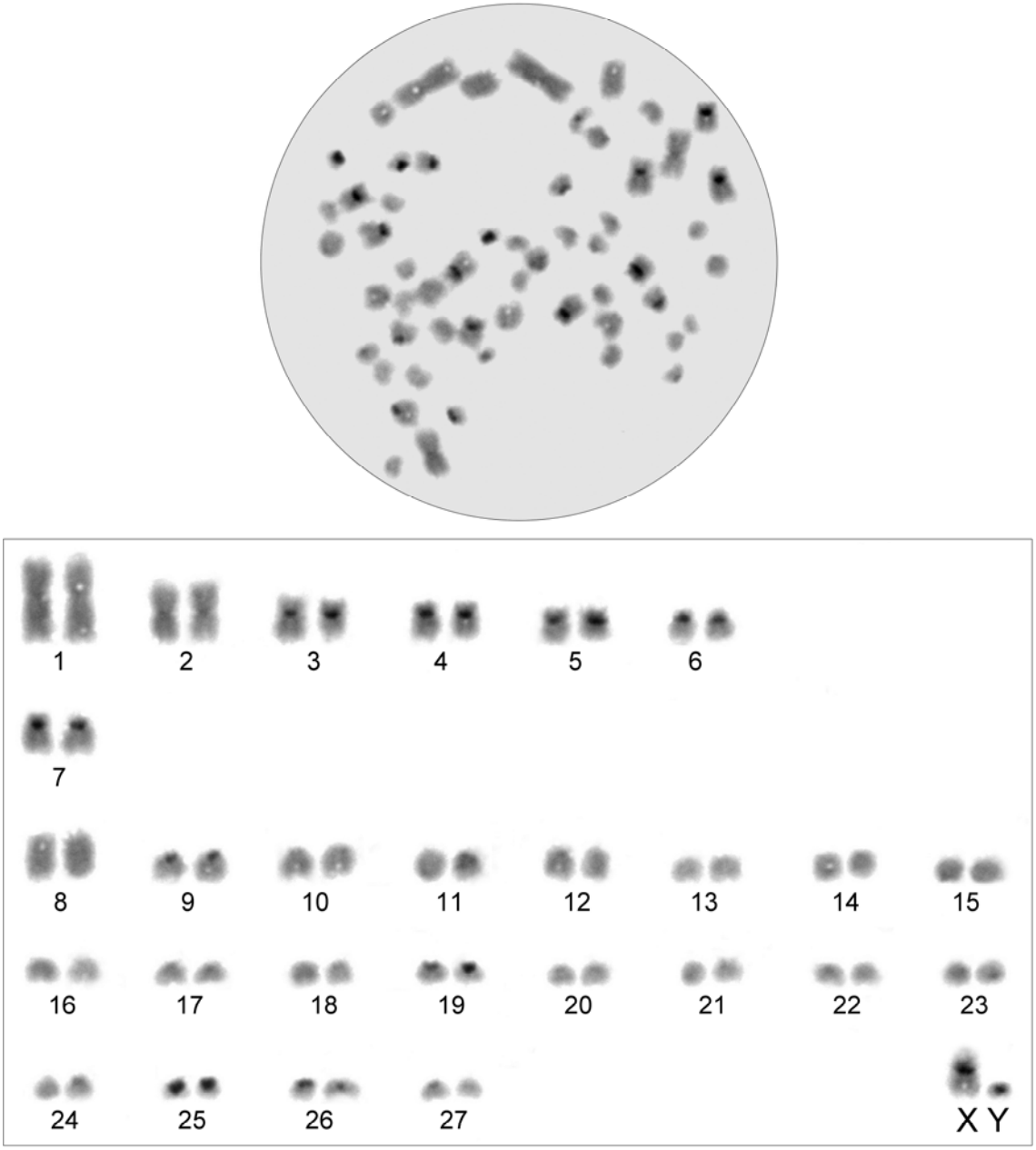
Kromozom seti içindeki 6 ve 8 nolu submetasentrik, 9 ve 10 nolu subtelosentrik kromozomların kısa kollarının tamamı pozitif C-heterokromatindir. Ayrıca 3 nolu metasentrik ve 15 ve 16 nolu akrosentrik kromozomlarda sentromerik C-bantlara sahiptir. Eşey kromozomları ise C-banda sahip değildir (Şekil 4.8 ve 18).



Şekil 4.8. İzmir ili Kiraz ilçesi İğdeli köyü 2n=50 kromozomlu erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi.

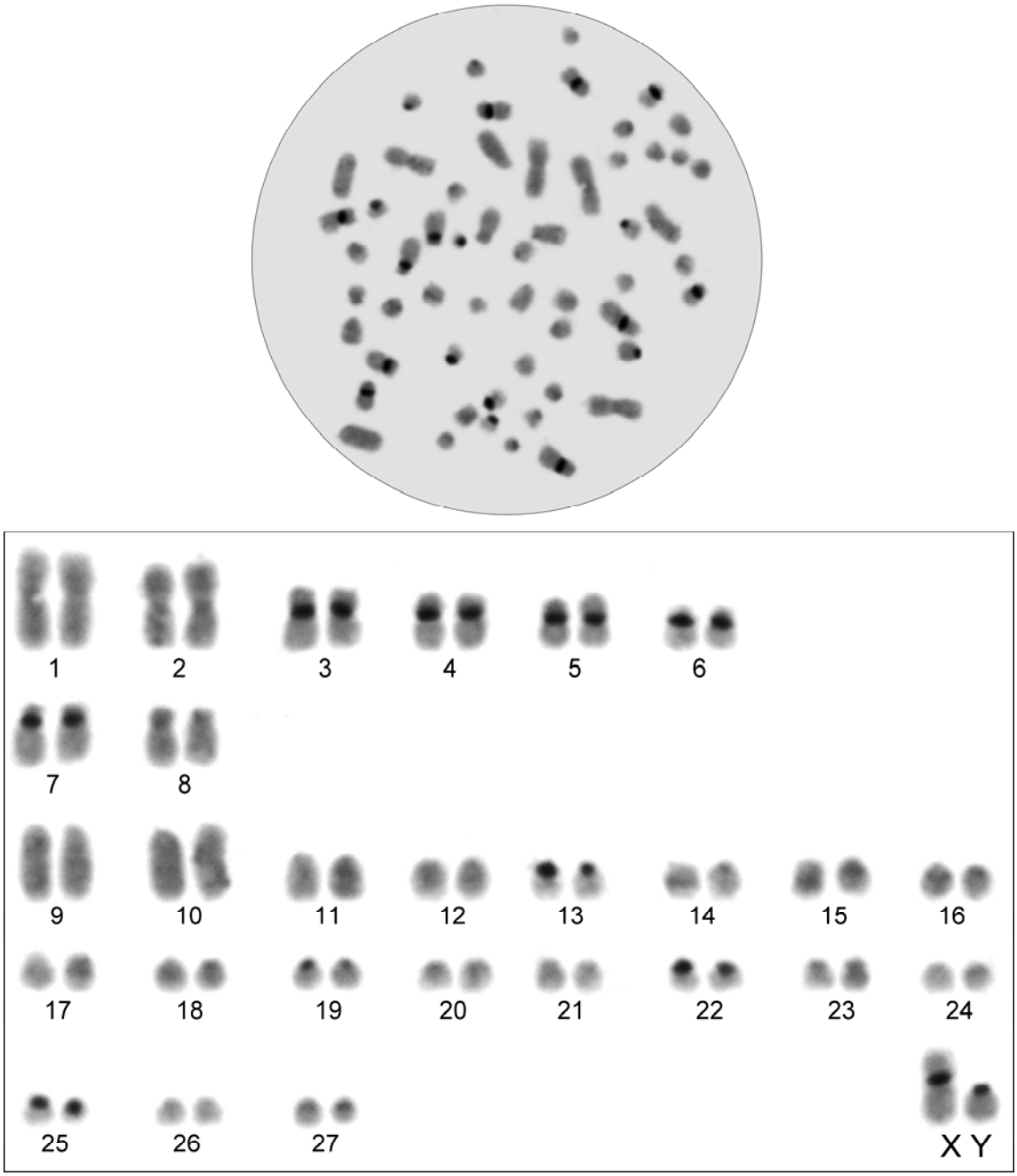
4.2.4. 2n=56 kromozomal sitotipi

Kromozom seti içindeki 3, 4, 5 ve 6 nolu submetasentrik ve 7 nolu subtelosentrik kromozomlar oldukça belirgin sentromerik C-bantlara sahiptirler. Ayrıca 9, 19, 25 ve 26 nolu akrosentrik kromozomlarda belirgin sentromerik C-bantlar vardır. X kromozomu sentromerik C- pozitif iken Y kromozomunun tamamı C-pozitifdir (Şekil 4.9 ve 19).



Şekil 4.9. Manisa ili Kula ilçesindeki 2n=56 kromozomlu dişi bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi.

Aynı ilin Alaşehir ilçesinden elde edilen örneklerin kromozom setindeki Kula örneklerinde olduğu gibi 3, 4, 5 ve 6 nolu submetasentrik ve 7 nolu subtelosentrik kromozomlar oldukça belirgin sentromerik C-bantlara sahiptirler. Ancak bu örneklerin Kula örneklerinden farklı olarak 13 ve 22 nolu akrosentrik kromozomlarda belirgin sentromerik C-bantlar vardır. Ayrıca X kromozomu Kula örneklerinde olduğu gibi sentromerik C- pozitif iken Y kromozomu ondan farklı olarak sadece sentromerik C-pozitifdir (Şekil 4.10 ve 20).



Şekil 4.10. Manisa ili Alaşehir ilçesindeki 2n=56 kromozomlu dişi bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi.

