T. C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKSARAY BÖLGESİNDEKİ *Nannospalax xanthodon* ÜZERİNE SİTOGENETİK ARAŞTIRMALAR (MAMMALIA: RODENTIA)

Ferhan BÖLÜKBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Konya, 2010

Yüksek Lisans Tezi

AKSARAY BÖLGESİNDEKİ *Nannospalax xanthodon* ÜZERİNE SİTOGENETİK ARAŞTIRMALAR (MAMMALIA: RODENTIA)

Ferhan BÖLÜKBAŞ

Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Y. Doç. Dr. Atilla ARSLAN
2010, 57 Sayfa

Jüri: Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK
Doç. Dr. Atilla ARSLAN
Yrd. Doç. Dr. Haluk ÖZPARLAK

Bu çalışmada, Aksaray bölgesindeki körfare, *Nannosapalax xanthodon* üsttürüne ait 2n=60 kromozomal formu araştırıldı. Standart kromozom boyama, Ag-NOR boyama ve C-bantlama analizi 9 lokaliteden elde edilen körfareler üzerine uygulandı. Eskil populasyonunda bir heteromorf kromozom çifti tespit edildi. C-heterokromatin bölgeler bütün iki kollu otozomların sentromerik bölgesinde bulunurken, Ayrıca bazı akrosentrik otozomların perisentromerik bölgelerinde lokalize olmuştur. Eşey kromozomları farklı bir perisentromerik koyu C-banda sahiptirler. Eskil populasyonunda heteromorf otozomal çiftin kısa kollarında heterokromatin ve ökromatin materyal silinmesi/eklenmesi kaydedildi. NOR'lar çalışılan bütün populasyonlarda iki kollu dört çift kromozomun kısa kollarının ökromatin distal ucunda lokalize olmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Nannosapalax xanthodon*, karyotip, C-bantlama, NOR, Aksaray

ABSTRACT

Msc. Thesis

CYTOGENETIC INVESTIGATIONS ON *Nannospalax xanthodon* IN AKSARAY PROVINCE (MAMMALIA: RODENTIA)

Ferhan BÖLÜKBAŞ

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2010, 57 Page

Jury: Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK

Assoc. Prof. Dr. Atilla ARSLAN

Assist. Prof. Dr. Haluk ÖZPARLAK

In this study, the 2n = 60 chromosome form of mole rats, *Nannospalax xanthodon* superspecies from the Aksaray province in Turkey were investigated. Conventional chromosome staining, Ag-NOR staining and C-banding analysis were carried out on specimens of mole rats obtained from 9 localities. Heteromorphic chromosomal pair was determined in Eskil populations. C-heterochromatin regions were found in centromeric region of all biarmed autosomal pairs whereas C-heterochromatin was localized in pericentromeric areas of some acrocentric autosomes. The sex chromosomes possessed distinct pericentrometric dark C-band. Heteromorphic autosomal pair with deletion/addition of heterochromatin and euchromatin material in short arms were recorded in Eskil populations. The NORs were localized in four pairs of biarmed autosomes in all the studied populations in distal euchromatic areas of the short arms.

Keywords: *Nannosapalax xanthodon*, karyotype, C-banding, NOR, Aksaray

ÖNSÖZ

Bu araştırma esnasında benden arazi çalışmalarında, laboratuar çalışmalarında ve tez yazımında ilgi, öneri, yardımlarını esirgemeyen en büyük desteği aldığım değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Atilla ARSLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım ve bu araştırmayı bir proje ile destekleyen S. Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışmam ve öğrenim hayatım boyunca beni daima destekleyen ve hiçbir fedakârlıktan kaçınmayıp benim bugünlere ulaşmamda çok büyük emekleri geçen değerli babam Ali BÖLÜKBAŞ annem Firdevs Bölükbaş ve ağabeyim Süleyman BÖLÜKBAŞ' a sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET..... iii
ABSTRACT……. iv
ÖNSÖZ……. v
İÇİNDEKİLER……. vi
ŞEKİLLER DİZİNİ…….. viii
TABLOLAR DİZİNİ……... ix
SİMGELER DİZİNİ……. x
1. GİRİŞ……... 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI…… 5
2.1. Kromozomlar ve Karyotip..... 13
2.2. Kromozom Bantlama Yöntemleri..... 15
2.2.1. C- bantlama…….. 15
2.2.2. Nukleolus organizatör bölge (NOR)……... 16
2.2.3. Kromozom varyasyonları……. 18
3. MATERYAL VE METOT..... 22
3.1. Standart Giemsa Boyama..... 25
3.2. C- bantlama…… 25
3.2.1. Kullanılan çözeltiler ……. 25
3.2.2. Yapılışı……. 26
3.3. NOR bantlama……... 27
3.3.1. Kullanılan çözeltiler……. 27
3.3.2. Yapılışı……. 27
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI…….. 29
4.1. Standart Karyotip (Giemsa Boyası)..... 29
4.2. C-bantlama……. 35
4.3. Ag- NOR Boyama..... 38

5. TARTIŞMA VE SONUÇ…… 40
5.1. Standart Karyotip (Giemsa Boyama)..... 40
5.2. C- bantlama..... 43
5.3. NOR-bantlama..... 45
6. KAYNAKLAR..... 47

ŞEKİLLER DİZİNİ

No		Sayfa
Şekil 1.1.	Türkiye'de yayılış gösteren körfare türleri……...	3
Şekil 3.1.	Araştırmanın yapıldığı Aksaray ilindeki 2n=60 kromozomlu körfare örneklerinin alındığı lokaliteler. Numaralar, örnek sayılarını göstermektedir.…….	23
Şekil 3.2.	Eskil örneklerinin açılmış bir galerisi (A) ve yayılış alanı (B)……..	24
Şekil 3.3.	Yakalanan ve karyolojisi yapılan Eskil örneği.....	24
Şekil 4.1.	Aksaray ili Güzelyurt ilçesinden erkek bir örneğin metafaz plağı ve karyotipi……	29
Şekil 4.2.	Aksaray ili Gülağaç ilçesinden dişi bir örneğin metafaz plağı ve karyotipi. Oklar ikincil boğumları (NORs) göstermektedir..……	30
Şekil 4.3.	Aksaray Sarıyahşi 2n=60 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi……...	31
Şekil 4.4.	Aksaray Merkez 2n=60 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi……	32
Şekil 4.5.	Aksaray ili Ortaköy ve Ağaçören ilçesinden dişi bir örneğin metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi……...	33
Şekil 4.6.	Aksaray ili Eskil ilçesine ait erkek bir örneğe ait metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi. Hetermorf kromozomlar kutucuk içindedir …….....	34
Şekil 4.7.	Aksaray il merkezinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi……	36
Şekil 4.8.	Aksaray ili Sarıyahşi ilçesinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı …….....	36
Şekil 4.9.	Aksaray ili Gülağaç, Ağaçören, Güzelyurt ilçelerinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı……..	37
Şekil 4.10.	Aksaray ili Ortaköy ilçesinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi……...	37
Şekil 4.11.	Aksaray ili Eskil ilçesinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi……	38
Şekil 4.12.	Aksaray il merkezinden erkek bir örneğin Gümüş-nitrat boyalı metafaz plağı ve karyotipi…….	39

TABLOLAR DİZİNİ

No **Sayfa**

Tablo 2.1. Türkiye'de *N. xanthodon* üzerine yapılan karyolojik çalışmalar..... 10

Tablo 4.1. Aksaray bölgesinden elde edilen körfare örneklerinin lokaliteleri….. 35

SİMGELER DİZİNİ

A: Akrosentrik

^{o}C: Santigrat derece

g: gram

M: Metasentrik

ml: mililitre

n: Örnek sayısı

NF: Temel kromozom kol sayısı

NFa: Otozomal kromozom kol sayısı

nm: Nanometre

rpm: Dakikadaki devir sayısı

Sm: Submetasentrik

St: Subtelosentrik

2n: Diploid kromozom sayısı

µl: Mikrolitre

♀**:** Dişi

♂**:** Erkek

GİRİŞ

Yerküre milyonlarca yıldır bir değişim geçirmekte olup, üzerinde yaşayan canlılar da bu değişimden etkilenmişlerdir. Değişmekte olan coğrafik ve iklimsel faktörler, bölgeler arası floral ve faunal elamanların morfolojileri arasında farklılıklara neden olmuştur. Yaşamakta olduğumuz Anadolu Yarımadası üzerinde yapılan jeolojik ve jeofizik araştırmalar, Anadolu'nun yatay ve düşey doğrultuda pek çok kez değişime uğradığını göstermiş ve bu değişimler de Anadolu flora ve faunasının şekillenmesinde önemli bir topografik etmen olduğu düşünülen "Anadolu Diyagonali"ni ortaya çıkarmıştır (Davis 1971, Ekim ve Güner 1986, Çıplak ve ark. 1993). Jeolojik tarihinin yanı sıra üç kıtanın birleştiği bir bölge olması nedeniyle birçok türün gen merkezi olan Anadolu; Dünya'daki ekocoğrafik bölgelerle karşılaştırıldığında Amazon bölgesinden daha zengin ekosistemlere sahiptir (Kışlaoğlu ve Berkes 1987, Kurtonur 1996, Benda ve Horacek 1998, Gülkaç ve Yüksel 1999).

Yapılan son çalışmalar, dünyada yaşayan memeli türlerinin yaklaşık olarak %3'ünün ülkemizde yaşamakta olduğunu, bunların da yaklaşık % 73'ünü küçük memelilerin (Eulipotyphla, Insectivora, Chiroptera ve Rodentia) ve yine bunların da % 43'ünü kemirgen türlerin oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu değerler de bize Türkiye'nin memeli tür sayısı ve çeşitliliği açısından; özellikle kemirgen türleri bakımından zengin bir biyoçeşitliliğe sahip olduğunu göstermektedir (Danford ve Alston 1887 ve 1880, Turan 1984, Doğramacı 1989, Corbet ve Hill 1991, Kurtonur 1996, Coşkun 2001 ve 2003, Kryštufek ve Vohralik 2009).

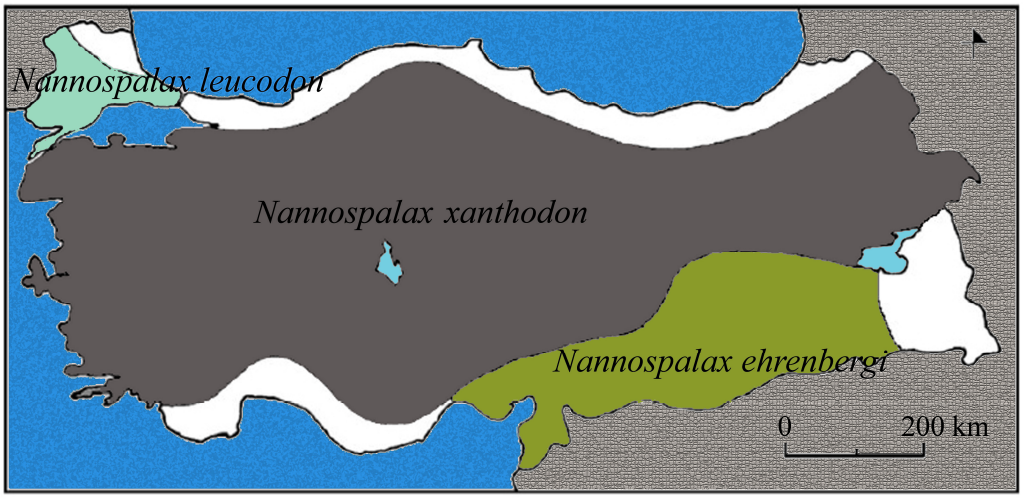
Yerkürenin geçirmekte olduğu değişim sürecinde, memeliler ilk olarak Paleosen sonu ve Eosen başlarında ortaya çıkmış ve Tersiyer boyunca yaşanabilir tüm alanlara yayılarak çeşitlenmişlerdir. Memelilerin son dönemlerde kazandıkları beyin organizasyon güçleri, farklı ortamlarda yaşama şansını arttıran güçlü adaptasyon yetenekleri, vücut sıcaklıklarını sabit tutabilme özelliği, yavrularının gelişimini ana rahminde tamamlayabilme gibi belirli özellikleri memelilerin

çeşitlenmesinde en önemli etkenlerdendir (Nevo 1982 ve 1991, Nevo ve ark. 1995 ve Coşkun 2003).

Spalacidae ailesindeki körfareler, yeraltında yaşamaya uyum sağlayabileceklerini gösteren birçok özelliğe sahip kazıcı vücutlu kemirgenlerdir. Körfareler ayrı gruplar halinde yaşarlar. Bu dağılış biçiminin, karyotip farklılaşma sürecinin yanında türleşme olaylarını da desteklediğine inanılır. Spalacidae ailesinde körfarelerin filogenetik bağları henüz kesin olarak çözülememiştir. Körfarelerin sistematik bir şekilde incelenmesi daima zor olmuştur. Bu durum, körfarelerin kazıcı yaşam biçimleri için uyarlanmış değişmez fenotipler doğurmasına neden olan farklı konvergent dağılımlardan kaynaklanmaktadır (Savic ve Nevo 1990).

Savic ve Nevo (1990) ile Musser ve Carleton (2005) bu familyayı monogenerik (sadece bir *Spalax* cinsi 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. *Spalax* cinsi, kafatasının arka boşluğunun kenarlarındaki deliklerden yoksun türlerle beraber, daha çok diploit kromozom numarasına sahip olup akrosentrik otozomları olmayan karyotiplere sahip türler içerir. *Nannospalax* cinsinin türleri daha küçüktür, karyotipleri çok değişkendir (2n=36-62) ve akrosentrik otozomlar içerir (Topachevski 1969, Lyapunova ve ark. 1971, Savic ve Soldatovic 1984). Birçok yazar *Nannospalax* içinde üç türün olduğunu kabul eder: *N. ehrenbergi* Satunin, 1898, *N. leucodon* Nordmann 1840 ve *N. nehringi* Nehring, 1898 (Musser ve Carleton 2005). Ancak Kryštufek ve Vohralik (2009) *nehringi* yerine *xanthodon* Nordmann, 1840 ismini önermişlerdir. *N. ehrenbergi* Yakın Doğu (İsrail, Ürdün, Suriye, Lübnan, Irak, Türkiye'de Güneydoğu Anadolu ve Mısır)'ya kadar yayılmıştır. *N. xanthodon* Nordmann, 1840 çoğunlukla Anadolu'da ve Transkafkasya'da bulunurken *N. leucodon* ise orta ve güneydoğu Avrupa'nın bazı bölgelerinde bulunur. Birçok yazar *N. xanthodon* ve *N. leucodon*'u birlikte sınıflandırarak toplu hale getirmiş ve buna *N. leucodon* üsttürü adını vermiştir (Nevo ve ark. 1995, Sözen ve ark. 2006b.). *Nannospalax* populasyonlarındaki mükemmel karyotipik değişme 50'den fazla kromozomal formunun kayıtlarında açıkça gösterilmiştir (Savic ve Nevo 1990, Nevo ve ark. 1995). Bu formlar kesin olmamakla

beraber bazı araştırıcılar tarafından biyolojik türler olarak nitelendirilmiştir (Nevo ve ark. 1994, 1995, 2001).



Şekil 1.1. Türkiye'de yayılış gösteren körfare türleri (Kryštufek ve Vohralik 2009).

Genetik Türler Konsepti'nin (Baker ve Bradley 2006) uygulanmasının, körfarelerin birçok ayrı türe bölünmesine yol açabileceği açıktır. Bu yüzden, körfarelerin lokal popülasyonlarıyla ilgili devam eden çalışmalar, kromozom formlarının dağılışının haritalandırılması ve onların karyotipik evolüsyon işleyişini daha iyi anlamak için önemlidir.