Farklı türlerin kromozomlarındaki yeniden düzenlenmelerin ortaya çıkarılması açısından karşılaştırmalı bantlama çalışmaları oldukça etkilidir (Romanenko ve ark., 2007). Türkiye'de kör fareler üzerine ilk bantlama çalışması Ivanitskaya ve ark. (1997) tarafından *N. xanthodon* ve *N. ehrenbergi* üst türüne ait bazı kromozomal sitotipler üzerine yapılmıştır. Araştırmacılar *N. ehrenbergi* üst türünün 2n=52 ve 56 ve *N. xanthodon* üst türünün 2n=60 sitotiplerin heterokromatin özelliklerini tespit etmişlerdir. Bunlara göre; *N. ehrenbergi*'nin her iki sitotipin de akrosentrik kromozomlarının tamamına yakını perisentromerik C-bloklara sahiptirler. Ayrıca eşey kromozomlarındaki heterokromatin yoğunluğunun bir sitotipe ait örnekler arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Bu araştırmacılar, Güneydoğu Anadolu Bölgesi bantlama sonuçlarını, İsrail sonuçları (Ivanitskaya ve Nevo, 1998) ile karşılaştırmışlar ve Türkiye'den iki lokaliteden elde edilen bu üst türe ait örneklerde telomerik C-bantlar tespit edilirken İsrail örneklerinde telomerik bantlar tespit edilememiştir. Araştırmacılar, *N. xanthodon*'un akrosentrik kromozomlarının tamamında heterokromatinin bulunmaması ve subtelosentrik kromozomlarının kısa kollarının bütünüyle heterokromatin olması ile *N. ehrenbergi*'den ayrıldığını kaydederek, bu iki türün ayrılmasında en önemli etkenin heterokromatin değişimlerin olduğunu ve perisentrik inversiyonlar ile Robertsonian ayrılmaların da kromozomal değişimlerde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Ökten (2008) Ankara'nın kuzeyinde yapmış olduğu çalışmayla toplam 9 (2 dişi 7 erkek) adet kör fare kullanmıştır. Hem dişi hem de erkek örneklerin tümünde NOR içeren 3 kromozom olduğunu tespit etmiştir, ancak bu NOR'ların hangi kromozomlarda olduğunu belirtilmemiştir. Bu kromozomların tamamı morfolojik olarak subtelosentrik yapıdadır.

Ivanitskaya ve ark. (2008) Çankırı, Kastamonu ve Bursa'dan toplam altı lokaliteden aldıkları 2n=60 sitotipin örnekleri üzerine yaptıkları bantlama çalışmalarında 2n=60W (3, 5, 6, 9 ve 13 no'lu kromozomlarda NOR taşıyan geniş dağılımlı) ve 2n=60R (6, 8, 12, 13 ve 16 no'lu kromozomlarda NOR taşıyan yaygın olmayan) formlarını belirlemişlerdir. Araştırmacılara göre, 2n=60W formun iki kollu kromozomlarının tamamı sentromerik ve perisentromerik heterokromatin bantlara sahipken, R formunun bir çift subtelosentrik kromozomu C-negatiftir. Büyük akrosentrik kromozomlar ise ya C-negatif ya da çok küçük sentromerik C-bloklara sahiptirler. Araştırmacılar, genelde W formun birinci çift kromozomu C-negatifken bu formun bir örneğinin ise C-pozitif olarak ve R formun birinci çift kromozomun da

heteromorfik C-bandı tespit etmişlerdir. Ivanitskaya ve ark. (2008) ikinci büyük akrosentrik kromozomun W formunda C-pozitif, R formunda ise C-negatif olduğunu ve W formuna ait bir örneğinde ise dördüncü çift kromozomunda heteromorfik C-bandı belirlemişlerdir. Araştırmacılar, her iki sitotipin eşey kromozomlarının da sentromerik C-banda sahip olduğunu, X kromozomundaki C-bandının büyüklüğünün ve yoğunluğunun ise değişken olduğunu kaydetmişlerdir.

Matur (2009) Batı Anadolu'da yayılış gösteren 2n=36, 38, 40, 50W, 52N, 54N, 56W, 56Tr, 58N, 58Sarıkavak ve 60Uşak sitotiplerinin C-heterokromatin özelliklerini tespit etmiştir. Bu araştırmacı, batı grubu olarak 2n=36, 38, 40 ve 50W sitotiplerinin belirli sayıdaki iki kollu kromozomların kısa kollarının C-pozitif olması ile diğer sitotiplerden ayrıldığını kaydetmiştir.

Arslan ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada Kırıkkale'deki *N. xanthodon* üst türüne ait kör farelerin 2n = 54 kromozomal sitotipini araştırmışlardır. Araştırmacılar bu sitotipin C-heterokromatin bölgelerinin bazı iki kollu otozomal çiftlerin sentromerik, perisentromerik ve kısa kollarında bulunduğunu ve C-heterokromatin birkaç akrosentrik kromozomun perisentromerik bölgesinde lokalize olduğunu kaydetmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar X kromozomun sentromerik bir C-pozitif banda sahip olduğunu ve Y kromozomunun tek tip ve C-negatif boyandığını tespit etmişlerdir. Arslan ve Bölükbaş (2010) Aksaray ilinde *N. xanthodon* üzerine yapmış olduğu sitogenetik araştırmalarda, ilin tamamında 2n=60 kromozomal sitotipinin yayılış gösterdiği ve Eskil ilçesindeki örneklerin heteromorf kromozom çiftinden dolayı NF=77 olduğu tespit edilmiş. Araştırmacılar bu çalışmada C-heterokromatin bölgelerin bütün iki kollu otozomların sentromerik bölgesinde ve bazı akrosentrik otozomlarda ise perisentromerik bölgelerde lokalize olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca eşey kromozomlarının da farklı bir perisentromerik koyu C-banda sahip oldukları ve Eskil populasyonunda heteromorf otozomal çiftin kısa kollarında heterokromatin ve ökromatin materyalinde delesyon veya eklenme olabileceği kaydedilmiştir.

Arslan ve ark. (2011) Konya bölgesinde *N. xanthodon* kromozomal sitotiplerinin (2n=40, 58, 60) C-bantlama ve NOR bantlama özelliklerini araştırarak 2n=40 ve 58 sitotiplerinin NOR özellikleri ilk defa bu çalışmada tespit edilmiştir. Araştırmacılar, Beyşehir ilçesi Gökçimen ve Bayavşar köylerinde elde edilen 2n=40 kromozomal sitotipin setindeki üç çift submetasentrik ve bir çift subtelosentrik kromozomların kısa kollarının tamamının C-pozitif olduğunu, bazı metasentrik kromozomların sentromer

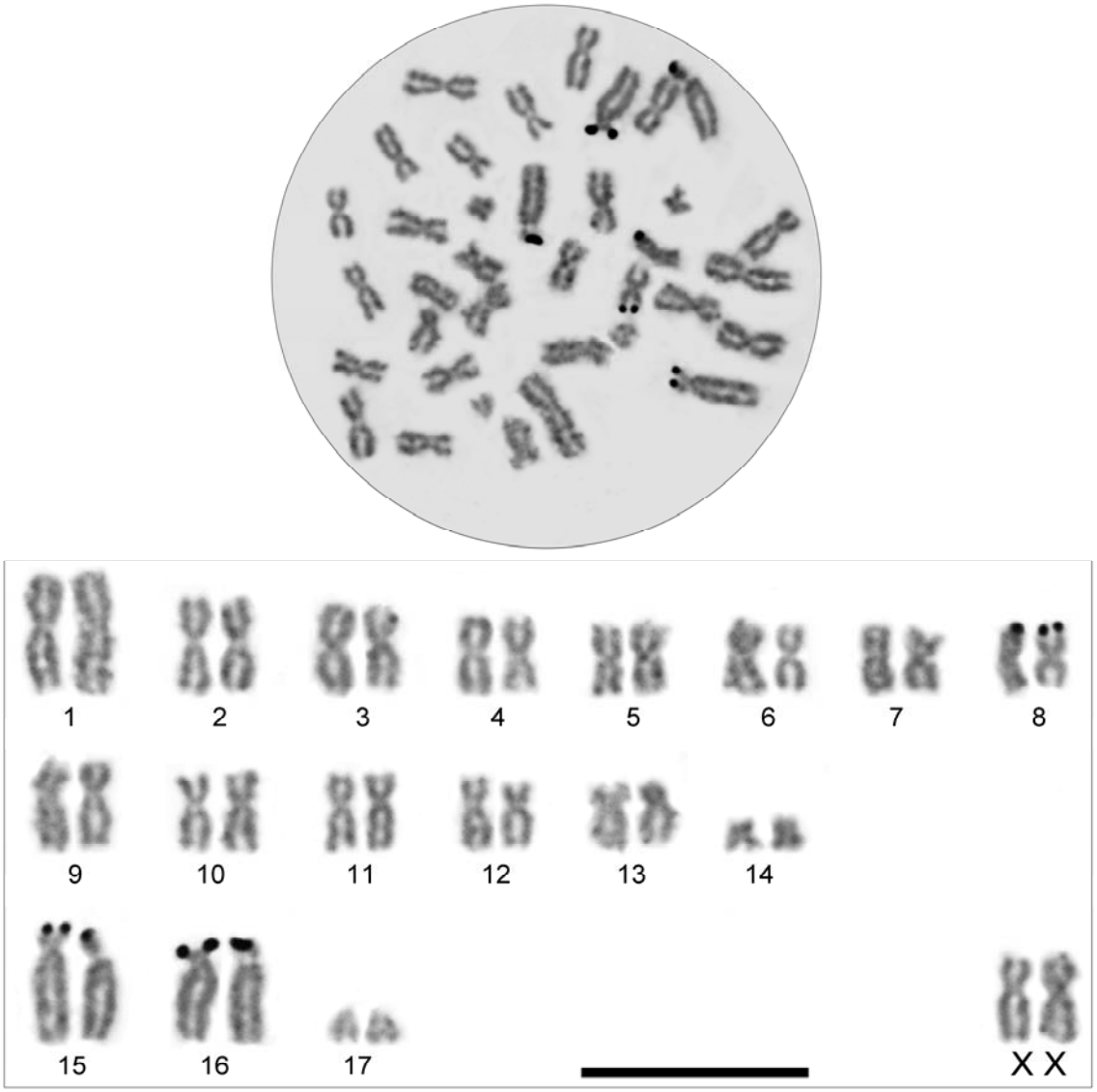
bölgelerinde de hafif C-bant gözlendiğini ve eşey kromozomlarının tamamı ökromatin (C-negatif) olduğunu kaydetmişlerdir. Onlar, Ereğli ilçesinden elde ettikleri 2n=58 kromozomal sitotipin setindeki bir çift hariç iki kollu kromozomların tamamının, heteromorf kromozomu oluşturan submetasentrik ve akrosentrik kromozomun, eşey kromozomlarının ve bazı akrosentrik kromozomların belirgin bazılarının ise zayıf sentromerik C-banda sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Arslan ve ark. (2011) Konya bölgesinde 2n=60 sitotipininde iki kollu kromozomların tamamının ve bazı akrosentrik kromozomların da sentromerik bantlara sahip olduklarının belirlemişlerdir.

Arslan ve Zima (2013) Erzincan'daki *N. xanthodon*'un 2n=58 sitotipi üzerine yaptıkları araştırmada, C-heterokromatin bölgelerin bazı iki kollu otozomların sentromerik ve perisentromerik bölgeleri veya kısa kollarında ve birkaç akrosentrik otozomun perisentromerik bölgelerinde tespit etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar X kromozom sentromerik bir C-pozitif banda sahip olduğunu ve Y kromozomun kısa kolunun C-pozitif boyandığını vurgulamışlardır.

4.3. Ag- NOR Bantlama

4.3.1. 2n=36 kromozomal sitotipi

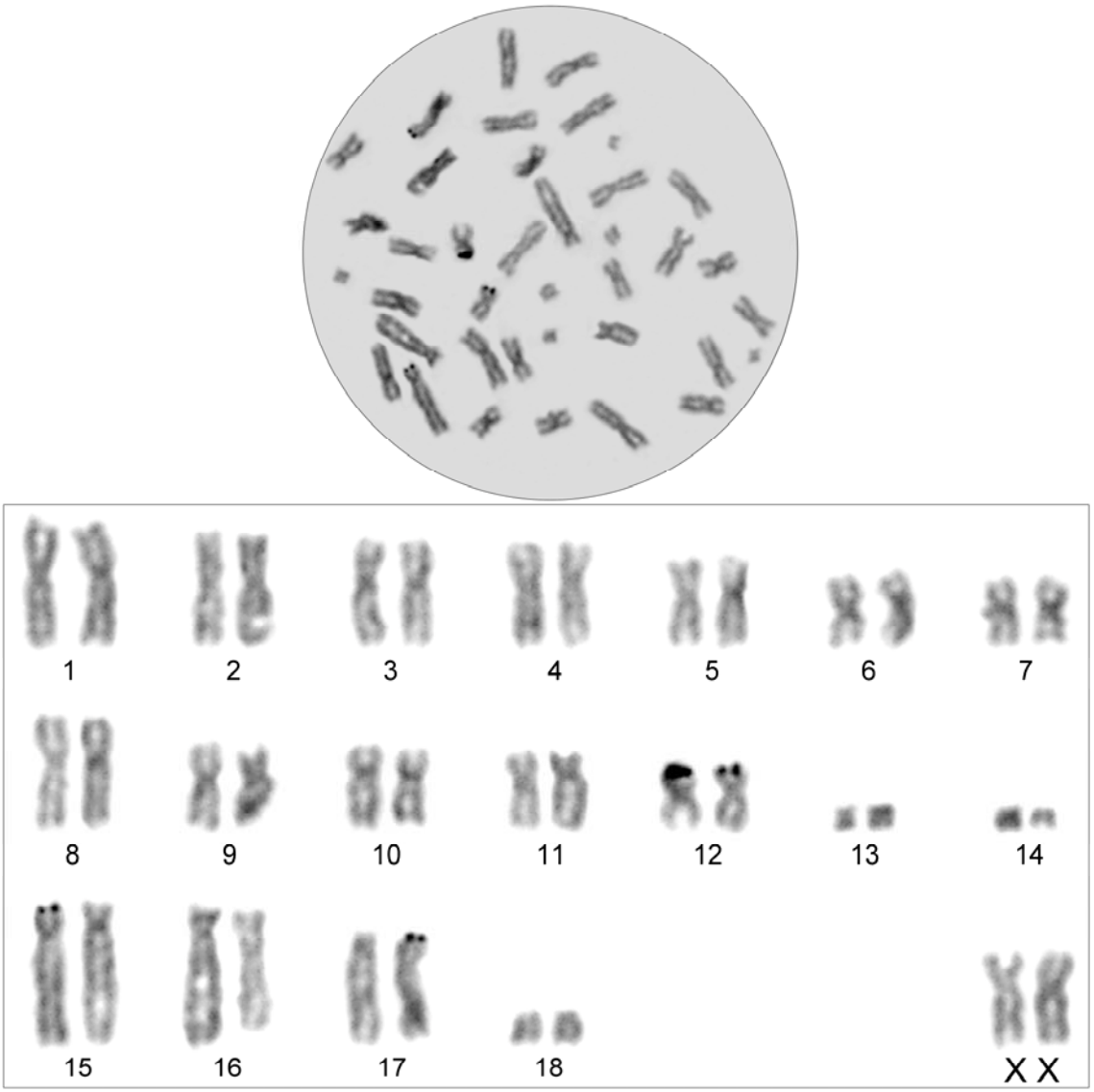
Bu kromozomal sitotipin 8, 15 ve 16 nolu kromozomlarının kısa kollarının telomer bölgelerinde aktif NOR'lar vardır (Şekil 4.11). Bunlar NOR'ların tamamı homomorftur ve bu kromozomlardaki sentromerik C-heterokromatin bölgeleri ile ilişkili değildir (Şekil 4.16).



Şekil 4.11. Aydın ili Kemer Mezarlığındaki 2n=36 kromozomlu dişi bir örneğin Ag-NOR bantlı metafaz plağı ve karyotipi. Bar = 10 µm.

4.3.2. 2n=38 kromozomal sitotipi

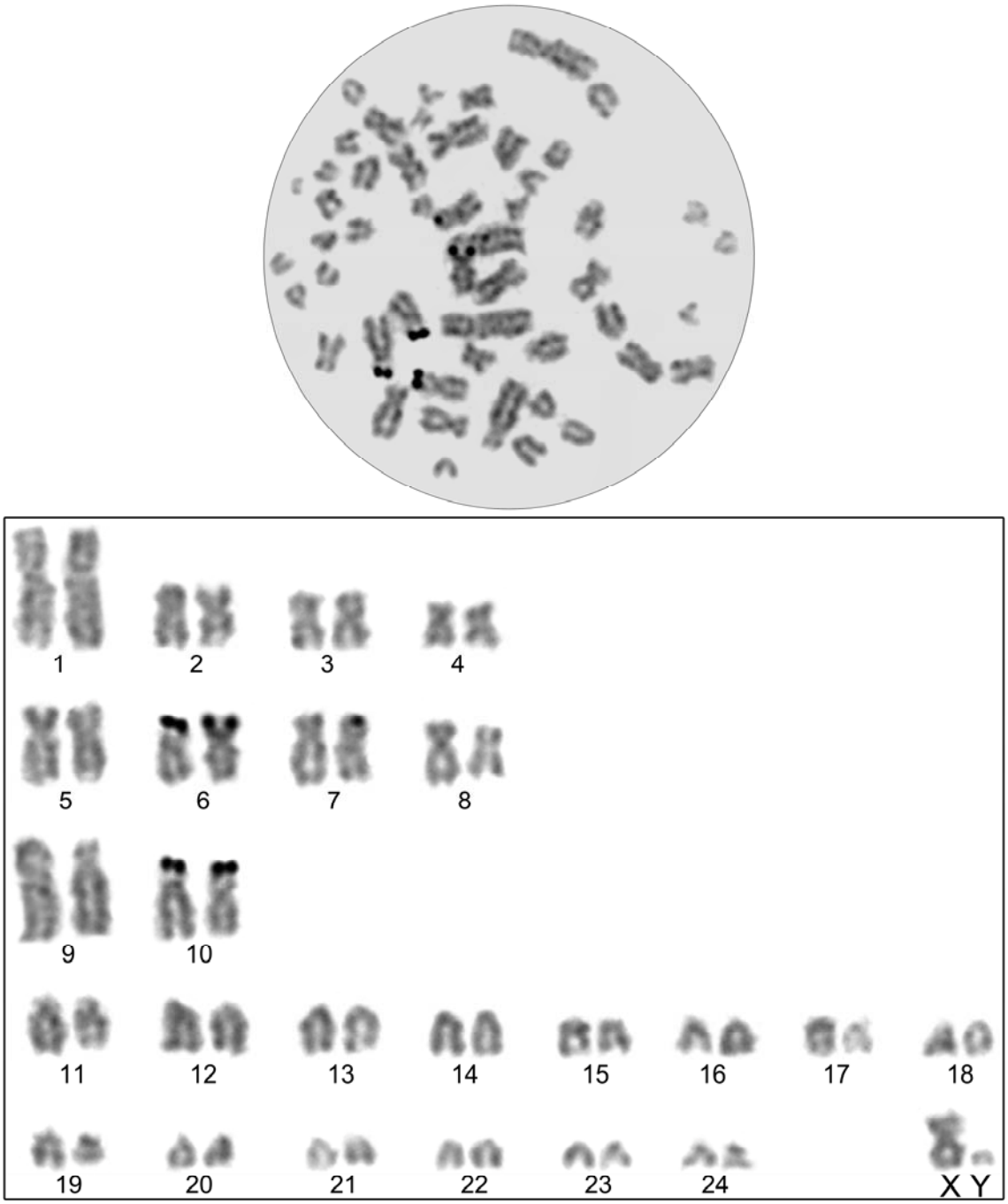
Bu kromozomal sitotipin 12, 15 ve 17 nolu kromozomlarının kısa kollarının telomer bölgelerinde aktif NOR'lar vardır. Bunlar NOR'lardan 12 nolu kromozomdaki homomorfken diğer kromozomlardaki heteromorftur (Şekil 4.12). Ayrıca 15 ve 17 nolu kromozomdaki aktif NOR'lar bu kromozomlardaki C-heterokromatin bölgeleri ile ilişkilidir (Şekil 4.17).



Şekil 4.12. Manisa ili Kırkağaç ilçesi Bakır köyündeki 2n=38 kromozomlu dişi bir örneğin Ag-NOR bantlı metafaz plağı ve karyotipi.