Türkiye'deki körfarelerin standart boyalı karyotipleri üzerine yayınlanan birçok çalışmaya rağmen (Sözen ve ark. 2006b.), ilk bantlama çalışması Ivanitskaya ve ark. (1997) tarafından Güneydoğu Anadolu örnekleri üzerine yapılmıştır. Öktem (2008), Kuzey Ankara'daki 2n=60 formunun karyotip, nukleolus organizatör bölge (NOR) ve C- bant özelliklerini araştırmıştır. Türkiye körfareleri ile yapılan diğer bir bantlama çalışması ise Ivanitskaya ve ark. (2008) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada 2n=60 formunun Orta Anadolu ve Kuzey Anadolu'da yayılış gösteren formları karşılaştırılmıştır. Matur (2009), Batı Türkiye *Nannospalax* (Mammalia: Rodentia) kromozomal formlarının G ve C bantlama yöntemleriyle karşılaştırılma çalışması yapmıştır. Arslan ve ark. (2010) Konya bölgesindeki *N. xanthodon*'un 2n=40, 58 ve 60 formları üzerine C-bantlama ve Ag-NOR boyama uygulamışlardır. Ancak Aksaray bölgesinde yayılış gösteren kromozomal formun heterokromatin ve

NOR dağılımı hakkında yeterli bilgi yoktur. Bu çalışmanın amacı, Aksaray bölgesindeki *N. xanthodon* üsttürüne ait 2n=60 formunun standart karyotip özellikleri, heterokromatin ve NOR dağılımları hakkında bilgi vermektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Güney doğu Avrupa, Küçük Asya (Türkiye'nin Anadolu kesimi), Kafkasya, Güney Kafkasya, Ukrayna, Ermenistan, Suriye, Filistin, Irak, İsrail, Ürdün ve Kuzey doğu Afrika bölgesi, Spalacidae familyasından yeraltı kör farelerinin yayılış alanını oluşturmaktadır. (Corbet 1978, Savic ve Nevo 1990, Harrison ve Bates 1991, Pantalayev 1998). Bu bölgeler ile ilgili yapılan kayıtlarda şu ana kadar *Nannospalax*'ın 50 den fazla kromozom yapısı olduğu tespit edilmiştir. Belirtilen bölgeler arasında en farklı olanı Türkiye'dedir ve tek başına 30 farklı kromozom yapısı barındırır (Soldatovic ve Savic 1978, Savic ve Soldatovic 1979, Giagia et al. 1982, Yüksel 1984, Gülkaç ve Yüksel 1989, Yüksel ve Gülkaç 1992 ve 2001, Nevo ve ark. 1994 ve 1995, Sözen ve Kıvanç 1998a ve b, Sözen ve ark. 1999, Sözen ve ark. 2000 a ve b, Tez ve ark. 2001 ve 2002, Coşkun 2003, Sözen 2004) (Tablo 2.1.). Türkiye körfareleri üzerinde yapılan karyotip incelemeleri *N. xanthodon*'un diploid kromozom sayılarının 36 ile 62 arasında *N. ehrenbergi*'nin 48 ile 58 arasında değiştiğini göstermektedir. Temel kromozom kol sayısı (NF), *N. ehrenbergi* türü için 74 ile 90 arasında değişirken *N. xanthodon* türü için bu değerin 70 ile 84 arasında olduğu görülmektedir. Bu bulgular göz önüne alınarak Türkiye'deki *Nannospalax* kromozomal formların türlere ayrıştırılması (kromozomal türleşme) önerilmektedir (Nevo ve ark. 1994 ve 1995).

Farklı kromozom sayılarına sahip olan formların genetik farklılıklaşma derecesinin belirlenmesi, gen akışlarının devam edip etmediğinin ortaya konması ve bu formların ayrı birer tür olup olmadığına karar verilmesi için sadece morfolojik özelliklerin değil kromozom bantlama, mtDNA analizleri, enzim elektroforezleri vb. gibi çalışmaların da yapılması gerekmektedir (Akçın 2006). *N. xanthodon*'un Türkiye'deki diploid kromozom sayıları 36, 38, 40, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60, 62, temel kromozom kol sayısı 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 78, 80, 82, 84 değerleri dikkate alındığında 30'a yakın form iyi bir biyolojik tür olma adayıdır (Akçın 2006). Türleşme olayının %90 oranında karyotipik değişimden meydana geldigi göz önüne

alınırsa bunun Spalacidae familyası için kuvvetli bir ihtimalden ziyade bir dayanak oluşturduğu savunulmaktadır (Lande 1979, Patton 1990, Wahrman ve ark. 1969, Savic ve Nevo 1990, Nevo 1991, Nevo ve ark. 1994 ve 1995, Sözen ve Kıvanç 1998a ve b, Sözen ve ark. 1999, Sözen ve ark. 2000a ve b). *Spalax* cinsinin içindeki diploid kromozom sayısı farklılığı (heterozygosity=Aynı tür içindeki bireyler arası genetik farklılık) ve NF değerleri çeşitliliğinin kuraklık baskısı ve iklimsel belirsizlikle bağlantılı olduğu ve tüm yönlerden, ekolojik olarak sert, kurak ve belirsiz iklim koşullarının bulunduğu Anadolu Platosuna doğru artış gösterdiği kaydedilmiştir (Nevo ve ark. 1994 ve 1995, Sözen ve Kıvanç 1998a ve b, Sözen ve ark. 2000a ve b, Nevo ve ark. 1994 ve 1995). *Nannospalax*'ın farklı diploid kromozom ve kol sayılarındaki (NF, NFa=otozomal kromozomların kol sayısı) artış ile kromozom morfolojisindeki değişimlerin kuraklıktan dolayı oluşan Robertsonian translokasyonun (Sentrik füzyon ve fisyon) sonucunda oluştuğu belirlenmiştir. Robertsonian translokasyonlar, çeşitli yöntemler (G-, C-bantlama ve NOR) kullanılarak kromozomlar üzerinde elde edilen bantlar ile tespit edilir (Lande 1979, Foster ve Whitten 1991, Nevo 1991).

Türkiye'deki diploid kromozom sayısı farklılığı (heterozygosity (*H*)), türleşme adaptasyonunun jeolojik olarak genç olan İç Anadolu merkezli (centripetal) olduğunu ve en az 14, ancak yaklaşık olarak 20 ilave biyolojik tür içerdiğini göstermektedir. Bu formların kromozom sayısı; *H*, genetik mesafe (allozimik) ve ekocoğrafya üçlüsünün etkisiyle oluşmaktadır (Nevo ve ark. 1995, Nevo 1991, Akçın 2006).

Robertsonian bölünmeleri sonucu artan kromozom sayısı teorik olarak oluşabilecek rekombinasyon oranlarını da arttırır (Savic ve Nevo 1990, Nevo ve ark. 1994 ve 1995). Rekombinasyon oranlarının artmasıyla oluşabilecek gamet çeşitliliği beraberinde bunların arasından daha sert ekolojik koşullara adaptif olarak yayılabilecek yeni tiplerin seçilme potansiyelini de arttırmış olur (Nevo ve ark. 1995). Üreme sonrası oluşan kromozom uyuşmazlıkları çiftleşme öncesi izolasyonu sağlayan farklı davranış kalıplarının gelişmesine neden olur (Nevo 1991).

N. ehrenbergi üsttürünü ilk tanımlayan Nehring (1898) adlı araştırıcıdır ve örneklerini Yafa-İsrail'den toplamıştır. Ayrıca bu türün yayılış alanı, Kuzey Afrika'nın Akdeniz kıyısının dar şeridi boyunca Libya, Mısır, İsrail, Ürdün, Lübnan,

Suriye, Irak ve Türkiye'nin Güneydoğusu olarak belirlenmiştir (Ellerman ve Morrison-Scott 1951, Topachevskii 1969, Lay ve Nadler 1972, Mursaloğlu 1979, Kıvanç 1988, Atallah 1976, Musser ve Carleton 1993). Nevo ve Cleve (1978) çalışmaları sonucunda *N. ehrenbergi*'nin 2n=60 türünün yaklaşık olarak 75,000 yıl önce ortaya çıktığını saptamışlardır. Wahrman ve ark. (1969)'da İsrail'in farklı bölgelerinden topladıkları körfareler üzerinde yaptıkları çalışmada *N. ehrenbergi*'nin 4 kromozomal formunu (2n=52, 54, 58, 60) belirleyerek, bunların da lokalitelerinin farklı olduğunu (ılık ve kurak bölgelerde 60, ılık ve rutubetli bölgelerde 58, serin ve yarı kurak bölgelerde 54, serin ve rutubetli bölgelerde 52) tespit etmişlerdir. Bu araştırıcılar aynı zamanda kuraklık azaldıkça kromozom sayısının da azaldığını belirterek bununla birlikte bu populasyonların ilişki içerisinde olduklarını fiziksel bir bariyerle, kesin bir hatla ayrılmadıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmanın devamında 2n=52 kromozomlu bir erkekle 2n=58 kromozomlu bir dişiyi çiftleştirmişler ancak gelişimin erken safhalarında embriyonun öldüğünü görmüşlerdir. Bu çalışmaların neticesinde; bu kromozomal formlar karyolojik, davranış, ekolojik, genetik, morfolojik, anatomik, fizyolojik ve diğer bazı kriterlere göre değerlendirmeye tabi tutularak bir çok makale yayınlanmış ve iyi bir biyolojik tür olabilecekleri kanaati oluşmuştur (Nevo ve ark. 2001).

Nevo ve Bar-El (1976), Nevo (1985) Yüksel ve Gülkaç (2001), çalışmaları sonucunda farklı karyotip formların birbirleriyle bitiştikleri bölgelerde *N. ehrenbergi*'nin oldukça iyi hibridlere sahip dar hibrid alanlarını oluşturduklarını tespit etmişlerdir. *N. ehrenbergi'* nin yayılış alanının Libya, Ürdün, Suriye, İsrail, Mısır, Irak ve Türkiye'de Güneydoğu Anadolu bölgesi olduğu belirlenmiştir (Coşkun 2004a).

Mursaloğlu (1979) yaptığı çalışmalarda Türkiye'deki körfarelerin sınıflandırılmasında yaşanan problemleri ele almış ve Türkiye'de *N. leucodon* ve *N. ehrenbergi* olmak üzere sadece iki türün bulunduğunu ve bunların da kuvvetle muhtemel *Microspalax* alt cinsine ait olduklarını belirtmiştir. Yüksel (1984), Türkiye'de *N. ehrenbergi* üzerine karyolojik çalışmaları yayınlamıştır. Bu çalışmanın karyolojik değerleri 2n=52, NF=76, ve NFa=72 olarak tespit edilmiştir (Coşkun 1998).

Kromozomal formların karakter ölçülerini karşılaştırarak tür ayrımında kullanılmasına yönelik ülkemizde ilk kez çalışma yapan Sözen (2000), Adana, Tarsus, Ulukışla bölgesi *N. xanthodon* ve *N. ehrenbergi* tür örneklerine ait karyolojik değerleri tespit ederek (*N. xanthodon* için 2n=52, 56, 58; *N. ehrenbergi* için 2n=56) bu farklı formların karakteristik değerlerini birbiriyle karşılaştırıp elde edilen istatistiki sonuçlarla birbirlerinden ayrılabileceğini göstermiştir.

Yüksel ve Gülkaç (2001) *N. xanthodon* bireylerinin birbiriyle komşu olan farklı karyotiplerin arasında çiftleşme olmadığını, bu nedenle de hibrit bireylere rastlanmadığını belirtmişlerdir. Buna sebeb olarak ta körfarelerin toprak altı yaşama yüksek derecede uyum sağlayarak sınırlı hareket kabiliyetine sahip olmalarını göstermişlerdir (Becermiş 2007).

N. leucodon için yapılan çalışmalara bakıldığında 2n=56, NF=76 (Sözen 2004), 2n=56, NF=78 (Sözen ve ark. 2006b, Soldatovic ve Savic 1978) olarak tespit edilmiş ve bunların iyi bir biyolojik form oldukları bu çalışmalarda belirtilmiştir. Bu tür Türkiye'de sadece Trakya bölgesinde yayılış göstermektedir (Becermiş 2007). Bu cins ile ilgili birçok çalışmaya ve tespit edilen bu kadar farklı formlara rağmen yine de bu formların kesin yayılışları tam olarak bilinmemekte (Sözen 2006) ve bu genusun yeryüzündeki en farklı karyolojik formlarının Türkiye'de olduğu görülmektedir (Nevo ve ark. 1994, Sözen ve ark. 1999, Coşkun 2003, Sözen 2004 ve 2006, Sözen ve ark. 2006b, Sözen ve Matur 2005). Türkiye'de *Nannospalax*'lar ile ilgili morfolojik değerlendirmelerin en kapsamlısını Kıvanç (1988) yapmış ancak değerlendirme kriterlerinde karyolojik değerler kullanılmadığı için her türün kaç farklı alttürü içerdiği tespit edilememiştir; sadece morfolojik özelliklere dayanılarak yapılan çalışmaların sistematik sonuçları karyolojik çalışmalar ve allozimik özelliklere göre yeterince gerçekçi değildir (Savic ve Nevo 1990, Nevo 1991 ve 1999, Nevo ve ark. 1994, 1995, 2000, 2001, Sözen 2004, Matur 2005). Yapılan karyolojik ve allozimik çalışmalarda bu kromozomal formların her birinin iyi birer biyolojik form olduğu görüşü kabul edilmiştir. Yeniden yapılacak gerçekçi bir sınıflandırma *Nannospalax*'ın sistematiğindeki karmaşıklığı da önleyecektir (Nevo ve ark. 1995).

Türkiye körfareleri ile yapılan ilk bantlama çalışması Ivanitskaya ve ark. (1997) tarafından Güneydoğu Anadolu örnekleri üzerinde yapılmıştır. Bu çalışmada

kromozom bantlama teknikleri (G, C-bantları ve Ag-NOR) kullanılarak Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da yayılış gösteren bazı formların heterokromatin varyasyonu çıkartılmış ve İsrail örnekleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçta; C bantlarına göre *N. xanthodon* akrosentrik kromozomlarında heterokromatinin bütünüyle bulunmaması ve subtelosentrik otozomlarda heterokromatin kolların bulunmasıyla *N. ehrenbergi*'den kesin olarak ayrılmıştır. Üç çift kromozomda NOR belirlenmiş, ancak bunların lokalizasyonunda bazı farklılıklar bulunmuştur. G bandı karşılaştırması kromozomların çoğunun benzer yapıda olduğunu göstermiştir. Kromozomların yeniden düzenlenme tipleri kromozom bantlarının yorumlanmasıyla ortaya konulmuştur. *N. xanthodon* ile *N. ehrenbergi*'nin ayrılmasında en önemli etkenin hetetokromatin değişimleri olduğu ve perisentrik inversiyonlar ve Robertsonian ayrılmalarının da kromozomal değişimlerde etkili olduğu belirtilmiştir. Türkiye körfareleri ile yapılan diğer bir bantlama çalışması ise Ivanitskaya ve ark. (2008) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmaya göre Orta Anadolu'da yayılış gösteren 2n=60W formu ile Kuzey Anadolu'da yayılış gösteren 2n=60R formları karşılaştırılmış ve bunların aslında birbirlerinden iyi derecede farklılaşmış formlar olduğu belirlenmiştir. Arslan ve ark. (2010) Konya bölgesinde yayılış gösteren 2n=40, 58 ve 60 formlarının standart giemsa, C-heterokromatin ve NORs özelliklerini belirlemişlerdir.

Tablo 2.1. Türkiye'de *N. xanthodon* üzerine yapılan karyolojik çalışmalar.

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
İzmir (Bayındır)	36	70	-	-	Sözen ve ark. 1999
Muğla (Yatağan 4 km doğu), Aydın (Kemer mezarlığı)	36	70	-	-	Sözen ve ark. 2008
Balıkesir (Karapınar köyü, Dursunbey), Bursa (Karacabey 10 km batı), Manisa (Demirtaş Köyü Kırkağaç, Zeytinova Köyü, Akhisar, Gelenbe, Kırkağaç, Dualar Köyü Kırkağaç)	38	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Balıkesir (Havran), İzmir (Selçuk)	38	74	St	A	Savic ve Soldatovic 1979
Balıkesir, İzmir	38	74	St	A	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Balıkesir (Bigadiç)	38	74	Sm	A	Sözen 2004
İzmir (Dikili), Balıkesir (Bigadiç)	38	74	Sm	A	Tez ve ark. 2002
Konya (Beyşehir)	40	72	Sm	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Konya (Yeşildağ, Beyşehir)	40	72	M	A	Kankılıç ve ark. 2007
Konya (Gökçimen, Bayavşar, Beyşehir)	40	72	M	St	Arslan ve ark. 2010
Ağrı ve Van	48E	68	Sm	A	Coşkun 2003
Gümüşhane	48	71	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Aydın	50W	-	-	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Ankara (Beypazarı,Keltepe)	50N	70	Sm	A	Sözen 2004
Karabük (Kâhyalar köyü)	50N	70	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Erzurum, Kars (Sarıkamış)	50E	70	Sm	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Erzurum ve Kars	50E	70	Sm	A	Coşkun, 2003
Erzurum, Kars (Susuz), Ardahan	50E	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000a
Erzincan (Başköy 3 km güneydoğu)	50E	72	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Rize (25 km güneydoğu, Ovit geçidi)	50E	72	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Giresun (Eğribel geçidi,), Rize (Ovid dağı), Bayburt (Demirözü), Erzincan (Yollarüstü)	50	72	M	A	Kankılıç ve ark. 2007
Mersin (Sebil)	52S	72	Sm	A	Sözen ve Kıvanç 1998b
Mersin (Çamlıyayla)	52S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000b
Yalova (Merkez)	52	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Bolu ve Kocaeli (Karamürsel)	52N	70	Sm	A	Sözen 2004
Bolu (Şehir merkezi, Seben, Gerede)	52	70	M	-	Kankılıç ve ark. 2007
Bilecek (Gölpazarı), Sakarya	52N	70	Sm	A	Matur ve Sözen 2005
Karabük (Eflani), Kastamonu (Daday), Tokat (Başçiftlik)	54N	72	Sm	A	Sözen 2004
Karabük (Eflani) 15 km batı, Kastamonu (Pınarbaşı) 12, 15 ve 17 km güney, Kastamonu (Taşpınar)	54N	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Çorum (Çadırhöyük)	54	74	Sm	A	Çataklı 2004
Çorum (Çadırhöyük, Uğurludağ, Alaca, Boğazkale, Sungurlu, Aydıncık)	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Kırıkkale (şehir merkezi, Keskin)	54	74	Sm	-	Kankılıç ve ark. 2007
Kırıkkale	54	74	Sm	A	Aşan ve Yağcı 2008
Kırşehir (Kırşehir 10 km kuzey, Kaman merkez), Nevşehir (Kozaklı 5 km doğu), Yozgat (Sorgun), Adana (Tufanbeyli 1 km güney, Tufanbeyli 23 km güney)	54	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Yozgat	54C	74	Sm	St	Yüksel ve Gülkaç 2001
Bingöl	54E	-	-	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Tunceli, Elazığ, Bingöl	54E	74	Sm	A	Coşkun 2004b
Tokat (Erbaa) 12 km batı, Tokat	54C	75	-	-	Sözen ve ark. 2000b
Bolu	54C	-	Sm	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995

Tablo 2.1.'in devamı

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
Bingöl	54E	-	-	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Tunceli, Elazığ, Bingöl	54E	74	Sm	A	Coşkun 2004b
Tokat (Erbaa 12 km batı)	54C	75	-	-	Sözen ve ark. 2000b
Bolu	54C	-	Sm	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Isparta (Aksu)	56	-	-	-	Kankılıç ve ark. 2006
Isparta (Yılanlı, Aksu)	56	72	M	A	Kankılıç ve ark. 2007
Mersin (Tarsus, Gülek)	56S	72	M	A	Sözen ve Kıvanç 1998a
Mersin (Tekir)	56S	72	M	A	Sözen ve ark. 2000b
Adana (Pozantı 15 km güney)	56S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Kastamonu (Daday, Tosya)	56N	72	Sm	A	Sözen 2004
Kastamonu (Aşağıçiftlik, Safranbolu)	56N	74	Sm	A	Sözen 2004
Kastamonu (Tosya, Daday)	56N	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Çankırı (Ilgaz Dağı)	56	74	Sm	A	Çataklı 2004
Tunceli	58	68	Sm	A	Coşkun 2004a
Niğde (Ulukışla, Madenköy)	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000b
Niğde (Ulukışla)	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000b
Konya (Ereğli)	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Konya (Ereğli)	58	75	Sm	St	Arslan ve ark. 2010
Niğde (Ulukışla)	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Niğde (Ulukışla, Çamardı, Demirkazık)	58	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Adana (Pozantı 13 km kuzey)	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Adana (Pozantı 10 km kuzey)	58S	72	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Çorum (Kargı 23 km kuzey)	58	74	Sm	St	Eroğlu 2006
Kastamonu (Taşköprü)	58N	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Kastamonu (Sarıkavak)	58	78	Sm	A	Sözen 2004
Niğde (Ulukışla 30 km batı)	60	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000b
Aksaray (12 km doğu)	60	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Adana (Mansurlu köyü, Fethiye çıkışı, Denizli yolu, Kostanteli 20 kuzey batı), Antalya (Dağbeli, Organize Sanayi BMC), Burdur (Bucak)	60	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Antalya (Akseki 20 km güneydoğu)	60	74	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Kahramanmaraş (Göksun)	60	74	Sm	St	Sözen ve ark. 2006b
Kastamonu (Azdavay, Küre, Ağlı, Seydiler)	60N	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Aksaray (35 km batı)	60	76	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Konya (Hadim, Karatay)	60	74	Sm	St	Arslan ve ark. 2010
Yozgat (Çayıralan 1 km doğu, 2 km güney Selendi), Manisa (Kula 7 km güney Çiftçi İbrahim Köyü), Kayseri (Bakırdağ 15 km doğu), Karaman (Ayrancı)	60	76	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Konya (Akşehir)	60	76	Sm	St	Sözen ve ark. 1999
Kütahya 3 km güney	60	76	Sm	St	Sözen ve ark. 2006b
Amasya (Karaali Köyü, Gümüşhacıköy)	60	77	Sm	St	Sözen ve ark. 2006b
Samsun (Havza 3km kuzey)	60	77	-	-	Sözen ve ark. 2006b

Tablo 2.1.'in devamı

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
Malatya (Pınarbaşı)	60E	78	Sm	A	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Kayseri (Gürün)	60	78	Sm	-	Tez ve ark. 2001
Ankara (Nallıhan, Beypazarı) Bolu (Bakırlı, Kartalkaya)	60	78	Sm	St	Sözen 2004
Eskişehir (İnönü), Bursa (İnegöl)	60	78	Sm	St	Matur ve Sözen 2005
Çankırı (Akçavakıf, Ilgaz İlçesi, 15 km güney, Atkaracalar, Harmancık, Bayramören 6 km güney, Orta 3 km kuzey, Eldivan, Şabanözü, Belören yol) ayrımı, Çerkeş 7 km batı)	60	78	Sm	St	Çataklı 2004
Bolu (Bakırlı yaylası, Kartalkaya 8 km batı, Dörtdivan, Samat, Cankurtaran, Samat, Bağören, Gerede 15, 26 ve 28 km doğu)	60	78	Sm	St	Sözen 2004, Sözen ve ark. 2006b
Bolu (Ayman yaylası), Isparta (Yalvaç, Gelendost), Ankara (Çeltikli), Samsun (Kavak)	60	78	Sm	A	Kankılıç ve ark. 2007
Çorum (Öbektaş Köyü 3 km kuzey, Osmancık)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Amasya (Gediksaray 10 km kuzey)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Samsun (Ladik 20 km güney)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Tokat (Turhal 10 km güneybatı, Çamiçi Yaylası)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Kütahya (Söbealan, Murat Dağı)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Uşak (Kızılcasöğüt 1 km güney Banaz)	60	78	-	A	Sözen ve ark. 2008
Mersin (Fındıkpınarı Yaylası)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Konya (Ilgın, Hüyük, Sarayönü)	60	78	Sm	St	Arslan ve ark. 2010
Konya (Bozkır, Çumra, Güneysınır, Meram, Selçuklu)	60	79	Sm	St	Arslan ve ark. 2010
Malatya	60	80	Sm	St	Yüksel 1984
Kırşehir, Nevşehir, Kayseri	60	80	Sm	St	Yüksel ve Gülkaç 2001
Yazıhan, Malatya	60	80	Sm	St	Gülkaç ve Yüksel 1989
Ankara (Batıkent, Sarayköy)	60	80	Sm	St	Sözen 2004
Ankara (100.yıl, ODTÜ, Batıkent, Sarayköy, Elmadağ, Kalecik, Beypazarı, Kızılcahamam, Ayaş, Nallıhan, Güdül, Haymana, Gölbaşı, Polatlı, Bala)	60	80	Sm	St	Kankılıç ve ark. 2007
Yozgat (Çekerek 5 km doğu), Kayseri (Bakırdağ 10 km doğu, Dereşimli Köyü, Bakırdağ 6 km batı, Yeşilhisar 9 km güney), Niğde (Hüyük 2 km güneybatı, Altınhisar 2 km güneydoğu), Denizli (Çivril, Kaklık, Denizli 32 km doğu, Kale) Kütahya (8 km batı, Simav, 7 km kuzey, Emet, Kütahya çıkışı, Tavşanlı), Bursa (Gemlik'ten giriş, Çevre yolundan 1 km önce, Ece mahallesi, Harmancık), Denizli (Seki, Çameli), Antalya (Sedir Araştırma Sahası, Kızlar Sivrisi, Elmalı)	60	80	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Cihanbeyli, Konya	60	80	Sm	St	Arslan ve ark. 2010

Tablo 2.1.'in devamı

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
Çorum (Osmancık, Laçin, Akören, Gölköy, İskilip, Ortaköy, Cemilbey, Kırkdilim, Bayat)	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Malatya (Arguvan)	60	82	Sm	-	Gülkaç ve Yüksel 1989
Ankara, Afyon	60	82	Sm	St	Sözen ve ark. 1999
Çankırı (Ağzıbüyük) 1 km batı	60	82	Sm	St	Çataklı 2004
Çankırı (Kızılırmak) 7 km kuzeybatı	60	82	Sm	St	Çataklı 2004
Çankırı (Yapraklı) 11 km güney	60	82	Sm	St	Çataklı 2004
Çankırı (Ovacık) 2 km batı	60	82	Sm	St	Çataklı 2004
Burdur	60	84	Sm	St	Sözen ve ark. 1999
Denizli	60W	-	-	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Karaman	60C	-	-	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Kütahya, Afyon, Konya, Sivas, Ankara, Kayseri, Samsun (Havza), Sivas (Suşehri)	62	-	-	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995

2.1. Kromozomlar ve Karyotip

İlk defa 1840 yılında botanikçi Hofmeister tarafından *Tradescantia* bitkisinin polen ana hücrelerinde görülmüş ve 1888 yılında Waldeyer tarafından da "kromozom" ismi verilmiştir. Kromozom, kalıtım özelliklerinin kuşaktan kuşağa iletilmesini sağlayan, özel boyalarla kuvvetli bir şekilde boyanan, nükleik asit ve proteinden meydana gelmiş ipliksi yapılara denir. Yapısında Nükleik asit olarak deoksiribo nükleik asit (DNA), protein olarak da genellikle bazik bir protein olan histon bulunur. Hücrenin kendi kendini eksiksiz olarak kopyalamasına yarayan tüm bilgileri içerir. Sitogenetik çalışmalarda tür ve alt tür tespiti, kromozomlar üzerindeki çalışmalarla ortaya konmuştur. Özellikle memeliler ve böcekler gibi taksonomisinde güçlükler bulunan grupların teşhisinde kromozomlar büyük kolaylık sağlamaktadır. Kromozomlar özellikle sibling türler ve yakın akraba türler arasında mukayese yapmaya yardımcı olurlar. Bu türler morfolojilerinden ziyade kromozomlarında farklılık gösterirler. Bu yüzden kromozomların ve sentromerlerin yeniden

düzenlenmeleri, bölünmeleri, birleşmeleri ve yer değiştirmeleri çok defa akrabalık için açık ipuçları verir (Gülkaç ve Yüksel 1989).

Bir kromozom, aralarında genel olarak açı bulunan iki koldan oluşur. Kollar, primer boğumla birbirinden ayrılmıştır, buna "sentromer" (kinetokor) denir. Sentromerik DNA'ya spesifik proteinler bağlanır ki bunlar da hücre bölünmesi sırasında mikrotübüllere bağlanmayı sağlar. Mikrotübüller hücre bölünmesi sırasında kromatidlerin birbirinden ayrılmasından sorumludur. Sentromeri olmayan bir kromozom bölünmeye katılamaz. Kromozomlarda sentromerin bulunduğu daralma bölgesine "primer boğum" (birincil boğum) denir. Primer boğum, kromozom kollarının açı yapması ile sekonder boğumlardan ayrılır (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. Bu nedenle sekonder boğumlara nukleolear bölge de denilmektedir. Genellikle her hücrede sekonder boğum taşıyan en fazla iki kromozom bulunur. Bu kromozomlara "nukleolar kromozomlar" denir (Karol 1998).

Bazı kromozomlarda, bir uçta yer alan ince bir flament ile kromozoma bağlanmış yuvarlak veya silindir biçiminde bir yapı bulunmaktadır. Bu yapıya "satellit" 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).

Karyotip, bir birey veya türün kromozom morfolojisi, sayısı ve büyüklüğünü ifade eder. Karyotip hakkındaki değerlendirmeler ve tanımlamalar neredeyse sadece somatik hücrelerin metafaz kromozomlarında yapılmaktadır. 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. Eğer bir kromozom uygun bir gruba yerleştirilemiyorsa bu durumda kromozom grupları birleştirilir (örneğin; A+St, Sm+M). Kromozomlar;

küçük, orta ve boyuna göre geniş olarak tanımlanır. Tamamen keyfi olan bu ifadeler kromozomdaki belli yerleri işaret ederler. Kromozomlar üzerindeki bant modelleri tanımlamaları çoğunlukla G ve C-bantla elde edilmiş sonuçları gösterir. Kolaylık olması açısından G-bant örnekleri daha çok iyi tanımlanamayan parçalarda kullanılır. C-bant örnekleri konstitutif heterokromatinlerin C- pozitif bölgelerinin bulunduğu yere göre belirlenir. Boyanmayan bölgeler; kromozom üzerinde bulundukları bölgelere aldırılmadan ikincil boğumlar olarak tanımlanır. 18+ 28 rRNA genlerinin hibridazasyon *in situ* veya Ag-NO_3, N-metodları veya CG-spesifik fluorochromes ile pozitif boyanan bölgeleri nucleolar organizatör bölgeler (NORs) olarak tanımlanır.

2.2. Kromozom Bantlama Yöntemleri

2.2.1. C-Bantlama

Heterokromatini ilk defa Heitz 1928 yılında keşfetmiş ve interfaz hücresinin nukleusunda görülen daha koyu bölgeler olarak tanımlamıştır. Gerek nukleus gerekse kromozom üzerindeki heterokromatin bölgelerin DNA'sı daha sıkı bir şekilde paketlenmiştir. Nukleus 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. Nukleus 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 değildirler. Bundan dolayı türe özgü olan bu blokların aktif olmaması nedeniyle bozulma olasılığı düşüktür. Yani 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. Tekrar eden bu DNA bölgeleri A+T bazlarından oluşmaktadır. Bu bazların uzunluğu 2 baz çiftinden 1000 baz çiftine kadar değişmektedir (Beridze 1986, Sumner 1990).

Nukleus ve kromozomlardaki heterokromatin bölgeleri tespit etmek için gerek interfaz gerekse metafaz hücrelerinin lam üzerine alkol-asetik asit ile fiske edilmesi gerekir. Hazırlanmış preparatlar asit ile muamele edildikten sonra Baryum hidroksit ile hidroliz edilir. Bu şekilde hidroliz edilen kromozomal DNA yüksek sıcaklıktaki tuz çözeltisi içinde belirli süre tutularak inkübe edilir. Daha sonra Giemsa ile boyanan preparatlar mikroskop altında incelenir ve heterokromatin bölgeler daha koyu boyanmış olarak görülür (Sumner 1972).