4.3.3. 2n=50 kromozomal sitotipi

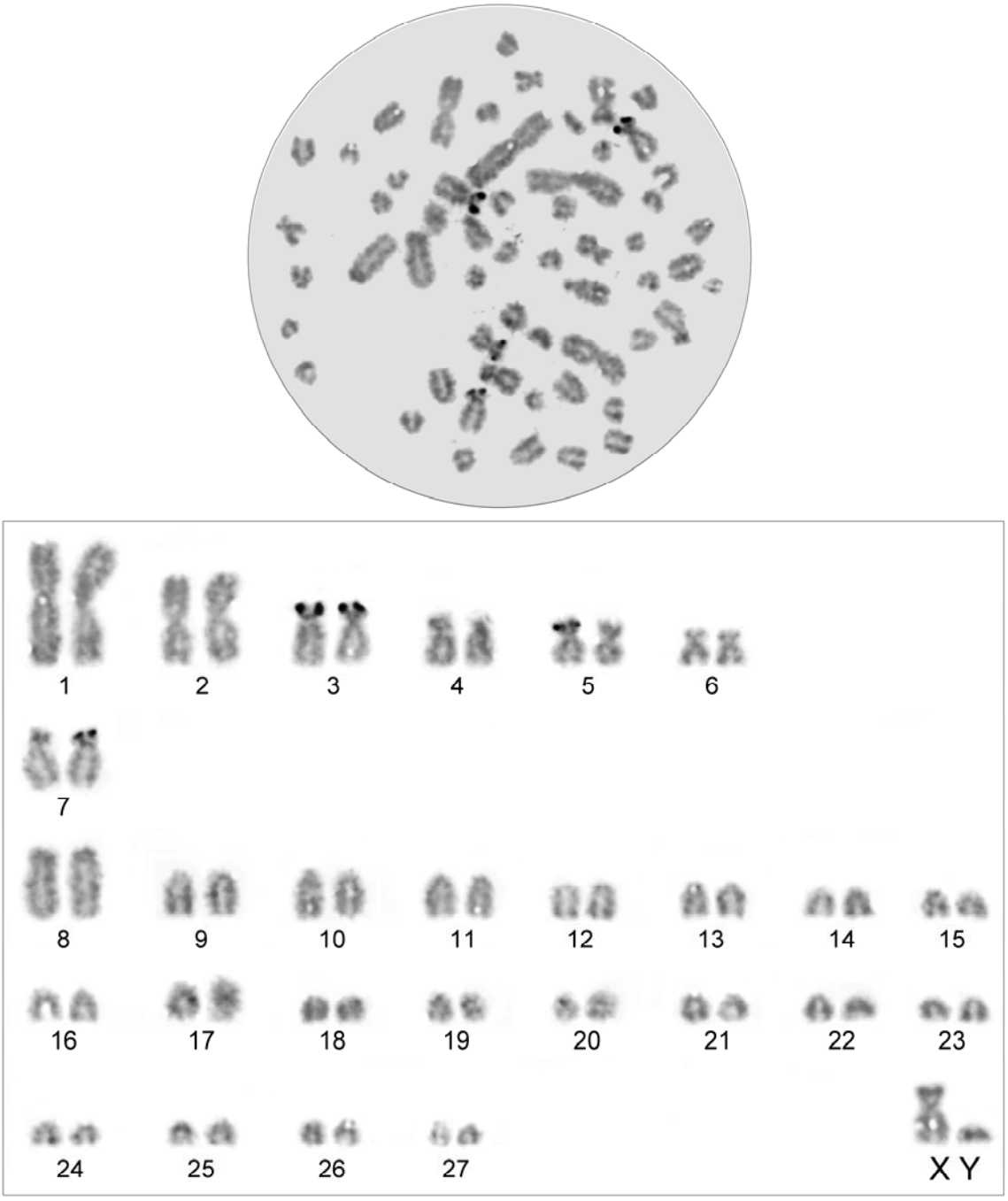
Bu kromozomal sitotipin 6, 7 ve 10 nolu kromozomlarının kısa kollarının telomer bölgelerinde aktif NOR'lar vardır. Bunlar NOR'lardan 7 nolu kromozomdaki heteromorfken diğer kromozomlardaki homomorftur (Şekil 4.13). Ayrıca 6 ve 10 nolu kromozomdaki aktif NOR'lar bu kromozomlardaki C-heterokromatin bölgeleri ile ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.13. İzmir ili Kiraz ilçesi İğdeli köyü 2n=50 kromozomlu erkek bir örneğin Ag-NOR bantlı metafaz plağı ve karyotipi.

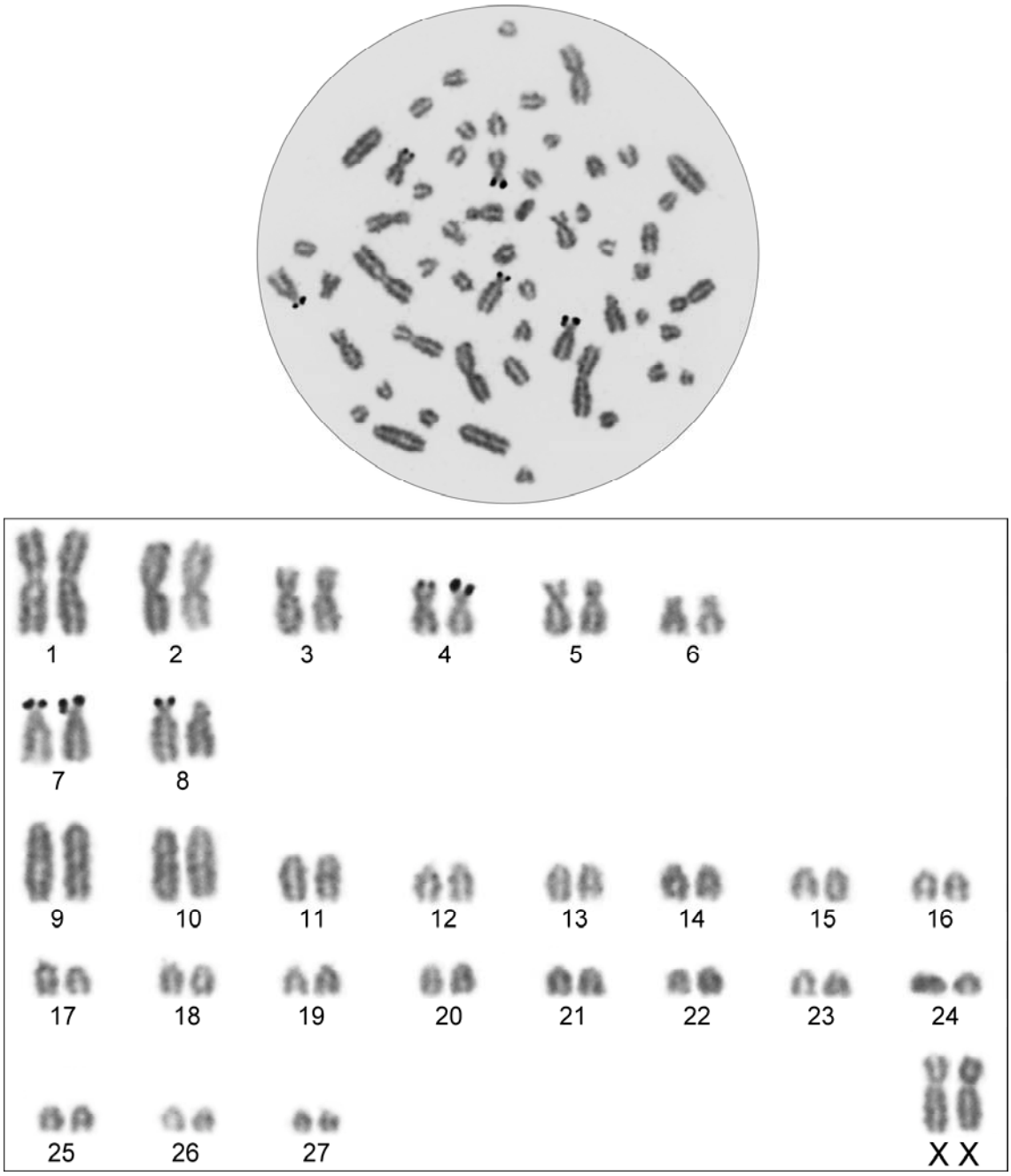
4.3.4. 2n=56 kromozomal sitotipi

Bu kromozomal sitotipin 3, 5 ve 7 nolu kromozomlarının kısa kollarının telomer bölgelerinde aktif NOR'lar vardır. Bunlar NOR'lardan 3 nolu kromozomdaki homomorfken diğer kromozomlardaki heteromorftur (Şekil 4.14). Ayrıca bu kromozomdaki aktif NOR'ların hiçbiri bu kromozomlardaki C-heterokromatin bölgeleri ile ilişkili değildir (Şekil 4.19).

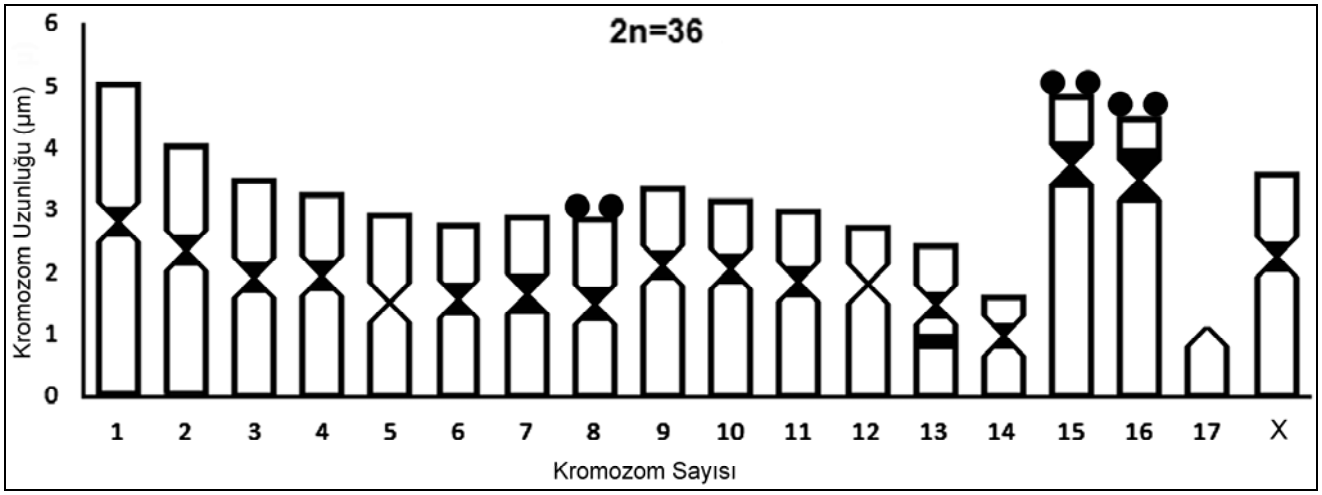


Şekil 4.14. Manisa ili Kula ilçesindeki 2n=56 kromozomlu dişi bir örneğin Ag-NOR bantlı metafaz plağı ve karyotipi.

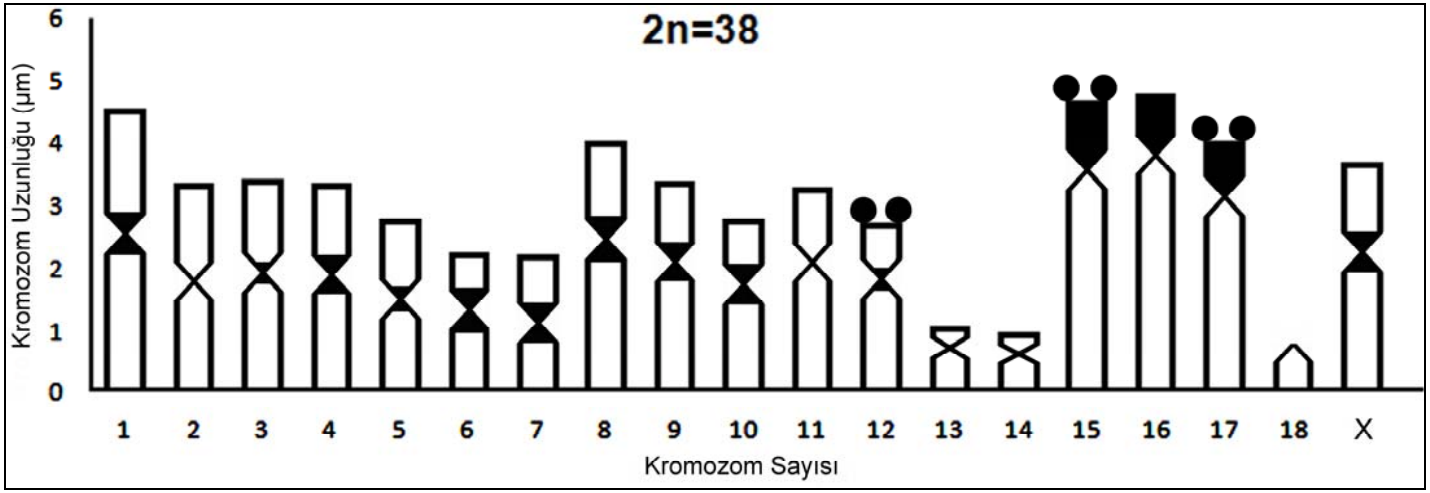
Ayrıca 2n=56 sitotipin aynı ilin Alaşehir ilçesinden elde edilen populasyonunun 4, 7 ve 8 nolu kromozomlarının kısa kollarının telomer bölgelerinde aktif NOR'lar vardır. Bunlar NOR'lardan 4 ve 7 nolu kromozomlardaki homomorfken diğer kromozomdaki heteromorftur (Şekil 4.15). Ayrıca bu kromozomdaki aktif NOR'ların hiçbiri bu kromozomlardaki C-heterokromatin bölgeleri ile ilişkili değildir (Şekil 4.20).



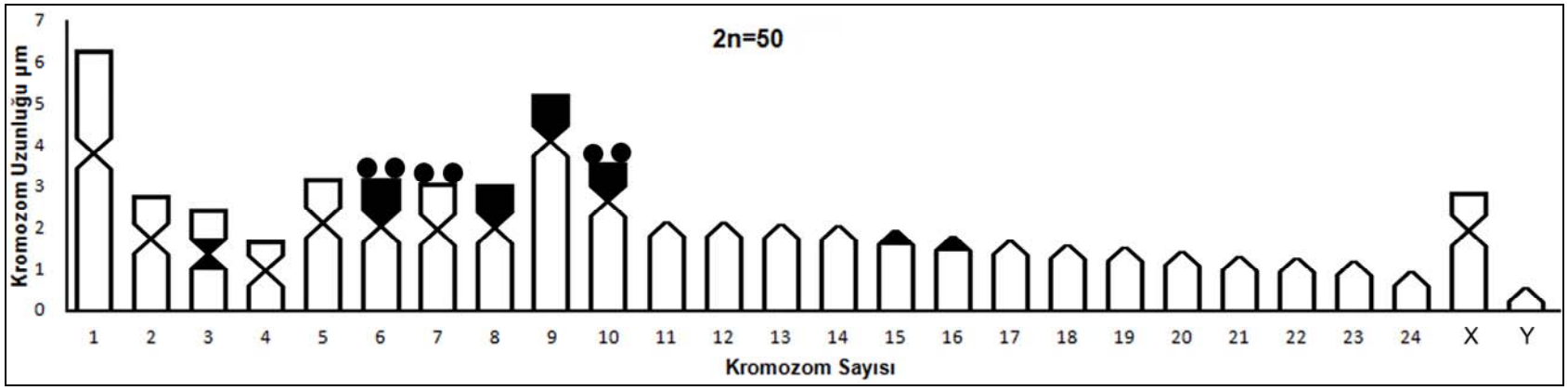
Şekil 4.15. Manisa ili Alaşehir ilçesindeki 2n=56 kromozomlu dişi bir örneğin Ag-NOR bantlı metafaz plağı ve karyotipi.



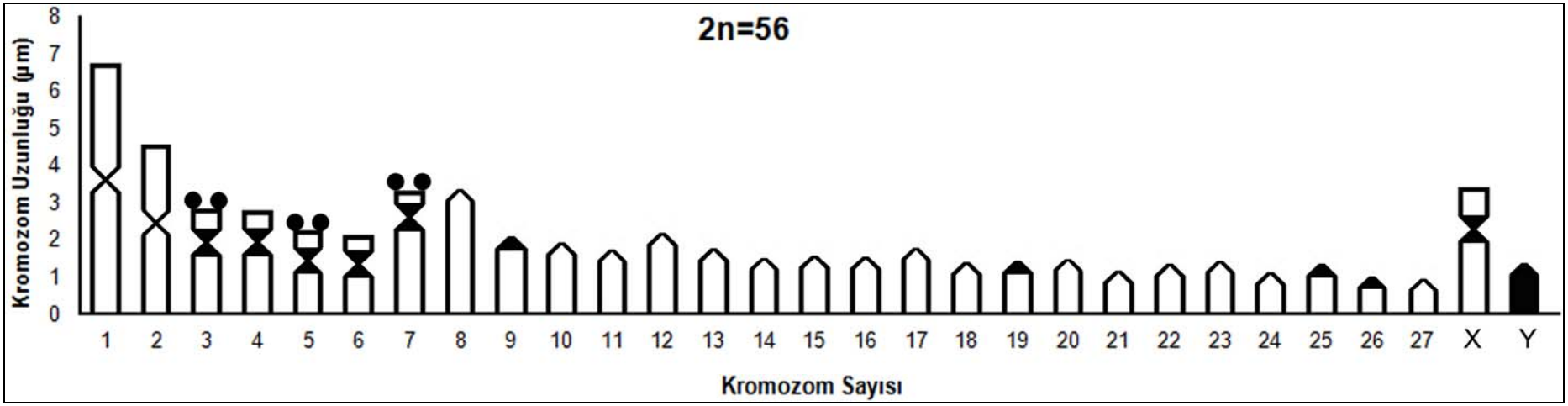
Şekil 4.16. Aydın ili Kemer Mezarlığındaki 2n=36 kromozomlu dişi bir örneğin idiogramı.



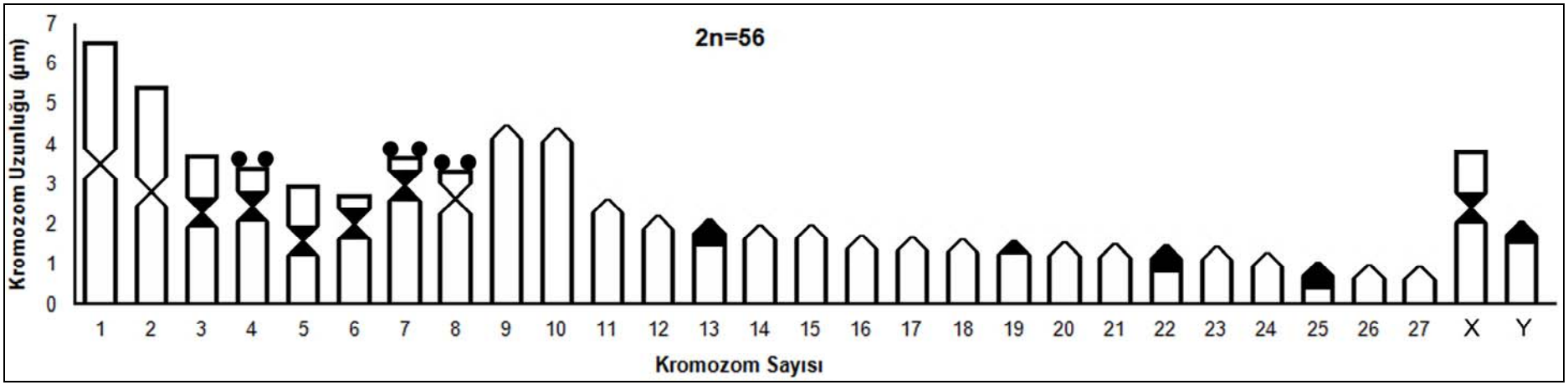
Şekil 4.17. Manisa ili Kırkağaç ilçesi Bakır köyündeki 2n=38 kromozomlu dişi bir örneğin idiogramı.



Şekil 4.18. İzmir ili Kiraz ilçesi İğdeli köyü 2n=50 kromozomlu erkek bir örneğin idiogramı.



Şekil 4.19. Manisa ili Kula ilçesindeki 2n=56 kromozomlu dişi bir örneğin idiogramı.



Şekil 4.20. Manisa ili Alaşehir ilçesindeki 2n=56 kromozomlu dişi bir örneğin idiogramı.

Türkiye kör fareleri üzerine ilk NOR çalışmasını Ivanitskaya ve ark. (1997) yapmışlardır. Araştırmacılar, Malatya'dan *N. xanthodon* ve Gaziantep, Tarsus, Siverek, Elazığ, Diyarbakır, Şanlıurfa ve Birecik'ten yakalanan *N. ehrenbergi*'nin NOR özelliklerini belirlemişlerdir. Bunlara göre; her iki türün de bütün populasyonların da üç kromozom çifti NOR'a sahiptir ve *N. xanthodon*'da üç çift subtelosentrik kromozomların kısa kollarının telomerinde lokalize olmuşlardır. NOR'ların lokalize olduğu kromozomların kısa kolları heterokromatindirler. *N. ehrenbergi*'nin Gaziantep populasyonunda diğerlerinden farklı olarak akrosentrik bir kromozomun uzun kolunun telomer bölgesinde NOR tespit edilerek bu populasyonun NOR taşıyan iki kromozom çiftinin, G-bantlı örüntüsünün Tarsus örneklerininki ile örtüştüğünü belirlemişlerdir. Elazığ, Siverek, Birecik, Diyarbakır ve Şanlıurfa örnekleri arasında NOR lokalizasyonu bakımından fark yoktur.

Gülkaç ve Küçükdumlu (1999) Malatya'dan *N. xanthodon* ve Elazığ'dan *N. ehrenbergi* üzerinde yapmış oldukları çalışmada İki kör fare türünün kromozomlarındaki NOR varyasyonunu incelemişler ve Ag-NOR'un kromozomal yerleşimini tespit etmişlerdir. Araştırmacılara göre *N. xanthodon* 3 çift nukleolar kromozoma sahip iken *N. ehrenbergi* tüm kromozom takımında sadece 2 çift nukleolar kromozom içermektedir. Her iki kör fare türünde de, subtelosentrik kromozomların kısa kollarının terminalinde Ag-NOR yerleşimi tespit etmişlerdir.

Öktem (2008) 2n=60 sitotipin Kuzey Ankara örneklerinde üç çift kromozomda NOR tespit etmiş, ancak bu NOR'ların hangi kromozomlarda olduğunu belirtmemiştir.

Ivanitskaya ve ark. (2008) 2n=60 sitotipin, R ve W formlarında 5'er çift belirledikleri NOR'ların her iki tipte farklı subtelosentrik kromozomlarda lokalize olduklarını saptamışlardır.