2.2.2. Nukleolus organizatör bölge (NOR)

Canlı hücrede protein sentezi ribozomlarda yapılmaktadır. Bu nedenle ribozomlara ve bir ribozom bileşeni olan rRNA'ya büyük çapta gereksinim duyulmaktadır (Gaffaroğlu ve Yüksel 2005). Nukleolus (çekirdekçik), RNA polimeraz I vasıtasıyla yüksek oranlarda RNA genlerinin transkripsiyonunu yapan iri DNA loblarını içerir. Bu DNA lobları NOR olarak bilinirler (Alberts ve ark. 1983). Kromozom üzerinde bulunan NOR genellikle heterokromatin yapısındadır. NOR özel olarak boyanabilen bir bölgedir. Işığı kırar, bu özelliğinden dolayı çok belirgin bir şekilde görünür (Gaffaroğlu ve Yüksel 2005). Kromozom üzerindeki özel işaretleyici konumu nedeniyle genel olarak NOR'lar sistematik ve taksonomik işaretleyici olarak kullanılmışlardır. Kromozomlarda bulunan NOR'lar gümüş nitrat ile yoğun olarak boyanmaktadırlar. Gümüş boyama; NOR ile ilgili Nonhiston proteininin geçici olarak iyonik gümüş ile bağlanarak gümüşün indirgenmesi ile meydana gelen bir reaksiyondur (Pekol 2000). NOR'lar genellikle kromozomun kısa

kolunun (p) ucundadır. Ancak uzun kolun ucunda, kromozomun ortasında ve sentromere bitişik pozisyonda da görülebilir (Gold ve Zoch 1990).

Türler arası ve içi, populasyonlar arası ve içi, hatta birey içi NOR'un varlığı, sayısı ve morfolojisi değişebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı NOR, varyasyonların karşılaştırılmasında, türleşmelerin belirlenmesinde ve açıklanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca NOR, taksonomik çalışmalarda türler arasındaki akrabalıkların belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Gold ve Zoch 1990). Tür içi ve türler arası heteromorfizmin 4 kategoride değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Bunlar;

a. Genom başına mutlak NOR sayısı,

b. NOR'ların pozisyon ve kromozomal yerleşimi,

c. NOR'ların büyüklüğü,

d. Hücre başına aktif NOR'ların dağılımı,

"a" ve "b" türler arası, "c" ve "d" tür içi heteromorfizmin belirlenmesinde kullanılırlar. Tür içi NOR heteromorfizminin değerlendirildiği başka bir çalışma da; tür içi NOR heteromorfizmi 3 tipte tanımlanmıştır ki bunlar;

1. NOR büyüklüğü veya NOR boyu heteromorfizmi: Bu tipte homolog kromozomların NOR'ları farklı büyüklüktedirler.

2. NOR silinmesi: İki homolog kromozomun bir tanesinde NOR silinmiştir.

3. NOR aktivite heteromorfizmi (Pekol 2000).

Birçok türde birden fazla nukleolar kromozom bulunurken, bazı türlerde haploid genomda yalnızca bir nukleolar kromozom bulunmaktadır. Farede X ve Y kromozomları ile 6. kromozom; *Triticum aestivum*'da 1., 10., 14. ve 18. kromozomlar; insanda 13., 14., 15., 21. ve 22. kromozomlar nukleolus oluşumu ile ilgili olan kromozomlardır (Ozban 1994). Oluşan nukleolus sayısı, NOR sayısına bağlıdır. Genellikle bir nukleolus, bir NOR'dan oluşur. Bazen NOR'lardan bazılarının etkin olmayışından veya birden fazla NOR'un tek bir nukleolus oluşumunda iş birliği yapmasından dolayı oluşan nukleolus sayısı NOR sayısından az olabilir. Bu durum en iyi şekilde mitoz bölünmenin telofaz evresinde gözlenebilir. NOR'da yeni oluşacak nukleolus materyali prenukleolar cisimler adı verilen fibrilli ve granüllü bölgeler halinde belirmeye başlar. Bu prenukleolar cisimlerin sayısı azalırken bir araya toplanıp kaynaşarak yeni nukleolusu oluştururlar (Ozban 1994). 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). 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). 20S RNA'nın 18S RNA'ya dönüşümü ise daha çabuk gerçekleşir. 18S RNA küçük alt birimi oluşturmak üzere sitoplâzmaya geçer. Mitoz bölünme boyunca nukleolusta çeşitli değişiklikler meydana gelir, hatta bölünmenin olmadığı interfaz evresinde bile nukleolustaki bu değişiklikler gözlenirler. Kromozomların biçimlenmeye başladıkları geç profaz evresinde ribozomal RNA genlerini içeren DNA ilmeği kısalır, sarılıp bükülür ve kromozomun NOR'una çekilir. Bu sırada nukleolus da küçülüp kaybolur. Nukleolusun yeniden oluşumu ise geç telofaz evresinde gerçekleşir. Bu evrede NOR'un içine çekilmiş olan sıkı sarmallı DNA ilmeği yavaş yavaş gevşeyip açılır ve bu bölgede nukleolus yeniden oluşur.

2.2.3. Kromozom varyasyonları

Memeli türlerinin karyotiplerindeki büyük farklılıklar, evrimsel çeşitlilikteki sürecin, kromozom morfolojisindeki değişimlerle alakalı oluğunu göstermektedir. Evrim sürecinde karyotipteki değişimler kromozomun yapısal yeni düzenlemeleri veya heterokromatindeki kantitatif değişimler (duplikasyon, delesyon) sayesinde meydana gelir. Tam kromozomların multiplikasyonu veya kaybından oluşan

genomdaki değişimler (poliploidizasyon) ve anoploidi genellikle memelilerde ölümcül etkilere sahiptirler veya seleksiyon tarafından tolere edilmeyen ciddi zararlara neden olurlar. Bu yüzden bu mekanizmalar ileri memeli formlarında evrimsel karyotip değişimlerine dahil edilmezler. Bireysel olarak genetiksel aktif ökromatik bölgelerin duplikasyonu ve delesyonları genetik dengesizlikler ve kalıtsal hasarları beraberinde getirirler. Bu yüzden ökromatik bölgelerin duplikasyonu ve delesyonu nadir olarak küçük kromozom bölgelerinde gözlemlenmiştir (Lejeune ve ark. 1973). Memeli karyotipi evolusyonunda en önemli yapısal değişiklik otozom ve genomları etkileyen çeşitli tiplerdeki inversiyon ve translokasyonlardır (Zima ve Kral 1984).

Perisentrik inversiyon: Perisentrik inversiyon sentromeri kapsayan kromozomal segmentin 180° derece dönmesi anlamına gelir. Eğer sentromer ters dönmüş segmentin tam olarak ortasına yerleşmezse kromozomdaki pozisyonu değişir. Heterozigot perisentrik inversiyon (tek homolog üzerinde) mayoz bölünme süresince homoloğun sinapsisine izin veren ters ilmiğin oluşumunu yönetir. Bu ilmik içindeki krossing over son gametlerin yarısının kusurlu olduğu anlamına gelir. Bu, heterozigot bireylerin verimliliğinde önemli bir azalmaya neden olabilir. Bununla beraber perisentrik inversiyonlar memelilerde çok yaygındırlar. Kromozomal polimorfizmlerin meydana getirdiği değişiklikler şimdiye kadar yaklaşık 50 memeli türünde tespit edilmişlerdir (Zima ve Kral 1984).

Parasentrik inversiyon: Parasentrik inversiyonlarda sentromer içermeyen bir bölgenin 180° derece dönmesi söz konusudur. Sentromerin pozisyonu burada değişmez. Bu yeniden düzenleme tipi, heterozigotların mayozunda, perisentrik inversiyonlara benzer bir etkiye sahiptir. Farklı boyama tipleri kullanılarak değişim, metafaz kromozomlarında sitolojik olarak tanımlanabilir. Parasentrik inversiyonlar, birbirleriyle akraba olan türlerin G-bantlı karyotipleri arasındaki farklılıkları açıklamak için kullanılmaktadır (Radjabli ve Gafodatskij 1977).

Translokasyonlar: Karşılıklı (resiprokal) translokasyonlar iki kromozom arasındaki kromozomal parça değişimlerini içerirlerken karşılıklı olmayan (nonresiprokal) translokasyonlarda bir kromozomdan öbür kromozoma parça transferi sözkonusudur. Bazı yazarlara göre bütün translokasyonlarda daima bir değişim sözkonusu olduğu için bütün translokasyonlar karşılıklıdırlar (Schulz-

Schaeffer 1980). Düzensiz ayrımların olduğu mayoz heterozigot translokasyonlar, dengesiz gametlerin oluşmasına neden olurlar. Memelilerde karşılıklı translokasyonların sebep olduğu tür içi polimorfizminin hiç biri bilinmiyor. Çeşitli türlerin karyotip bantları karşılaştırılarak türler arası karyotip çeşitliliğinde transloksyonların açık bir şekilde belli olduğu ispatlanmıştır. Hatta üç veya daha fazla parça değişiminin olduğu kompleks translokasyonel değişimler karyotip evolusyonunda yer alabilirler (Gamperl 1982).

Füzyon ve Fisyon: Kromozomal füzyon, kromozomların sentromer veya telomer bölgelerinden birbirine bağlandığı özel bir translokasyon tipidir. Bağlanmanın oluştuğu yere göre füzyon; sentrik, telomerik-sentrik (tandem) ve telomerik füzyon olarak isimlendirilir. Füzyonun tersi ise bir kromozomu ikiye bölmek anlamına gelen fisyondur. Füzyon, meydana geldiği zaman son kromozom, translokasyonda yer alan orijinal elemanların iki sentromerine de sahip olabilir. Fakat sadece bir kromozom fonksiyonel aktivitesini sürdürür ve yapısı açıkça gözükürken öbür sentromer gizli bir hal alır ve sadece bazen C-bantlama ile görünür (Hsu 1975, Radjabli ve Grafodatskij 1977). Fisyonda gizli sentromer aktive olabilir ve bu yüzden önceleri sanıldığı gibi bu değişim için sentromerik bir donöre ihtiyaç yoktur. Sentrik füzyonun oluşumu sırasında genellikle akrosentrik kromozomlar sentromer bölgelerinden kırılmalara uğrarlar. Bu kırılmaların yerine göre translokasyon formlarını ayırt etmek mümkündür (White 1973, John ve Freeman 1975). Klasik görüşlere göre; bütün füzyon tipi değişimleri, kırılmalardan ve yeni birlikteliklerden etkilenmektedirler (White 1973). Bununla birlikte, bazı yazarlar; telomerik bölgelerin diğer telomerlere veya kendi sentromerik bölgelerindeki bir kırılmaya, kromozom yapısına açık bir rahatsızlık vermeyerek bağlanabileceği görüşünü savunmaktadırlar (Radjabli ve Grafodatskij 1977). Füzyon ve fisyon çeşitli kromozomlarda meydana gelebilirler (Matthey 1957). Füzyon ve fisyon memeli karyotipi evolusyonunda en önemli mekanizmalardır. Robertsonian translokasyonu olarak adlandırılan füzyon/fisyon sistemi ile ilgili kromozom polimorfizmi bugüne kadar bir çok memeli türünde tanımlanmıştır.

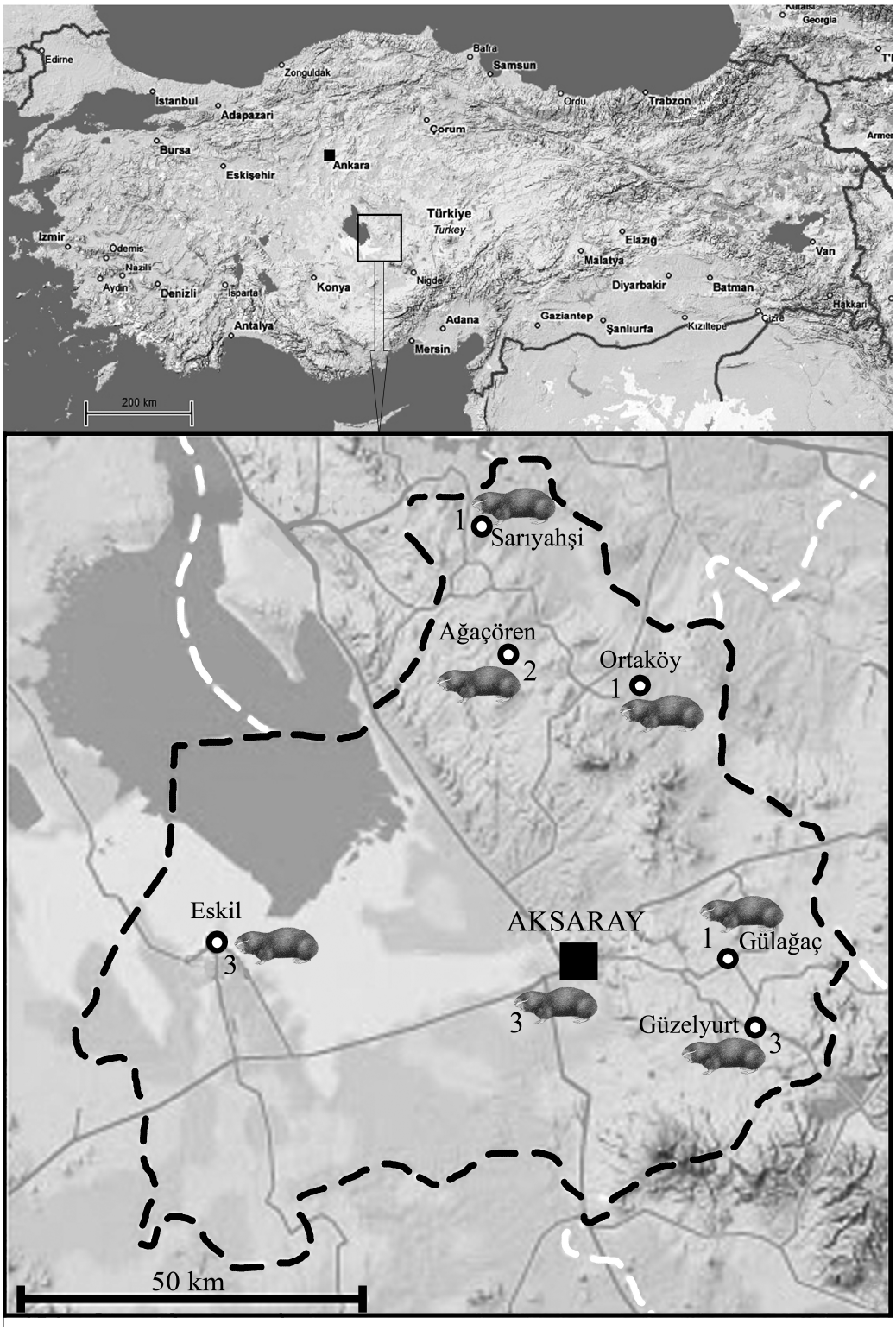
Heterokromatinde kantitatif değişiklikler: C-bant yönteminde pozitif boyama yöntemiyle gösterilen yapıcı heterokromatin, satellit DNA'nın tekrar eden parçalarını içeren kromatinin eylemsiz (hareketsiz) bir bölümüdür. Heterokromatin segmentleri

aktif genetik bilgi taşımazlar, onların; genomun gelişim gösteren genç bir parçası olduğu düşünülür ve bundan dolayı sağlam yapısal ve kantitatif değişiklikler geçirirler. Heterokromatin segmentlerde sürekli yapısal değişiklikleri belirleyen bir alan aralığı vardır. Bu nedenle, konstitutif heterokromatinin karyotip morfolojisinin değişiminde (evriminde) temel bir öneme sahip olduğu düşünülür (Hsu 1975, Radjabli 1977, John 1981). DNA satellit parçalarındaki değişimler son yıllarda, organizmanın değişimini ve türünü belirlemede önemli bir etken olarak kabul edilmektedirler (Corneo 1978). Heterokromatindeki kantitatif değişiklikler, heterokromatindeki kol eklemelerinde ve çıkarmalarında veya sentromerik bölgelerdeki C-pozitif madde miktarı değişimlerinde kendilerini çok sık gösterirler. Genelde heterokromatindeki çeşitlilik, cinsiyet kromozomlarını da etkiler. Görünürde C-bant örneklerindeki farklılıklar bazı durumlarda çeşitli segmentlerin işlevsel aktivitelerindeki farklılıklardan daha fazlasını yansıtmazlar (Radjabli 1977).

3. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada 9 lokaliteden; 8 erkek, 6 dişi olmak üzere toplam 14 körfare örneği incelendi (Şekil 3.1). Hayvanları canlı yakalamak için yuva sistemlerindeki galerilerden birisi açıldı ve körfare açılan galeriyi kapatmaya geldiğinde; bir çapa darbesiyle galeri ağzından 40-50 cm geriden galeri kesilerek, körfarenin geri kaçması önlendi ve hayvan çapa ile galeri ağzı arasında kalan kısımda yakalandı (Şekil 3.2 A, B) ve karyolojileri yapılmak üzere laboratuara getirildi (Şekil 3.3). Örnekleme lokaliteleri, yakalanan örnek sayıları ve karyolojik sonuçları Tablo 4.1'de gösterilmiştir. 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, hayvanların boyun kemikleri kırılarak 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 bırakıldılar. İnkübasyon sonrasında tüpler 6 dk 900 rpm'de santrifüj edildiler. 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 edildiler ve bu hücre süspansiyonu bir pipet yardımı ile alınarak kimyasal olarak temizlenmiş lamlar üzerine 2-3 damla



Şekil 3.1. Araştırmanın yapıldığı Aksaray ilindeki 2n=60 kromozomlu körfare örneklerinin alındığı lokaliteler. Numaralar, örnek sayılarını göstermektedir.



Şekil 3.2. Eskil örneklerinin açılmış bir galerisi (A) ve yayılış alanı (B).



Şekil 3.3. Yakalanan ve karyolojisi yapılan Eskil örneği.

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

Hazırlanan preparatlar % 4'lük Giemsa boya solüsyonunda 5-6 dk boyandılar. Daha sonra preparatlar saf sudan geçirildiler ve kurutuldular. Lamların tamamı kurutulduktan sonra 10-15 dk % 10'luk giemsa boya solüsyonunda bekletildiler.

3.2. C-bantlama

3.2.1. 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 gr $Ba(OH)_2*8H_2O$ 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 gr Na-Sitrat 100 ml bidistile suda çözünür. İki solüsyon birbiriyle karıştırılırlar.

d) Söransan fosfat tamponu: 11.88 gr HPO_4 1000 ml bidistile suda çözünür (Stok). 9.08 gr KH_2HPO_4 (Potasyum-di-hidrojen fosfat) 1000 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.

3.2.2. 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 bir saat bekletildiler. Beher içindeki distile suda çalkalandılar. 1.5 saat %2'lik Giemsa boyası içinde boyandılar. Beher içindeki distile suda çalkalandılar ve havada kurutuldular.

3.3. NOR bantlama

3.3.1. Kullanılan çözeltiler

a) % 50'lik Gümüş Nitrat çözeltisi: 1 gr $AgNO_3$, 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.

e) % 2'lik Giemsa boya çözeltisi: 2 ml Giemsa boyası, 98 ml Söransan tamponuna ilave edildi.

3.3.2. Yapılışı

NOR bantlama, Howell ve Black (1980)'in "One-Step" metoduna göre yapılmıştır. Materyalin lam üzerine alınıp kurutulmasından sonra preparatlar 5-7 gün kadar bekletildiler. Preparatın yayma olmayan bir köşesine 140 µl %50'lik gümüş nitrat çözeltisi, diğer köşesine 70 µl koloidal geliştirici, pipetle damlatılarak iki sıvı karıştırıldılar. Yaymanın üzerine gelecek şekilde solüsyon üzerine lamel kapatıldı. Isıtıcıda 70 °C'de 30 sn bekletilip preparatın renginin altın-kahverengiye döndüğü

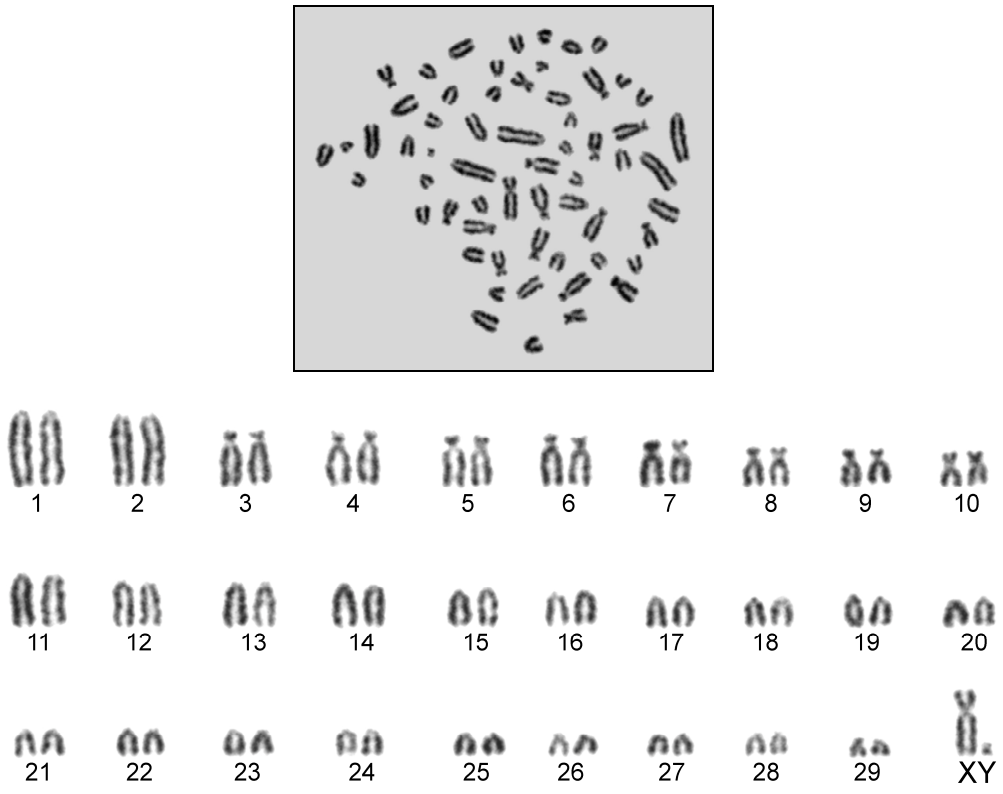
gözlendi. Preparat ısıtıcı üzerinden kaldırıldı ve üzerindeki lamel alındı. Preparat distile suda yıkandı. Kurutma kâğıdı üzerine bırakılarak kuruması beklendi. Kuruduktan sonra üzerine sodyum tiyosülfat çözeltisinden 1-2 ml damlatıldı. 20-30 sn bekletildikten sonra preparatlar distile suda yıkanırlar. %5'lik Giemsa çözeltisinde 5 dk boyandılar. 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 kurutuldular. 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 metafazların Olympus BX51 araştırma mikroskobunda fotoğrafları çekilmiştir. Diploid kromozom sayısı (2n), temel kromozomların sayısı (NF), submetasentrik (Sm) subtelosentrik (St) ve akrosentrik (A) kromozomların ayrımı Zima (1978)'ya göre yapılmıştır. Karyotipler, kromozom morfolojisi çok iyi görülen ve tam metafaz safhasında bulunan hücrelerin fotoğrafları bilgisayar ortamına aktarılarak görüntülenmiştir. Homolog olan kromozomlar belirlenerek kesilip çıkarılmış ve en uzundan başlayarak eşler halinde yan yana getirilerek bir eksen üzerine yerleştirilmişlerdir. Her birinde en uzun kromozoma sahip olan iki homolog kromozoma, '1 numaralı kromozom' adı verilmiştir. Sırası ile diğerleri de numaralandırılmıştır. En sona eşey kromozomları konulmuştur. Kromozom sıralaması Arslan ve ark. (2010) göre yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

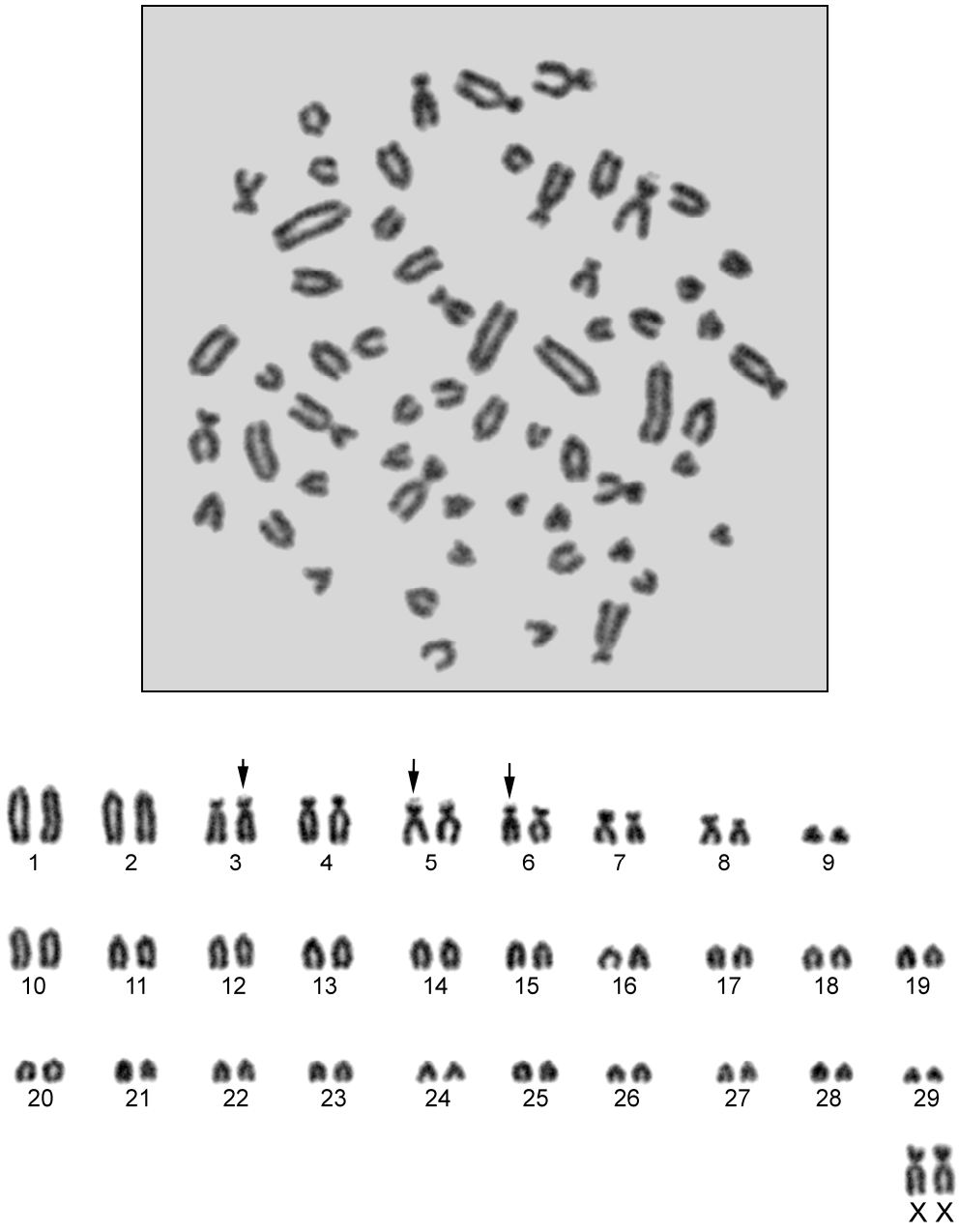
4.1. Standart Karyotip (Giemsa Boyama)

Güzelyurt ilçe merkezinden elde edilen 2n=60 kromozomal formuna ait 3 (2 ♂♂, 1 ♀) örneğin temel kromozomal kol sayısı (NF) 78 ve otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) 74 olarak tespit edilmiştir. Kromozom setinde sekiz çift submetasentrik/subtelosentrik ve 22 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozom bulunmaktadır. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik, Y kromozomu ise küçük metasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.1).



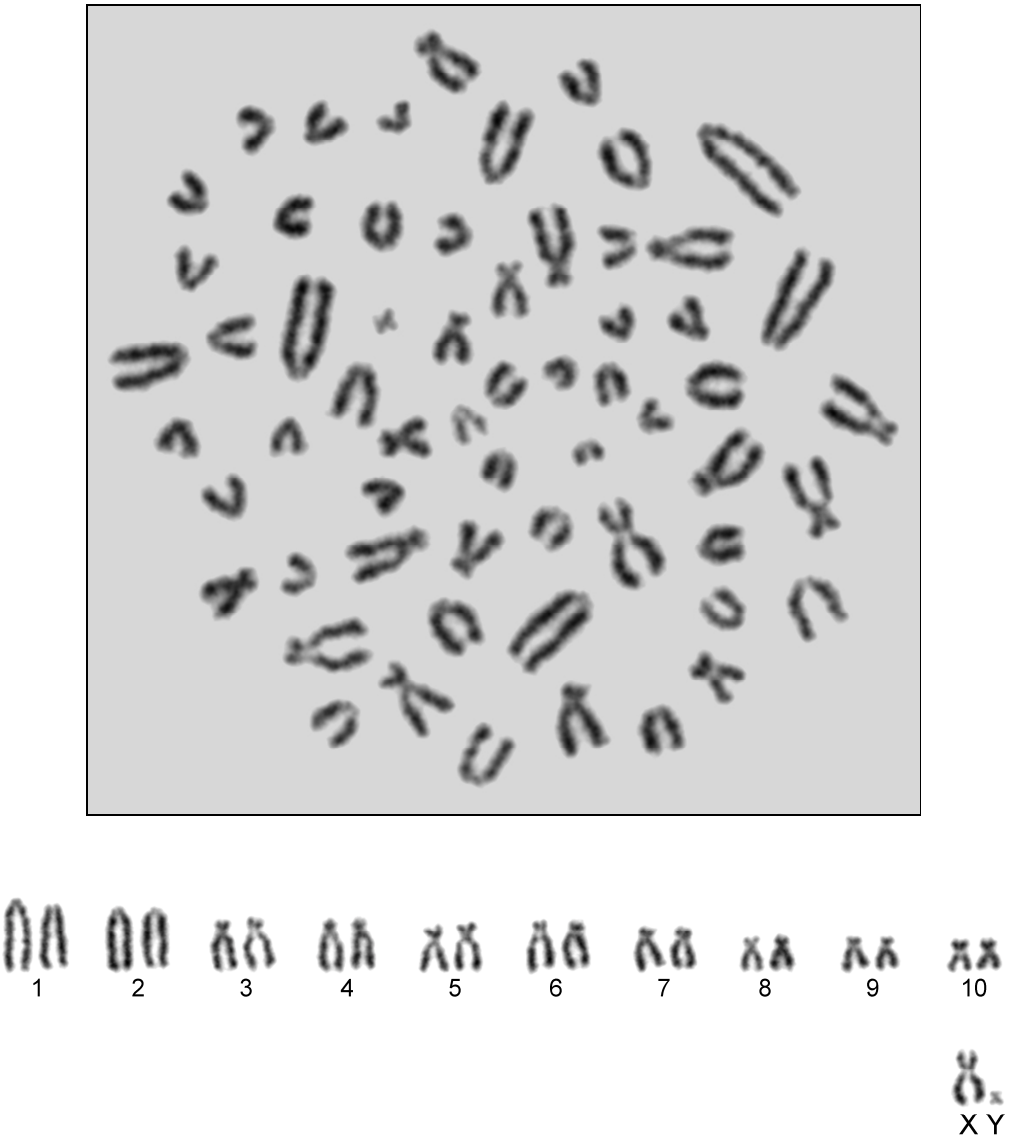
Şekil 4.1. Aksaray ili Güzelyurt ilçesinden erkek bir örneğin metafaz plağı ve karyotipi

Gülağaç ilçesi Kızılkaya mevkiisinden elde edilen 2n=60 kromozomal formuna ait 1 (♀) örneğin temel kromozomal kol sayısı (NF) 76 ve otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) 72 olarak tespit edilmiştir. Kromozom setinde yedi çift submetasentrik/subtelosentrik ve 22 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozom bulunmaktadır. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.2).