Arslan ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmada Kırıkkale'deki *N. xanthodon* üst türüne ait kör farelerin 2n = 54 kromozomal sitotipin NOR'larını bütün örneklerde dört çift iki kollu otozomların kısa kollarının heterokromatin bölgelerinde lokalize olduklarını tespit etmişlerdir.

Arslan ve ark. (2011) Beyşehir ilçesi; Gökçimen ve Bayavşar köylerinden elde edilen 2n=40 kromozomal sitotipin setindeki üç çift submetasentrik ve bir çift subtelosentrik kromozomların kısa kollarının telomer bölgelerinde aktif NOR tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, Ereğli ilçesinden elde edilen 2n=58 kromozomal sitotipin setindeki dört çift kromozomun kısa kolunun telomer bölgelerinde aktif NOR belirlemişlerdir. Ayrıca bu sitotipte heteromorf olan bir çift kromozomunun sadece iki

kollu olan kromozom aktif NOR'a sahiptir. Arslan ve ark. (2011) Konya bölgesindeki 2n=60 kromozomal sitotipin dört çift iki kollu kromozomların kısa kollarınının telomer bölgelerinde aktif NOR tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, 2n=58 ve 60 sitotiplerinde tespit edilen NOR sayıları aynı olsa da onların lokalize oldukları koromozom büyüklüğü ve morfolojileri farklı olduğunu ve 2n=40 sitotipindeki NOR'larında heterokromatin bölgeler ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Bu NOR heterokromatin ilişkisini Ivanitskaya ve ark. (1997 ve 2008) da 2n=60 sitotipinde tespit ederken Arslan ve Bölükbaş (2010) bu sitotipin Aksaray örneklerinde tespit etmemişlerdir.

Arslan ve Zima (2013), Erzincan'daki *N. xanthodon*'un 2n=58 sitotipinde NOR'ları bir çift akrosentrik ve iki çift iki kollu otozomların kısa kolundaki heterokromatin bölgelerin ucunda lokalize olduklarını belirlemişlerdir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışma ile birlikte Ege Bölgesinde yayılış gösteren *N. xanthodon* üst türüne ait 2n=36, 38, 50, 56Kula ve 56Alaşehir sitotiplerinin Ag-NOR dağılımları ve bunların C-heterokromatin bölgeleri ile ilişkili olup olmadıkları ilk kez belirlenmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda Alaşehir'de 2n=50 sitotipin olduğu belirtilmesine rağmen, bu ilçenin merkezinde 2n=56Alaşehir sitotipinin yayılış gösterdiği ilk kez bu çalışmada tespit edilmiştir.

Ayrıca bu çalışmada Kula ve Alaşehir sitotipleri hem FNa değerleri hem de C-bant ve NOR dağılımı yönünden birbilerinden farklı oldukları da belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

Yukarıdaki sonuçlara göre bantlama çalışmalarının karyotip çalışmalarındaki önemi bu çalışmada bir kez daha ortaya konmuştur. Bundan sonra yapılacak olan körfare ve diğer memeli hayvanlarla ilgili karyotip çalışmalarında kromozomal yeni oluşumların ve tür ile populasyonlar arasındaki heterokromatin dağılımı ve NOR farklılıkların tespiti için standart giemsa boyamasının yanı sıra C- ve Ag-NOR bantlamaların yapılması ile daha net sonuçlar sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

Acar, A., 1993, İkinci komite biyoloji notları, Konya.

Akman, Y., 1998, Bitki biyolojisine giriş, Botanik, *Palme Yayıncılık*, Ankara, 1-220.

Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Robert, K. and Watson, J., 1989, Molecular biology of the cell, *Garland Publishing Inc.*, New York and London, 204.

Amemiya, C. T. and Gold, J. R., 1986, Chromomycin A_3 stains nucleolus organizer regions of fish chromosomes, *Copeia* , 226-231.

Anonim, 2006a, http://www.geocities.com/ziraatci_sitesi/genetik2.htm.

Anonim, 2006b, World Wide Web Electronic Publication. http://gslc.genetics.utah.edu/units/disorders/karyotype/chrompictures.cfm

Anonim,2010,http://onlinehumanbody.blogspot.com/2010/09/structure-of chromosome.html.

Arslan, A., 2005, Cytogenetic studies on *Spermophilus xanthoprymnus* (Rodentia: Sciuridae) in Central Anatolia, *Folia Zoologica*, 54(3), 278-284.

Arslan, A. ve Arslan, E., 2007, Karyosistematik de C-bantlama (Konstitutif heterokromatin)'nın önemi, *Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 29, 121- 126.

Arslan, A., Albayrak, İ. and Oshida, T., 2008, Banded karyotypes of the Persian squirrel *Sciurus anomalus* from Turkey, *Caryologia*, 61(2), 139-143.

Arslan, A., Albayrak, İ., Pamukoğlu N. and Yorulmaz, T., 2008, Nucleolar Organizer Regions (NORs) of the Spiny Mouse, *Acomys cilicicus* (Mammalia: Rodentia) in Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 75-78.

Arslan, A., Zima, J. and Özparlak, H., 2008, C-heterochromatin variation in the karyotype reflects species level distinction between Erinaceus roumanicus and *E. concolor* (Eulipotyphla: Erinaceidae) in Turkey, *Zootaxa*, 1961, 1-10.

Arslan, A., Albayrak, İ., Pamukoğlu, N., Yorulmaz, T. and Toyran, K., 2009, C-banded karyotype and NORs of the long-eared hedgehog, *Hemiechinus auritus* from Turkey, *Folia Zoologica*, 58(1), 9-13.

Arslan, A. and Albayrak, İ., 2009, C-Banded Karyotype and Nucleolar Organizer Regions (NORs) of wild boar, *Sus scrofa* (Artiodactyla: Suidae) from Anatolia, *Turkish Journal of Biology*, 29-33.

Arslan, A. and Arslan E., 2010, Heterochromatin distribution and nucleolar organizer regions (NORs) in chromosomes of the Taurus ground squirrel, *Spermophilus taurensis* Gündüz et al., 2007 (Mammalia: Rodentia), in Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 105-110.

Arslan, A. and Bölükbaş, F., 2010, C-heterochromatin and NORs distrubution of mole rat, *Nannospalax xanthodon* from Aksaray, Turkey, *Caryologia*, 398-404.

Arslan, A. and Zima J., 2010, Banded karyotypes of *Allactaga williamsi* from Central Anatolia, *Turkish Journal of Zoology*, 533-537.

Arslan, A., 2010, Cytogenetic Studies on European Brown Hare, *Lepus europaeus* Pallas, 1778 (Lagomorpha: Leporidae) in Turkey, *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 16 (2), 319-322.

Arslan, E., Arslan, A. and Gülbahçe E., 2010, C-Banded Karyotype and Nucleolar Organizer Regions (NORs) of Marsh Frog, *Rana ridibunda* (Ranidae: Anura) in Central Anatolia, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 369-371.

Arslan, A. and Zima, J., 2011, Banded karyotype of the Konya wild sheep (*Ovis orientalis anatolica* Valenciennes, 1856) from Turkey, *Cytogenetics*, 81-89.

Arslan, A., Akan, Ş. and Zima, J., 2011, Variation in C-heterochromatin and NOR distribution among chromosomal races of mole rats (Spalacidae) from Central Anatolia, Turkey, *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde*, 28-35.

Arslan, A., Toyran, K., Gözütok, S. and Yorulmaz, T., 2011, C- and NOR stained karyotypes of mole rat, *Nannospalax xanthodon* (2n = 54) from Kırıkkale, Turkey, *Turkish Journal of Biology*, 655-661.

Arslan, A., Yorulmaz, T., Toyran, T., Gözütok, S. and Zima, J., 2011, C-heterochromatin variation and NOR distribution in the karyotype of water vole, *Arvicola terrestris* (Mammalia, Rodentia), *Caryologia*, 64 (2), 215-222.

Arslan, A., Yorulmaz, T., Toyran, K., Albayrak, I. and Zima, J., 2012, C-banding and Ag-NOR distribution patterns in Euphrates jerboa, *Allactaga euphratica* (Mammalia: Rodentia), from Turkey, *Mammalia*, 76(4), 435-439.

Arslan, A., 2013, A new live trap to catch blind mole rats (*Spalax* sp.), *Folia Zoologica* 62(2), 130-132.

Arslan, A. and Zima, J. 2013, The banded karyotype of the 2n = 58 chromosomal race of mole rat from Erzincan, Turkey, *Folia Zoologica*, 62(1), 19-23.

Aşan, N., Albayrak İ., Demirbaş Y., Yorulmaz T., Toyran K. and Gözütok S., 2010, Nucleolar organizer regions (NORs) in *Cricetulus migratorius* (Pallas, 1773) and *Meriones tristrami* Thomas, 1892 (Mammalia: Rodentia) from Central Anatolia, *Turkish Journal of Zoology*, 231-236.

Atlı, Ş.Z., 2005, Amasya ve çevresinde yayılış gösteren *Microtus dogramacii* (Mammalia: Rodentia)'nın kromozomal anomalileri ve türleşme problemlerinin belirlenmesi, Doktora tezi, *Ondukuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 78.

Balicek, A. J., Zizka, J. and Skalska, H., 1977, Length of human constitutive heterochromatin in relation to chromosomal contraction, *Human Genetics*, 38, 189-193.

Benda, P and Horacek, I., 1998, Bats (Mammalia: Chiroptera) of the eastern mediterranean. part I. review of distribution and taxonomy of bats in Turkey, *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 62, 255-313.

Beridze, T., 1986, Satellite DNA, *Springer Verlag*, Berlin, 1-149.

Burgos, M., Jimenez, R. and Guardia, R., 1988, Comparative Study of G- and C-Banded Chromosomes of Five Species of Microtidae Chromosomal evolution Anixsis", *Genome* , 30, 540-546.

Cooper, G.M., 1997, The Cell: A molecular approach, *The American Society for Microbiology*, NW, Washington,USA, 673.

Corbet G. B., 1978, Mammals of the Palearctic Region: A taxonomic review, *British Museum of Natural History*, London, 1-314.

Corbet, G.B., and Hill, J.E., 1991, A world list of mammalian species, 3th ed, *Natural History Museum Publications*, 243.

Coşkun, Y. ve Ulutürk, S., 2004, Türkiye *Spalax Ehrenbergi* (Spalacidae: Rodentia) türünün taksonomisi, dağılışı ve karyolojisi, Proje No : TBAG-2097 (101T138) nihai raporu.

Coşkun, Y., 2003, A Study on the morphology and karyology of *Nannospalax nehringi* (Satunin, 1898) (Rodentia: Spalacidae) from Northeast Anotolia, Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 27:171-176.

Coşkun,Y. ve Ulutürk, S., 2001, Türkiye *Ellobius* (Rodentia: Mammalia) cinsinin taksonomisi, dağılışı ve karyolojisi, *Tübitak-TBAG 1751 nolu Proje Raporu*, 40.

Çıplak, B., Demirsoy, A. and Bozcuk, A.N., 1993, Distribution of *Ortoptera* in relation to the Anatolian Diagonal in Turkey, *Articulata*, 8(1), 1-20.

Davis, P.H., 1971, Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism, In: Davis P.H., Harper P.C. ve Hadge I.C. (eds), *Plant Life of SW*, Asia, 15-27.

Demirsoy, A., 1991, Yaşamın temel kuralları, *Meteksan Matbaacılık ve Teknik Sanayi Tic. Ltd. Şti*., Ankara, 1-560.

Demirsoy, A., 1998, Kalıtım ve Evrim, *Meteksan Matbaacılık*, Ankara, 206-207.

Denton, T. E., 1973, Fish chromosome methodology, *Charles C. Thomas Publisher*, New York, 166.

Ekim, T. and Güner, A., 1986, The Anatolian Diagonal: Fact or fiction, *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 89, 69-77.

Elçi, Ş., 1982, Sitogenetikte gözlemler ve araştırma yöntemleri, *Uğurel Matbaası*, Malatya, 19-20.

Ensari, N.Y., 2002, Moleküler Biyoloji, *Dicle Üniversitesi Basımevi*, Diyarbakır, 39-46.

Ergene, S., Karahan, A. and Kuru, M., 2010, Cytogenetic analysis of *Pseudophoxinus antalyae*, Bogustkaya, 1992 (Pisces: Cyprinidae) from the Eastern Mediterranean River Basin, Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 111-117.

Fischer, D., Weisenberger, D. and Scheer, U., 1991, Assigning function to nucleolar structures, *Chromosoma*, 101, 133-140.

Ford, C.E. and Hamerton, J.L., 1956, ‘‘A Colchicine-Hypotonic-Citrate’’ squash sequence for mammalian chromosomes, *Stain Technology*, 31, 247-251.

Freitas, T. R., Bogo, M. R. and Christoff, A. U., 1992 , G-, C-bands and NOR Studies in Two Species of Bats From Southern Brasil , *Zeitschrift fur Saugetierkunde*, 57, 330-334.

Gaffaroğlu, M. ve Yüksel, E., 2005, *Chalcalburnus mossulensis* Heckel, 1843 (Pisces: Cyprinidae)’in karyotipi, *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (1), 114-120.

Gaffaroğlu, M., 2003, Karakaya Baraj Gölü’nde yaşayan Cyprinidae familyasına ait bazı türlerin karyolojik analizleri, Doktora Tezi, *İnönü Üniversitesi*, Malatya, 25-27.

Giagia, E., Savic, I. and Soldatovic, B., 1982, Choromosomal forms of the mole rat *Microspalax* from Greece and Turkey, *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 47, 231-236.

Gold, J.R. and Zoch, P.K., 1990, Intraspesifik variation in chromosomal nucleolus organizer regions in Notropis chrysocehalus in Texas, *Southwestern Naturalist*, 35, 311-215.

Goodpasture, C. and Bloom, S. E., 1975, Visulization of Nucleolar Organizer Regions in mammalian chromosomes using silver staining, *Chromosoma* (Berl.) 53, 37-50.

Gromov, I.M. and Baranova, G.I., 1981, Catalogue of mammals in U.S.S.R. Leningrad; Nauka, 454-457.

Gülkaç, M. D., 1987, Malatya yöresi kör fareleri (Rodentia: Spalacidae) üzerinde sitogenetik bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya, 45-50.

Gülkaç, M. D., ve Küçükdumlu, İ., 1999, İki Kör Fare Türünde (*Spalax leucodon* ve *Spalax ehrenbergi*) Nukleolus Organizatör Bölge Varyasyonu, *Turkish Journal of Biology*, 23, 153-158.

Hayes, H. and Dutrillaux, B., 2000, Staining of Nucleolar Organiser Regions. In: Techniques in animal cytogenetics (Eds. P. Popescu, H. Hayes and B. Dutrillaux), *Springer*, Berlin, 65- 68.

Henderson, A. S., Eicher, E. M., Yu, M. T. and Atwood, K. C., 1974, The chromosomal location of ribosomal dNA in the mouse, *Chromosoma* (Berl.), 49, 155-160.

Hillis, D. M. and Moritz, C., 1990, Molecular systematics, *Sinauer Associates Inc.*, 159.

Howell, W.M. and Black, D.A., 1980, Controlled silver staining of nucleolus organizer region with a protective colloidal developer; a 1 step Method, *Experientia*, 36, 1014-1015.

Ivanitskaya, E., Coşkun, Y. and Nevo, E., 1997, Banded karyotypes of mole rats (*Spalax*, Spalacidae, Rodentia) from Turkey, *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 35, 171-177.

Ivanitskaya, E. and Nevo, E., 1998, Cytogenetics of mole rats of the *Spalax ehrenbergi* superspecies from Jordan (Spalacidae, Rodentia), *Zeıtschrıft fur Saugetıerkunde*, 63, 336-46.

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, *Cytogenetic and Genome Research*, 122, 139-149.

Kalat, M., Mayr, B., Rab. P. and Scleger, W., 1988, Heterochromatin studies and localization of NORs in European Grayling (*Thymallus thymallus*, Pisces, Thymallidae)", *Caryologia*, 41, 245-249.

Kankılıç, Te., Kankılıç, To., Çolak, R., Çolak, E. and Karataş, A., 2007, Karyological comparison of populations of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 superspecies (Rodentia: Spalacidae) in Turkey, *Zoology in the Middle East*, 42, 15-24.

Karahan, A. and Ergene, S., 2010, Cytogenetic analysis of *Garra variabilis* (Heckel, 1843) (Pisces, Cyprinidae) from Savur Stream (Mardin), Turkey, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 483-489.

Karahan, A. and Ergene, S., 2011, Chromosomal differentiation between populations of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from the Göksu Delta and Orontes River (Turkey), *Turkish Journal of Biology*, 79-87.

Karahan, A., 2007, *Garra Rufa* ve *Garra variabilis*'in morfometrik ve sitogenetik yönden karşılaştırmalı olarak incelenmesi, Doktora Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin, 25.

Karasu, M., Yüksel, E. and Gaffaroğlu, M., 2011, Karyotype, NORs, and C-banding analysis of *Pseudophoxinus firati* Bogutskaya, Küçük ve Atalay, 2007 (Actinopterygii, Cyprinidae) in the Euphrates River, Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 865-868.

Karol, S., 1998, Hücre biyolojisi, *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi*, Ankara, 1-451.

Karol, S., Ayvalı, C. ve Suludere, Z., 2000, Hücre Biyolojisi, *Öğün Matbaacılık*, Ankara, 337-342.

Karol, S. ve Suludere, Z., 1992, Hücre çekirdeği ve kromozomlar, *Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi*, Yayın No: 24, Ankara, 28-29.

Kışlalıoğlu, M. ve Berkes, F., 1987, Biyolojik Çeşitlilik, *T. Ç. S.V. Yayını*, 122.

King, M., 1985, The canalization model of chromosomal evolution; A critique, *Systematic Zoology*, 34(1), 69-75.

Krystufek, B. and Vohralik, V., 2009, Mammals of Turkey and Cyprus. Rodentia II. Cricetinae, Muridae, Spalacidae, Calomyscidae, Capromyidae, Hystricidae, Castoridae, *Knjiznica Annales Majora*, Koper, 112.

Kurtonur, C., 1996 ,Türkiye Omurgalılar Tür Listesi, *DPT/TBAG-Çev. Sek*. 3., 3-23.

Kuru, M. ve E. Gözükara, S., 2001, Genetik, 569 örnek problem, *Palme Yayıncılık*, Ankara, 360.

Lande, R., 1979, Effective deme sizes during long-term evolution estimated from rates of chromosomal rearrangement, *Evolution*, 33 (1), 234-251.

Levan, A., Fredga, K. and Sandberg, A. A., 1964, Nomenclature for centromeric position on chromosomes, *Hereditas*, 52, 201-220.

Lodish, H., Berk, A., Matsudaira, P., Kaiser, C.A., Krieger, M., Scott, M.P., Zipursky, S.L. and Darnell, J., 2004, *Molecular Cell Biology*, W.H. Freeman and Company, New York, 424-429.

Lopez, J. R., Alvarez, M. C., Thodes, G. and Martinez, C., 1989, Karyotype Divergence in Symphodus melops G and NOR Karyotypes, *Genome*, 32, 35-39.

Lyapunova, E.A., Vorontsov, N.N. and Martynova, L., 1971, Cytological differentiation of burrowing mammals in the Palaearctic. In: Kratochvil, J., Obrtel, R. (Eds.), *Symposium Theriologicum II. Academia*, Prague, 203-215.

Macgregor, H. C. and Varley, G. M., 1983, Working with animal choromosomes, *Wiley-Interscience Publisher*, Chichester, 1-250.

Mandahl, N., 1978, Variation in C-stained chromosome regions in European *hedgehogs* (Insectivora, Mammalia), *Hereditas*, 89, 107-128.

Mandahl, N., 1979, Localization of nucleolar organizing regions in European hedgehogs. (Insectivora, Mammalia), *Hereditas*, 91, 14-161.

Matthey, R., 1959, Formules chromosomiques de muridae et de spalacidae la question du polymorphisme chromosomique chez les mammiferes, *Revue Suisse de Zoologie*, 66 (5), 75-209.

Matur, F., 2009, Batı Türkiye *Nannospalax* (Mammalia: Rodentia) kromozomal formlarının G ve C bantlama yöntemleriyle karşılaştırılması, Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak, 66-67.

Mayr, B. and Kalat, M., 1989, Chromosome banding and NORs in *Cervus nippon hortulorum,* Swinhoe , *Caryologia* , 42, 243-248.

Miller, D. A., Dev, V. G., Tantravahi, R. and Miller, O. J., 1976, Suppression of human nucleolus organizer activity in mouse-human somatic hybrid cells, *Experimental Cell Research*, 101, 235–243.

Monteagudo, L. V. and Arruga, M. V., 1991, NOR activity interaction among the chromosomes of common rabbit : A statistical analysis, *Caryologia* , 44, 85-91.

Moreno- Millan, M. and Rpdero- Franganilion, A., 1990, Nucleolus organizer regions types of association and identification of carrier chromosomes in domectic sheep , *Genetics Selection Evolution* , 22, 273-277.

Musser, G. and Carleton, M., 2005 , Superfamily muroidea. In: Wilson, D.E., Reeder, D.M. (Eds.), Mammal Species of the World, A taxonomic and geographic reference 3rd edition, *The Johns Hopkins University Press*, Baltimore, 894–1531.