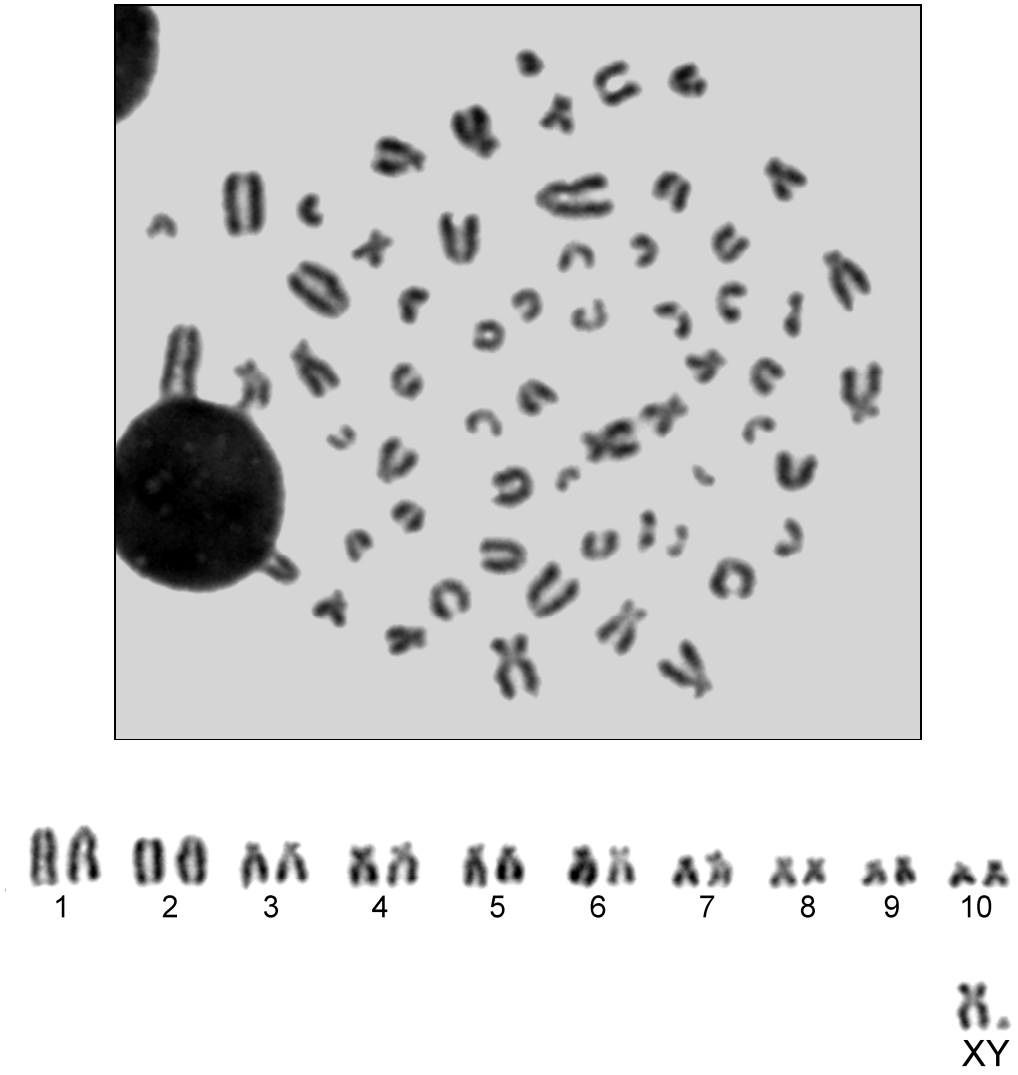
Şekil 4.2. Aksaray ili Gülağaç ilçesinden dişi bir örneğin metafaz plağı ve karyotipi. Oklar ikincil boğumları (NORs) göstermektedir.

Sarıyahşi ilçe merkezinden elde edilen 2n=60 kromozomal formuna ait 1 (♂) örneğin temel kromozomal kol sayısı (NF) 78 ve otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) 74 olarak tespit edilmiştir. Kromozom setinde sekiz çift submetasentrik/subtelosentrik ve 21 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozom bulunmaktadır. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik, Y kromozomu ise küçük metasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.3).



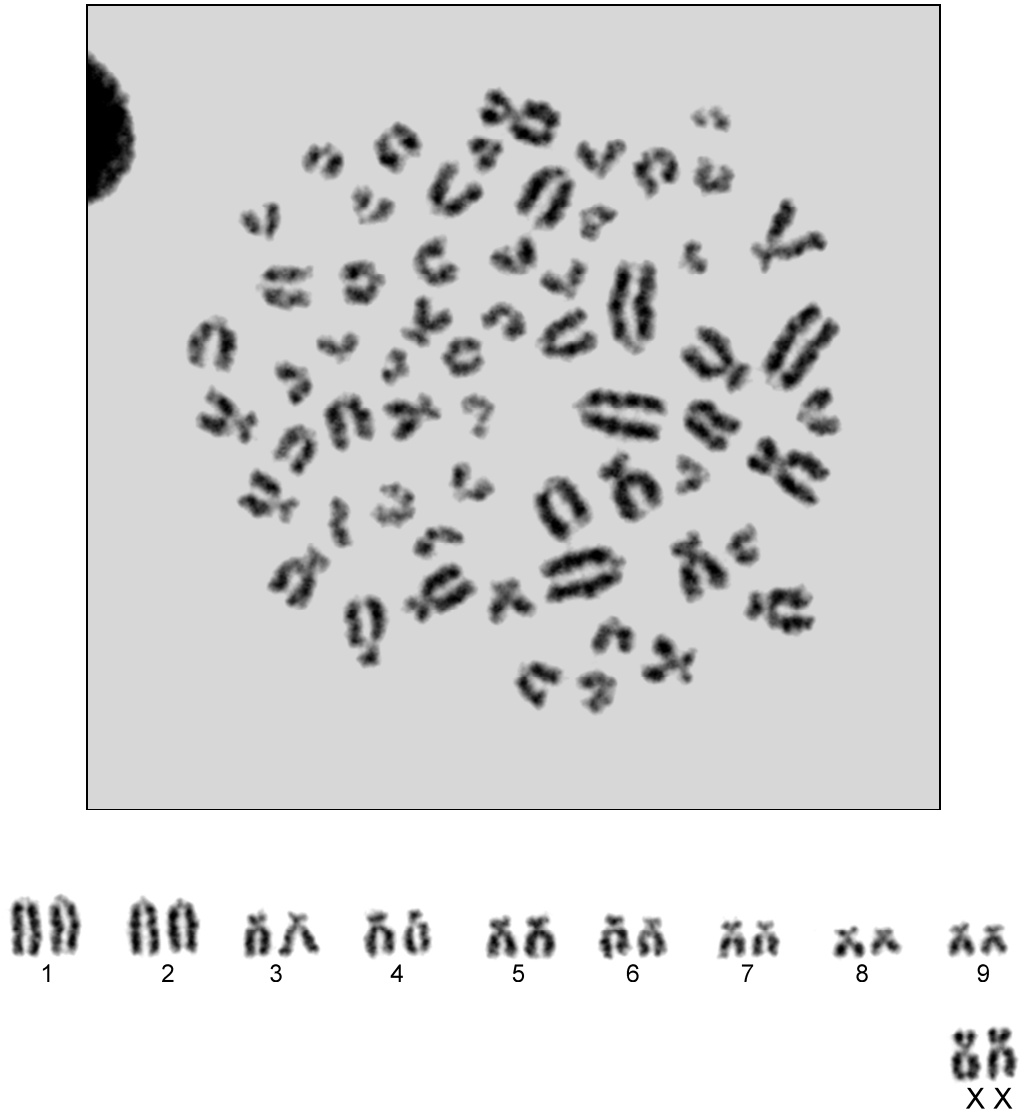
Şekil 4.3. Aksaray Sarıyahşi 2n=60 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi.

Aksaray merkezden elde edilen 2n=60 kromozomal formuna ait 3 (♂♂) örneğin temel kromozomal kol sayısı (NF) 78 ve otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) 74 olarak tespit edilmiştir. Kromozom setinde sekiz çift submetasentrik/subtelosentrik ve 20 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozom bulunmaktadır. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik, Y kromozomu ise küçük submetasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.4).



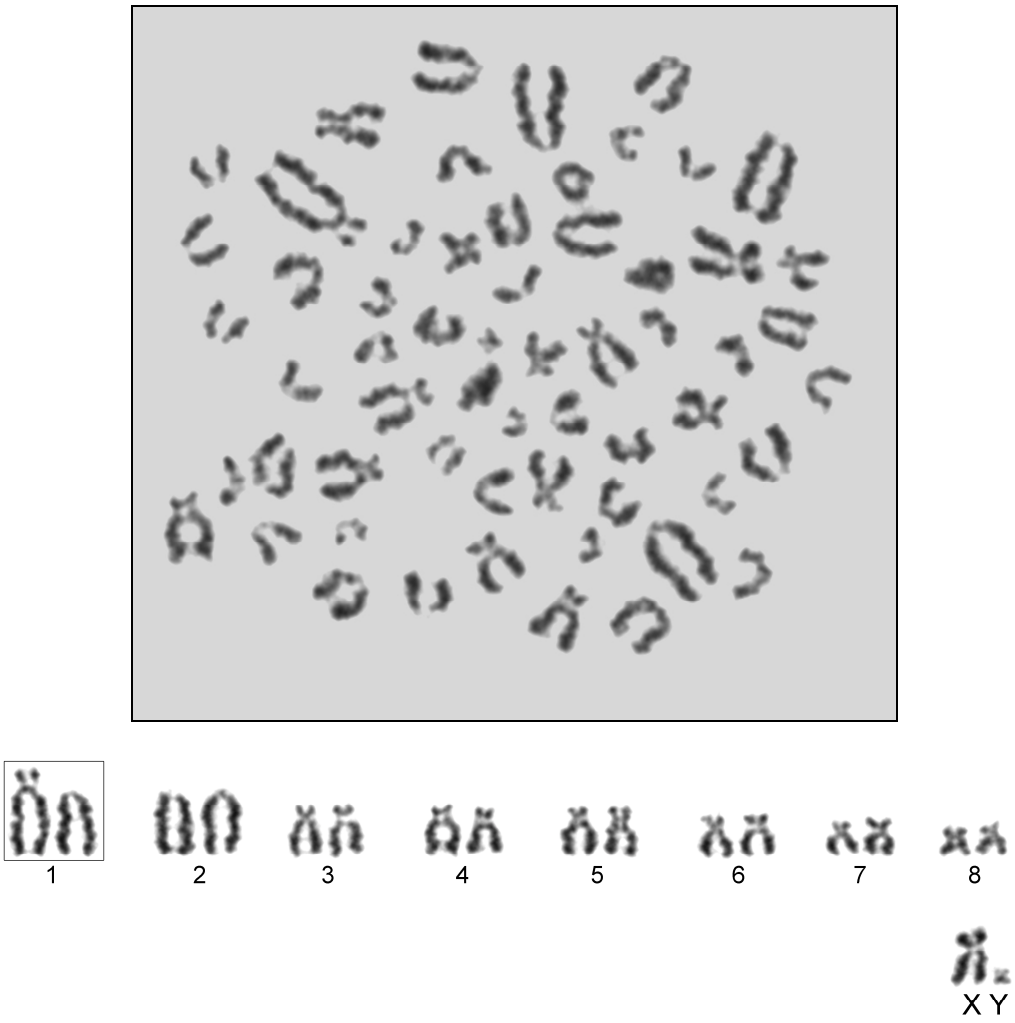
Şekil 4.4. Aksaray Merkez 2n=60 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi.

Ortaköy ilçesi Balcı mevkiisinden elde edilen 2n=60 kromozomal formuna ait 1 (♀) ve Ağaçören ilçesi Çatalçeşme mevkiisinden 2 (♀♀) örneğin temel kromozomal kol sayıları (NF) 76 ve otozomal kromozomların kol sayıları (NFa) 72 olarak tespit edilmiştir. Kromozom setinde yedi çift submetasentrik/subtelosentrik ve 22 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozom bulunmaktadır. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Aksaray ili Ortaköy ve Ağaçören ilçesinden dişi bir örneğin metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi.

Eskil ilçe merkezi ve Yazır mevkiisinden elde edilen 2n=60 kromozomal formuna ait 3 (2 ♂♂, 1 ♀) örneğin temel kromozomal kol sayısı (NF) 75 ve otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) 71 olarak tespit edilmiştir. Kromozom setinde altı çift submetasentrik/subtelosentrik ve 22 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozom bulunmaktadır. Bu örneklerin bir çift kromozomunda heteromorfluk belirlenmiştir. Heteromorf olan birinci çiftin birinci kromozomu subtelosentrikken ikincisi akrosentriktir. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik, Y kromozomu ise küçük metasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.6).



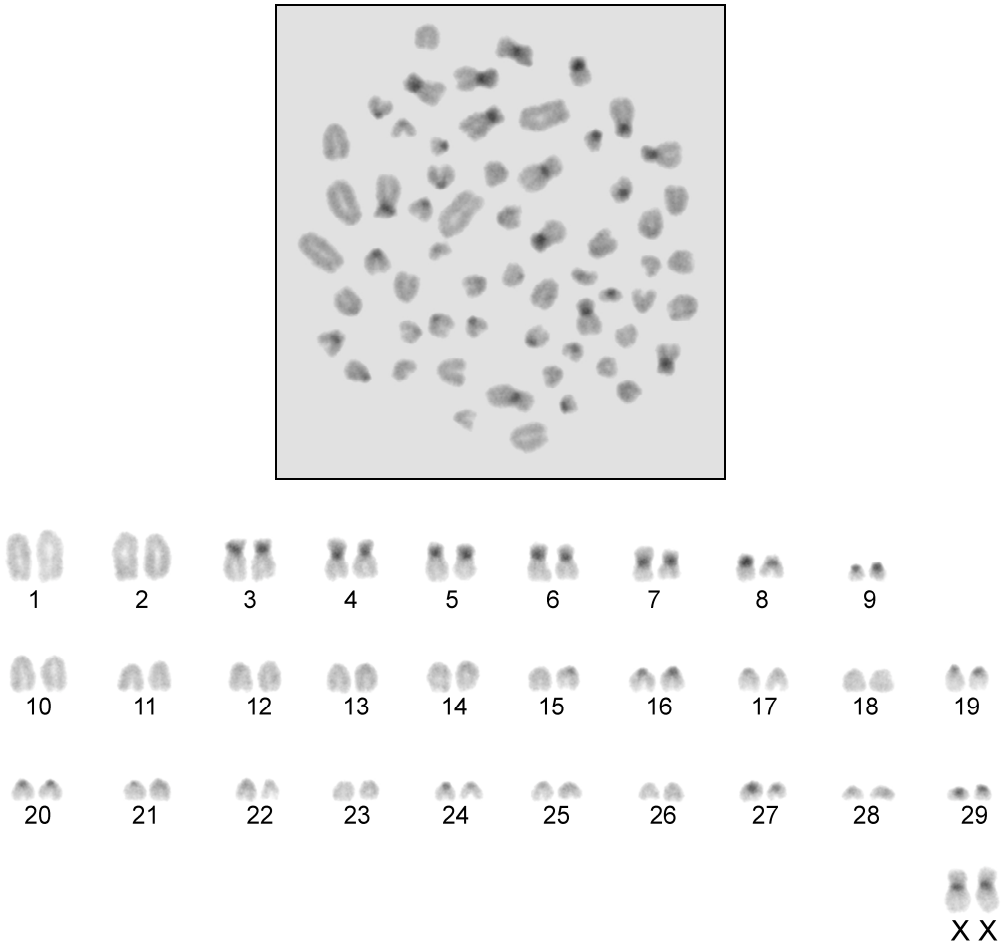
Şekil 4.6. Aksaray ili Eskil ilçesine ait erkek bir örneğe ait metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi. Hetermorf kromozomlar kutucuk içindedir.

Tablo 4.1. Aksaray bölgesinden elde edilen körfare örneklerinin lokaliteleri.