Nemeth, A., Revay, T., Hegyeli, Z., Farkas, J., Czaban, D., Rozsas, A. and Csorba, G., 2009,Chromosomal forms and risk assessment of *Nannospalax* (*superspecies leucodon*) (Mammalia: Rodentia) in the Carpathian Basin, *Folia Zoologica*, 58, 349-361.

Nevo, E., 1982, Speciation in subterranean mammals, mechanisms of speciation,191-218.

Nevo, E., 1991, Evolutionary theory and processes of active speciation and adaptive radiation in subterranean mole rats, *Spalax ehrenbergi* superspecies in Israel, *Evolutionary Biology*, 25, 1-125.

Nevo, E., Filippucci, M.G., Redi, C., Korol, A. and Beiles, A., 1994, Chromosomal speciation and adaptive radiation of mole rats in Asia Minor correlated with increased ecological Stress, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, USA, 91, 8160-8164.

Nevo, E., Filippucci, M.G., Redi, C., Simson, S., Heth, G. and Beiles, A., 1995, Karyotype and genetic evolution in speciation of subterranean mole rats of the genus *Spala*x in Turkey, *Biological Journal of the Linnean* Society, 54, 203-229.

Nevo, E., 1999, Mosaic evolution of subterranean mammals. Regression, progression and global convergence, *Oxford University Press*, New York, 413.

Nevo, E., Ivanitskaya, E., Flippucci, M.E. and Beiles, A., 2000, Speciation of subterranean mole rats *Spalax ehrenbergi*, in Jordan, *Biological Journal of the Linnean* Society, 69, 268-281.

Oberdorff, T., Contaz, C. and Afnese, J. F., 1990, Chromosome banding in African Catfishes: Nucleolar organizer regions in five species of the *synodontis* an done of the genus *hemisynodontis*, *Cartologia*, 43: 9-16.

Ognev, S.I., 1947, Mammals of the U.S.S.R. and adjacent Countries, *Volume V Rodents*, Moskova, 1-662.

Ozban, N., 1994, Sitoloji, *İstanbul Üniversitesi Yayınları*, İstanbul, 199.

Ökten, F. G., 2008, Kuzey Ankara *Spalax*'larının (kör fare) karyotip, Nukleolus organizatör bölge (NOR) ve C-bant özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 58.

Pekol, S., 2000, Kastamonu Beyler ve Germeçtepe Barajlarındaki *Cyprinus carpio* (L.,1758) ve *Leuciscus cephalus* (L., 1758) populasyonlarının karşılaştırmalı karyotip analizi ve NOR fenotipleri, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Pergament, D. and Fiddler, M., 1998, The Location of The Centromere, The Genetics of Cancer, New Yorks, www.cancergenetics.org/centrmr.htm.

Raghianti, M., B., Innıcenti, S. and Mancino, G., 1977, An Ammoniacal Silver Staining Tecnique for Mitotic Chromosomes of *Triticus* (Urodela: Salamandrideae), *Experientia*, 33, 1321-1329.

Raicu, R., Duma, D. and Torcea, S., 1973, Chromosomal polymorphism in the lesser mole rat, *Spalax leucodon*, *Chromosomes Today*, 4 , 383-386.

Rattner, J.B., 1991,The structure of the Mammalian Centromere, *Biographical* Essay, 13-51.

Rocha, G. T. and Lucca, E. J., 1988, Nucleolar organizer regions in somatic chromosomes of some species of birds , *Caryologia* , 41, 299-308.

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 Research*, 15, 283-297.

Rose, K.M., Szopa, J., Han, F., Cheng, Y., Richter, A. and Scheer, U., 1988, Association of DNA Topoizomerase I and RNA Polymerase I: A possible role for Topoizomerase I in ribosomal gene transcription, *Chromosoma*, 96, 411-416.

Sanchez, A., Jimenez, R. and Guardia, D., 1990, Variable conservation of nucleolus organizer regions during karyotypic evolution in microtidea, *Genome* , 3, 119-122.

Savic, I. and Soldatovic, B., 1979, Distribution range and evolution of the chromosomal forms in the spalacidae of the Balkan Peninsula and Bordering Regions, *Journal of Biogeography*, 6, 363-374.

Savic, I. and Soldatovic, B., 1984, Karyotype evolution and taxonomy of the genus *Nannospalax* Palmer, 1903, Mammalia, in Europe, *Serbian Academy of Sciences and Arts*, Separate Editions 59:1-104.

Savic, I., 1982, Familie Spalacidae Gray, 1821 , Blindmause. In; Handbuch der Saugetiere Europas, Band 2/1 Rodentia, *Akademishe Verlagsgesellschaft*, Wiesbaden, 537-584.

Savic, I. and Nevo, E., 1990, The Spalacidae; Evolutionary history, speciation and population biology, In ; Evolution of subterranean mammals at the organismal and molecular levels, (E. Nevo and A O. Reig, eds.), *Alan R. Liss*, New York, 129-153.

Schwarzacher, H.G. and Wachtler, F., 1993, The nukleolus, *Anatomy embryology*,188, 515-536.

Shaw, J., 2000, Introduction to chromosome abnormalities, *Chromosome Deletion Outreach Inc.*, www.members.aol.com/cdousa/intro.htm.

Soldatoic, B., Garzicic, B. and Zivkovic, S., 1966, Chromosome analysis of *Spalax leucodon*, *Caryologia*, 19(3), 261-265.

Sözen, M. and Kivanç, E.,1998, Two new karyotypic forms of *Spalax leucodon* (Nordmann, 1840) (Mamma1ia: Rodentia) from Turkey, *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 63, 307-310.

Sözen, M., Çolak, E., Yiğit, N., Özkurt, Ş. and Verimli, R., 1999, Contributions to the karyology and taxonomy of the genus *Spalax* Güldenstaedt, 1770 (Mamma1ia: Rodentia) in Turkey, *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 64, 210-219.

Sözen, M., Çolak, E. and Yiğit, N., 2000a, Contributions to the karyology and taxonomy of *Spalax leucodon nehringi* Satunin, 1898 and *Spalax leucodon armeniacus* Mehely, 1909. (Mammalia: Rodentia) in Turkey, *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 65, 309-312.

Sözen, M., Çolak, E. and Yiğit, N., 2000b, A study on karyotypic evolution of the genus Spalax Güldenstaedt, 1770 (Mammalia: Rodentia) in Turkey, *Israel Journal of Zoology*, 46: 239-242.

Sözen, M., 2004, A karyological study onsubterranean mole rats of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 superspecies in Turkey, *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 69(6), 420-429.

Sözen, M., Matur, F., Çolak, E., Özkurt, Ş. and Karataş, A., 2006, Some karyological records and a new chromosomal form for *Spalax* (Mammalia: Rodenita) in Turkey, *Folia Zoologica*, 55(3), 247-256.

Sözen, M., Matur, F., Sevindik, M. ve Çolak, E., 2008 , Batı Anadolu körfarelerinin, *Nannospalax nehringi* (Mammalia: Rodentia) kromozomal formlarının belirlenmesi, *Proje No: TBAG-HD 164(106T225) nihai raporu*.

Sözen, M., Çataklı, K., Eroğlu, F., Matur, F. and Sevindik, M., 2011, Distribution of chromosomal forms of *Nannospalax nehringi* (Satunin, 1898) (Rodentia: Spalacidae) in Çankırı and Çorum provinces, Turkey, *Turkish Journal of Zoology,* 35, 367–374.

Sperling, K., Kalscheuer, V. and Neitzel, H., 1987, Transcriptional activity of constitutive heterochromatin in the mammal *Microtus agrestis* (Rodentia, Cricetidae), *Experimental Cell Research*, 173, 463-472.

Sumner, A.T., 1972, A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin, *Experimential Cell Research*, 75, 304-306.

Sumner, A. T., 1990, Chromosome banding, *Unwin Hyman*, London, 1-434.

Sumner, A. T., 2003, Chromosomes: Organization and function, *Blackwell Publishing*, Oxford, UK, 1-93.

Şekeroğlu Atlı, Z., Kefelioğlu, H. and Şekeroğlu, V., 2011, Cytogenetic characteristics of *Microtus dogramacii* (Mammalia: Rodentia) around Amasya, Turkey, *Turkish Journal of Zoology*, 593-598.

Temizkan, G.O., 1994, Genetik: I. Temel Genetik, 2. Baskı. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Basım Evi*, İstanbul, 281.

Tez, C., Gündüz, İ. and Kefelioğlu, H., 2002 , New data on the distribution of 2n=38 *Spalax leucodon* (Nordmann, 1840) cytotype in Turkey, *Israel Journal of Zoology*, 48, 155-159.

Therman, E., 1986, Human chromosomes structure , behavior, effects, *Springer-Verlag*, Newyork, 158-160.

Topachevskii, W.A., 1969, Fauna USSR Spalacidae, Leningrad; Nauka. (English translation; US Dept. Commerce. Natn. Info. Serv., *Springfield*, Virginia.

Topaktaş, M. ve Rencüzoğulları, E., 1995, Sitogenetik, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 1-182.

Ünal, S., 2011, *Squalius anatolicus* (Bogutskaya, 1997) (Pisces, Cyprinidae)'un sitogenetik analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırşehir, 38.

Varley, J. M., Macgregor, H. C., Nardi, I., Adrews, C. and Erba, H. P., 1980, Cytological evidence of transcription of highly repeted DNA sequences during the lampbrush stage in *Triturus cristatus carnifex*, *Chromosoma*, 80, 289-307.

Verma, R.S. and Babu, A., 1989, Human chromosomes, manual of basic techniques, *Chromosome Researc* 4(1), 80-81.

Vijh, R. K., Sahai, R. and Sharma, A., 1991, Sister chromatid exchange in *Murrah buffaloes* , *Indian Journal of Animal Science* , 61(9), 991-993.

Walknowska, J., 1963, Les chromosomes chez *Spalax leucodon* Nordm, *Folia biologica*, Krakow, 11(3), 293-307.

White, M.J.D., 1978, Modes of speciation. San Fransisco: W.H.Freeman and Company, *Syst Zoology*, September, 27, 285 – 298.

Wilson, D.E. and Reeder, D.M., 2005, Mammal Species of the World: A taxonomic and geographic reference, Second Ed., *Smithsonion Institution Press*, Washington and London, 750-756.

Yiğit N., Çolak E., Sözen M. and Karataş A., 2006, Rodents of Türkiye, *Meteksan*, Ankara, 76-80.

Zima, J. and Kral, B., 1984, Karyotypes of European Mammals II, *Acta Scientiarum Naturalium*, Bohemoslovacae, 18(8), 1-6.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Apdil ARISOY
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Çay /Afyonkarahisar / 05.05.1986
Telefon : -
Faks : -
e-mail : biologabdil@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Bolvadin Anadolu Lisesi, Bolvadin /Afyonkarahisar	2004
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Konya	2010
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü	2013
Doktora	:	-	-