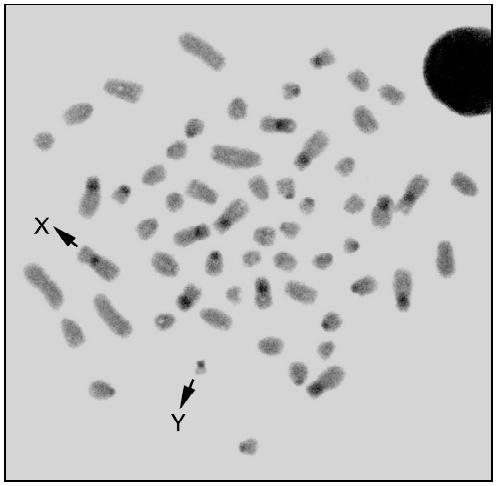
2n	Örnek sayısı (n)		NF	NFa	X	Y	Lokalite
	♂♂	♀♀					
60	2	1	78	74	sm	sm	Güzelyurt (Merkez)
60	-	1	76	72	sm		Gülağaç (Kızılkaya)
60	1	-	78	74	sm	sm	Sarıyahşi (Merkez)
60	-	1	76	72	sm	-	Ortaköy (Balcı)
60	2	-	78	74	sm	sm	İl Merkezi
60	-	2	76	72	sm	-	Ağaçören (Çatalçeşme)
60	1	1	77	73	sm	sm	Eskil (Merkez)
60	1	-	75	71	sm	-	Eskil (Yazır)

4.2. C-bantlama

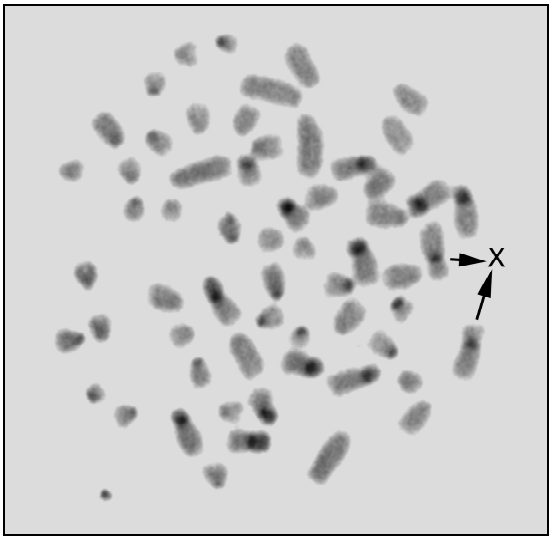
Aksaray il merkezi, Gülağaç, Ortaköy, Ağaçören, Güzelyurt, Sarıyahşi ve Eskil ilçelerinden elde edilen 2n=60 kromozomal formuna ait 10 (7 ♂♂, 7 ♀) örneğin kromozom setindeki iki kollu kromozomların tamamı sentromerik C-bantlara sahiptirler. Akrosentrik kromozomlardan bazılarında belirgin perisentromerik C-bantlar, bazıların da ise zayıf C-bantlar vardır. X kromozomu perisentromerik C-heterokromatine sahipken Y kromozomunun kısa kolunun tamamı C- heterokromatin (C-pozitif)'dir (Şekil 4.7-11). Ortaköy ve Eskil örneklerinde diğerlerinden faklı olarak da birinci çift en büyük akrosentrik kromozomlar sentromerik C-heterokromatine sahiptir. Ayrıca Eskil ilçe merkezi ve Yazır mevkii örneklerinin heteromorf olan kromozomunun iki kollu birinci kromozom ile akrosentrik ikinci kromozom sentromerik C-pozitiftir.



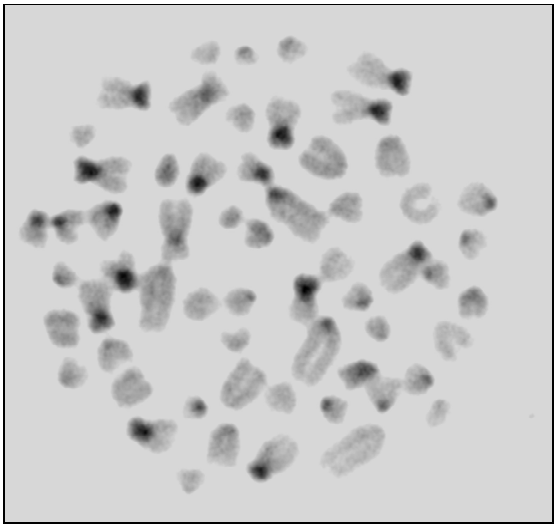
Şekil 4.7. Aksaray il merkezinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve karyotipi.

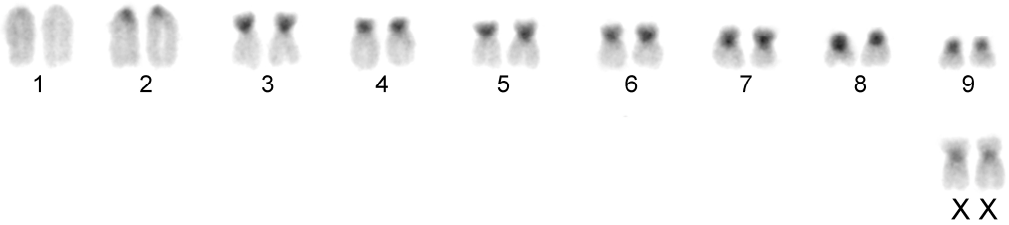


Şekil 4.8. Aksaray ili Sarıyahşi ilçesinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı.

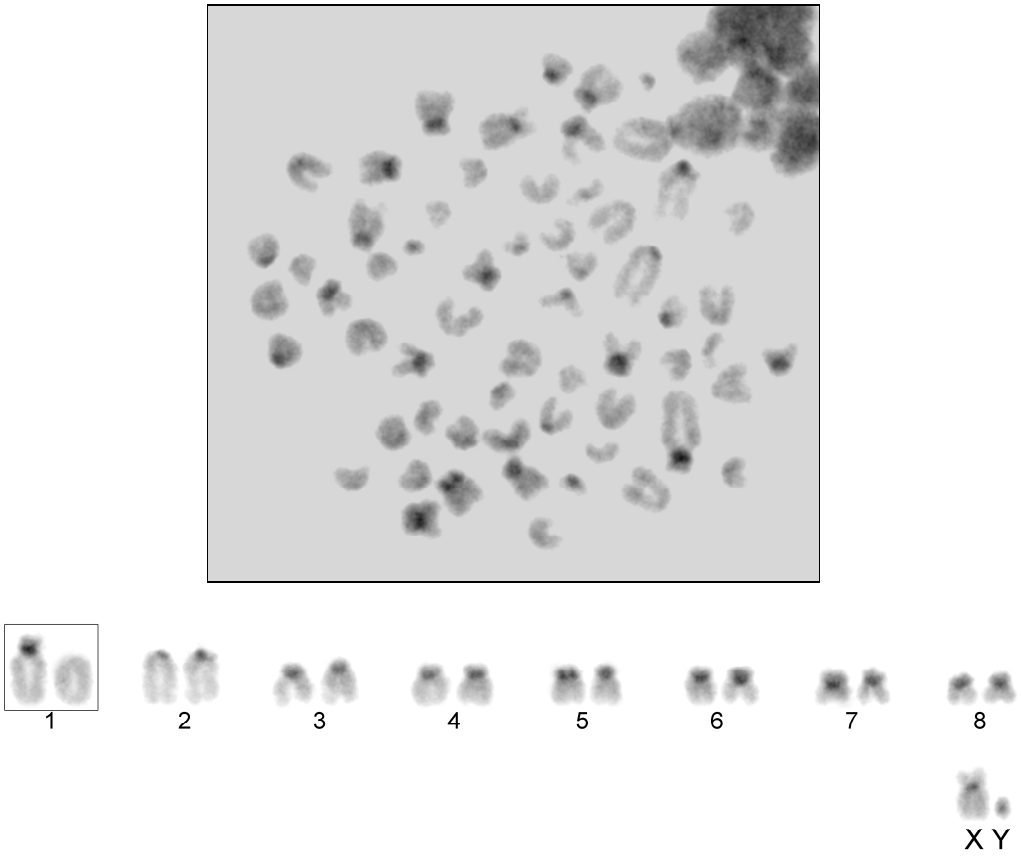


Şekil 4.9. Aksaray ili Gülağaç, Ağaçören, Güzelyurt ilçelerinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı.





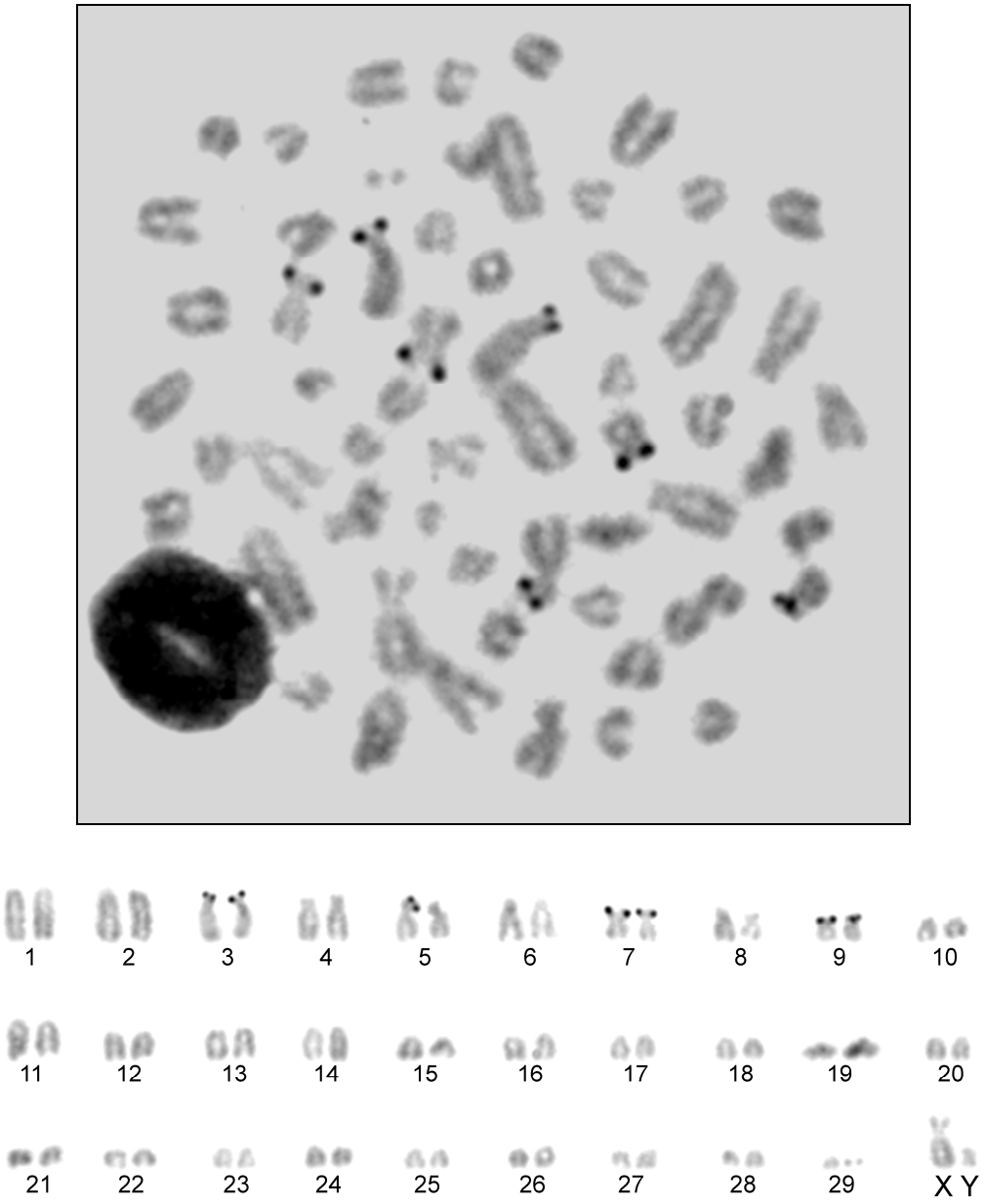
Şekil 4.10. Aksaray ili Ortaköy ilçesinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi



Şekil 4.11. Aksaray ili Eskil ilçesinden erkek bir örneğin C-bantlı metafaz plağı ve iki kollu kromozomların karyotipi.

4.3. Ag-NOR Boyama

Aksaray ili merkez ve diğer ilçelerinden elde edilen 2n=60 kromozomal formun örneklerinin tamamının 4 çift (3, 5, 7, 9) iki kollu kromozomların kısa kollarınının telomer bölgelerinde aktif NOR tespit edilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Aksaray il merkezinden erkek bir örneğin Gümüş-nitrat boyalı metafaz plağı ve karyotipi.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Standart Karyotip (Giemsa Boyama)

Orta Anadolu'da en fazla yayılış gösteren 2n=60 formudur (Yüksel 1984, Gülkaç ve Yüksel 1989, Nevo ve ark. 1994 ve 1995, Sözen 2004, Sözen ve ark. 1999, 2000a ve 2000b, Tez ve ark. 2001, Yüksel ve Gülkaç 2001, Matur ve Sözen 2005, Kankılıç ve ark. 2005, 2006 ve 2007). Eğer bir türün kromozomal formlarından bir tanesi çok geniş alanda yayılış gösteriyorsa, o form, atasal formdur (Zima 2000). Bu nedenle *Nannospalax*'ın 2n=60 formu orta Anadolu için bir atasal formdur. Bu form, ilk defa Yüksel (1984) tarafından Malatya'da NF=80 olarak, daha sonra Gülkaç ve Yüksel (1989) tarafından Malatya-Arguvan ve Malatya-Yazıhan'da NF=82 olarak tespit edilmiştir. Araştırıcılara göre Malatya örneklerinin X kromozomu submetasentrik ve Y kromozomu ise subtelosentriktir. Nevo ve ark. (1994, 1995) aynı formu Denizli, Karaman, Malatya-Pınarbaşı'nda bulmuş ve NF=78 olarak kaydetmişlerdir. Ivanitskaya ve ark. (2008) ve Nevo ve ark. (1994 ve 1995) Orta Anadolu'da tespit ettikleri 2n=62 kromozomal formunun esasında 2n=60 olduklarını ve 60'ın dışındakilerin ise B kromozomu olduklarını belirtmişlerdir. Bu nedenle *N. xanthodon* Türkiye'de en fazla 60 kromozoma sahiptir. Türkiye'de bugüne kadar birçok lokaliteden tespit edilen 2n=60 formlarının NF değerleri 72-84 arasında değişmektedirler (Yüksel 1984, Gülkaç ve Yüksel 1989, Nevo ve ark. 1994 ve 1995, Sözen 2004, Sözen ve ark. 1999, 2000a ve 2000b, Tez ve ark. 2001, Yüksel ve Gülkaç 2001, Matur ve Sözen 2005, Kankılıç ve ark. 2005, 2006 ve 2007). Sözen ve ark. (2006b) 2n=60 kromozomlu formunun Samsun örneklerinde otozomal kromozomlarda heteromorfluk tespit etmişlerdir (NF=77). Ayrıca aynı araştırıcılar 2n=54 formunun Tokat örneklerinde de heteromorfluk tespit etmişlerdir (NF=75).

Heteromorf olan homolog kromozomların herhangi birisindeki kısa kol eksikliği delesyon sonucu oluşabilir.

Tablo 2.1'de karyolojik karakterlerin karşılaştırılması amacıyla, Türkiye'deki *N. xanthodon* üzerinde yapılan karyolojik çalışmalar toplu halde verilmişlerdir. 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 formlar da dikkate alındığında, Türkiye'deki farklı karyolojik formlarının sayısı oldukça artmıştır.

Nevo ve ark. (1995)'nın atfettiğine 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* üsttürünün 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. Nevo ve ark. (1995), *N. xanthodon*

üsttüründe orta bir iklime sahip Ege bölgesinde 2n=38, yarıkurak Bolu'da 2n=54 ve kurak Ankara'da ise 2n=62 kaydetmişlerdir. Araştırıcılara göre yayılışın ekstrem sınırlarında birbirlerinden ayrı lokalitelerdeki kör fareler aynı diploid sayıya sahip olabilir. Aydın ve Erzurum (Sarıkamış)'da bulunan bireyler 2n=50; Denizli, Karaman ve Malatya'da bulunan bireyler ise 2n=60'a sahiptir. Nevo ve ark. (1995), karyotip dağılımının parapatrik olduğunu, kromozomal türler arasında morfolojik ayrımın oldukça az olduğunu belirtmişlerdir. Araştırıcılara göre İsrail ve Türkiye'de Spalacidae familyası Robertsonian düzenlenmeleri ve perisentrik inversiyonlar yoluyla adaptif ekolojik türleşme göstermektedir. Araştırıcılar, Spalacid'lerin yayılışında kuraklık derecesinin ve stresin en önemli evrimsel güç olduğunu da ilave etmişlerdir.

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

Arslan ve ark. (2010) Konya'daki 2n=60 kromozomal form örneklerinin NF değerlerinin 74-80 arasında olduğunu belirlemişledir. Ayrıca örneklerin bazılarının otozomları içinde heteromorf olan bir çift kromozom tespit edilmiştir (NF=75). Araştırıcılara göre heteromorf kromozomlar populasyonlar arasında değişmektedirler. Bu çalışma sonucunda ise Aksaray bölgesinde 2n=60 kromozomal formun NF değerleri 75-78 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Ayrıca Eskil örneklerinde de Selçuklu ve Çumra (Arslan ve ark. 2010) örneklerinde olduğu gibi en büyük kromozom çiftinin heteromorf olduğu tespit edilmiştir. Bu NF farklılıklarına Arslan ve ark. (2010)'nın belirttiği gibi perisentrik inversiyon, heterokromatin veya ökromatin delesyonu (silinmesi) ve eklenmesi neden olabilir.

5.2. C-bantlama

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* üsttürüne ait bazı kromozomal formlar üzerine yapılmıştır. Bu araştırıcılar, Malatya'dan aldıkları *N. xanthodon* üsttürünün 2n=60 (NFa=74) kromozomlu formunun yedinci çift hariç, diğer bütün subtelosentrik kromozomlarının kısa kollarının tamamının heterokromatin, akrosentrik kromozomların arasından ise sadece dört çiftinin perisentromerik heterokromatin bloklara sahip olduğunu belirlemişlerdir. Aynı araştırıcılara göre; bu örneklerin, X kromozomlarındaki perisentromerik heterokromatin bloklar otozomlardaki kadar koyu değildirler. Ayrıca, bu araştırıcılar *N. xanthodon* ve *N. ehrenbergi* arasındaki en önemli farklardan birinin de heterokromatin değişimleri olduğunu belirtmişlerdir. Öktem (2008) 2n=60 formunun Kuzey Ankara örneklerinde sentromerik C-bantlar tespit etmiştir.

Ivanitskaya ve ark. (2008) Çankırı, Kastamonu ve Bursa'dan toplam altı lokaliteden aldıkları 2n=60 formunun 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) sitotiplerini belirlemişlerdir. Araştırıcılara göre, 2n=60W sitotipin iki kollu kromozomlarının tamamı sentromerik ve perisentromerik heterokromatin bantlara sahipken, R sitotipinin bir çift subtelosentrik kromozomu C-negatiftir. Büyük akrosentrik kromozomlar ise ya C-negatif ya da çok küçük sentromerik C-bloklara sahiptirler. Araştırıcılar, genelde W sitotipinin birinci çift kromozomu C-negatifken bu sitotipin bir örneğinin ise C-pozitif olarak ve R sitotipinin birinci çift kromozomun da heteromorfik C-bandı tespit etmişlerdir. Ivanitskaya ve ark. (2008) ikinci büyük akrosentrik kromozomun W sitotipinde C-pozitif, R sitotipinde ise C-negatif olduğunu ve W sitotipine ait bir örneğinde ise dördüncü çift kromozomunda heteromorfik C-bandı belirlemişlerdir. Araştırıcılar, 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 Türkiye'de yayılış gösteren 2n=36, 38, 40, 50W, 52N, 54N, 56W, 56Tr, 58N, 58Sarıkavak ve 60Uşak formlarının C-heterokromatin özelliklerini tespit etmiştir.

Ivanitskaya ve ark. (1997)'nın 2n=60 Malatya örneklerinde tespit ettikleri gibi iki kollu kromozomlarının kısa kollarının tamamının heterokromatin özelliği bu örneklerde yoktur. Ivanitskaya ve ark. (1997), *N. ehrenbergi* üsttürünün 2n=52 ve 56 formlarının heterokromatin özelliklerini tespit etmişlerdir. Bunlara göre; her iki formun da akrosentrik kromozomlarının tamamına yakını perisentromerik C-bloklara sahiptirler. Ayrıca eşey kromozomlarındaki heterokromatin yoğunluğunun bir forma ait örnekler arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Bu araştırıcılar, Güneydoğu Anadolu bölgesi bantlama sonuçlarını, İsrail sonuçları (Ivanıtskaya ve Nevo 1998) ile karşılaştırmışlar ve Türkiye'den iki lokaliteden elde edilen bu üsttüre ait örneklerde telomerik C-bantlar tespit edilirken İsrail örneklerinde telomerik bantlar tespit edilememiştir. Araştırıcılar, *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.

Bu çalışmada Arslan ve ark. (2010) ve diğerlerinde olduğu gibi 2n=60 formuna ait örneklerin iki kollu kromozomların tamamında sentromerik C-bantlar tespit edildi. Ayrıca perisentromerik heterokromatine sahip akrosentrik kromozom sayısında varyasyon gösterdiği tespit edilmiştir.

5.3. NOR Bantlama

Türkiye kör fareleri üzerine ilk NOR çalışmasını Ivanitskaya ve ark. (1997), yapmışlardır. Araştırıcılar, 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)'nun Malatya'dan aldıkları *N. xanthodon ve N. ehrenbergi* örneklerinde üç çift ve Elazığ örneklerinde ise iki çift kromozomda NOR tespit etmişlerdir. Bu araştırıcılar da her iki kör fare türündeki NOR'ları subtelosentrik kromozomlarda belirlemişlerdir. Öktem (2008) 2n=60 formunun Kuzey Ankara örneklerinde üç çift kromozomda NOR tespit etmiş, ancak bu NOR'ların hangi kromozomlarda olduğunu belirtmemiştir.

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

Arslan ve ark. (2010) 2n=60 formunun Konya örneklerinde 4 çift iki kollu kromozomların kısa kollarınının telomer bölgelerinde aktif NOR tespit etmişlerdir. Aksaray örneklerinin NOR lokalizasyonu Araştırıcılar 2n=40 formunun NOR'ları ile heterokromatin bölgelerinin bağlantılı olduğunu tespit etmelerine rağmen 58 ve 60 formlarında ise NOR'ların sentromerik heterokromatinle bağlantılarının tespit edilememeleri sonuçlarımızla örtüşmektedir. Ayrıca Ivanitskaya ve ark. (1997, 2008)'nın da 2n=60 formunda belirttikleri gibi C-heterokromatin, NOR ilişkisi bizim örneklerimizde tespit edilememiştir.

Sonuç olarak;

Aksaray ilinin tamamında 2n=60 kromozomal formunun yayılış gösterdiği ve Eskil ilçesindeki örneklerin heteromorf kromozom çiftinden dolayı NF=77 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmadaki C-bantlama sonuçlarının Konya bölgesindeki 2n=60 formunun sonuçları ile örtüşdüğü halde Ag-NOR'ların lokalizasyonu açısından farklı olduğu saptanmıştır.

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.

6. KAYNAKLAR

Akçın, A.F. 2006. *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia:Rodentia)'un bazı kromozomal formlarında (2n=50D, 50K, 52K, 54K, 56K, 58K, 60 İç Anadolu ve 60K) molar çiğneme yüzeyi varyasyonlarının belirlenmesi.Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak,109s.

Akman, Y. 1998. Bitki Biyolojisine Giriş. Botanik, Palme Yayıncılık, Ankara, 220s.

Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Robert, K., Watson, J. 1983. Molecular biology of the cell, Garland Publishing Inc**.**, New York and London, p. 204.

Arslan, A., Akan, Ş., Zima, J. 2010. Variation in C-heterochromatin and NOR distribution among chromosomal races of mole rats (Spalacidae) from Central Anatolia, Turkey. Mammalian Biology, doi:10.1016/j.mambio.2010.01.005.

Aşan, N., Yağcı, T. 2008. Karyotype and hair scale structure of *Nannospalax leucodon* (Nordmann, 1840) from central Anatolia (Rodentia: Spalacidae). Turk. J. Zool. 32: 125-132.

Atallah, S.I. 1976. Mammals of the Eastern Mediterranean region: Their Ecology, Systematics and Zoogeographical Relationship. Z. Saugetierkd., 26: 1-50.

Baker, R.J., Bradley, R.D. 2006. Speciation in Mammals and the Genetic Species Concept**.** Journal of Mammalogy 87(4): 643-662.

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

Becermiş, G. 2007. Türkiye'deki *Nannospalax leucodon*, *Nannospalax nehringi* ve *Nannospalax ehrenbergi* (Mammalia: Rodentia)'nin bazı kromozomal formlarında (*N. leucodon* 2n= 56Tr; *N. nehringi*: 2n=38, 2n=50D, 2n=52G, 2n=52K, 2n=54K, 2n=56G, 2n=58G, 2n=60; *N. ehrenbergi* 2n= 52ehr, 2n= 56ehr) molar çiğneme yüzey varyasyonlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsüsü, Zonguldak. 133s.

Benda, P., Horacek, I. 1998. Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean. Part. I. Review: Distribution and taxonomy of bats in Turkey. Acta. Soc. Zool. Bohem. 62: 255-313.

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

Corbet, G.B. 1978. The Mammals of the Palaearctic region; A Taxonomic Review. Brit. Mus. Nat. Hist., Cornel Univ. London, pp.1-314.

Corbet, G.B., Hill, J.E. 1991. A World list of Mammalian species. Third edition. Natural History Museum Publ., Oxford Univ., London. Press.

Corneo, G. 1978. Satellite DNA's in eukaryotes: a non-adaptive mechanism of speciation which originated with sexual reproduction. Experientia, 34:1141-1142.

Coşkun, Y. 1998. Şırnak yöresi *Spalax ehrenbergi*, Nehring, 1898 (Rodentia; Spalacidae) türünün morfolojik ve karyolojik özellikleri. XIV. Ulusal Biyoloji Kongresi, 7-10 Eylül 1998. Samsun.

Coşkun, Y. 2001. Biyoçeşitlilik. Türkiye sorunlarına çözüm konferansı-Diyarbakır. 24 Mayıs 2001.

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

Coşkun, Y. 2004a. Morphological and karyological characteristics of *Nannospalax ehrenbergi* (Nehring, 1898) (Rodentia: Spalacidae) from Hatay Province, Turkey. Turk. J. Zool., 28: 205-212.

Coşkun, Y. 2004b. A new species of mole rat, *Nannospalax munzuri* sp. n., and karyotype of *Nannospalax tuncelicus* (Coşkun, 1996) (Rodentia: Spalacidae) in eastern Anatolia. Zoology in the Middle East, 33: 153-162.

Çataklı, K. 2004. Çankırı ili *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia: Rodentia)'larının karyolojik ve morfolojik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak. 101s.

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

Danford, C.G., Altson, E.R. 1887. On The of Asia Minor. Part I. Proc. Zool. Soc. Lond., 1880:50-64.

Danford, C.G., Alston, E.R. l880. On the mammals of Asia Minor. Part II. Proc. Zool. Soc. London, 1880:50-64.

Davis, P.H. 1971. Distribution Patterns in Anatolia with Particular. Reference to Endemism. In: Davis P.H., Harper P.C. and Hadge I.C. (eds). Plant Life of SW Asia, 15-27.

Doğramacı, S., 1989. Türkiye Memeli Faunası. Ondokuz Mayıs Üniv.Fen Der., 1(3):107-136.

Ekim, T., Güner, A. 1986. The Anatolian Diagonal: Fact or Fiction. Proc. R. Soc. Edinburg, 89B: 69-77.

Ellerman, J.R., Morrison-Scott, T.C.S. 1951. Checklist of Palaearctic and Indian Mammals. 1758-1946. British Museum (Natural History), London, 1-810.

Eroğlu, F. 2006. Çorum İli *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia: Rodentia)'larının karyolojik ve morfolojik analizi. Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 69s.

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

Foster, G.G., Whitten, M.J. 1991. Meiotic drive in *Lucilia cuprina* and chromosomal evolution. Am. Nat., 137: 403-415.

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

Gamperl, R. 1982. Chromosomal evolution in the genus *Clethrionomys*. Genetica, 57: 193-197.

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

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

Gülkaç, M.D., Küçükdumlu, İ. 1999. İki kör fare türünde (*Spalax leucodon ve Spalax ehrenbergi*) nukleolus organizatör bölge varyasyonu. Tr. J. Biol., 23: 153-158.

Gülkaç, M.D., Yüksel, E. 1989. Malatya yöresi körfareleri (Rodentia; Spalacidae) üzerine sitogenetik bir inceleme. Doğa Türk Biyol. Derg., 13: 63-71.

Gülkaç, M.D., Yüksel, E. 1999. Türkiye'deki *Spalax* tür ve alttürlerinin dağılımına ve türleşmesine coğrafik izolasyonun etkisi. Tr. J. Zool., 23(2): 491-496.

Harrison, D.L., Bates, P.J.J. 1991. Mammals of Arabia. Second Edition. Harr. Zool. Mus. Pub., pp. 1-353.

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

Hsu, T.C. 1975. A possible function of constitutive heterochromatin: The Bodyguard Hypothesis, Genetics, 79: 137-150.

Ivanıtskaya, E., Sözen, M., Rashkovetsky, L., Matur, F., Nevo, E. 2008. Discrimination of 2n=60 *Spalax leucodon* cytotypes (Spalacidae, Rodentia) in Turkey by means of classical and molecular cytogenetic techniques. Cytogenet. Genome Res., 122: 139-149.

Ivanitskaya, E., Nevo, E. 1998. Cytogenetics of mole rats of the *Spalax ehrenbergi* superspecies from Jordan (Spalacidae, Rodentia). Z. Säugetierkd, 63: 336-46.

Ivanitskaya, E., Coşkun, Y., Nevo, E. 1997. Banded karyotypes of mole rats (*Spalax*, Spalacidae, Rodentia) from Turkey, J. Zool. Syst. Evol. Research, 35: 171-177.

John, B. 1981. Heterochromatin variation in natural populations. Chromosomes today, 7: 128-137.

John, B., Freeman, M. 1975. Causes and consequences of Robertsonian exchange. Chromosoma, 52: 123-136.

Kankılıç, T., Çolak, E., Çolak, R., Yiğit, N. 2005. Allozyme variation in *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Rodentia: Spalacidae) in the area between Ankara and Beyşehir. Turk. J. Zool., 29: 377-384.

Kankılıç, T., Kankılıç, T., Çolak, R., Kandemir, İ., Çolak, E. 2006. Morphological comparison of seven chromosomal forms of *Spalax leucodon* Nordman, 1840 (Mammalia: Rodentia) in Turkey. Pakistan J. Biol. Sci., 9(13): 2419-2425.

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

Karol, S. 1998. Hücre Biyolojisi. A.Ü. Fen Fakültesi Basımevi, Ankara, 451s.

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

Kıvanç, E. 1988. Türkiye *Spalax*'larının coğrafik varyasyonları. Ankara 72, Teksir-Daktilo Fotokopi, 88s.

King, M. 1985. The canalization model of chromosomal evolution; A critique, Syst. Zool., 34(1): 69-75.

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

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

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

Lay, D.M., Nadler, C.F. 1972. Cytogenetics and origin of North African *Spalax* (Rodentia: Spalacidae). Cytogenetics, 11: 279-285.

Lejeune, J., Dutrillaux, B., Rethore, M.O., Prieur, M. 1973. Comparaison de la structure fine des chromatides d'*Homo sapiens* et de Pan troglodytes. Chromosoma, 43: 423-444.

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

Matthey, R. 1957. Cytologie et taxonomie du genre Meriones Illiger (Rodentia-Muridae-Gerbillinae). S.ugetierkdl. Mitt. 5: 145-150.

Matur, F. 2005. Bilecik ili *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammala: Rodentia)'larının karyolojik ve morfolojik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak, 70s.

Matur, F. 2009. Batı Türkiye *Nannospalax* (Mammalia: Rodentia) kromozomal formlarının G ve C bantlama yöntemleriyle karşılaştırılması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak, 101s.

Matur, F., Sözen, M. 2005. A karyological study on Subterranean mole rats of the *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia: Rodentia) superspecies in northwestern in Turkey. Zoology in the Middle East, 36:5-10.

Mursaloğlu, B. 1979. Türkiye *Spalax*'larında (Mammalia;Rodentia) sistematik problemler.TÜBİTAK VI. Bilim Kongresi, Mat., Fiz. ve Biyo. Bil. Araş. Gr. Biyo. Sek. Teb., 83-92s.

Musser, G., 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, pp.894–1531.

Nehring, A. 1898. Über mehrere neue *Spalax* Arten. Sitzb. der Gesellsch. Natur Freundez., Berlin, 171-183.

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

Nevo, E. 1982. Speciation in Subterranean Mammals, Mechanisms of Speciation, pp.191-218.

Nevo, E. 1985. Speciation in action and adaptation in subterranean mole rat; patterns and theory. Boll. Zool., 52: 65-95.

Nevo, E. 1990. Evolution of nonvisual communication and photoperiodic perception in speciation and adaptation of blind subterranean mole rats. Behaviour, 114: 249-276.

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

Nevo, E. 1999. "Mosaic Evolution of Subterranean Mammals. Regression, Progression and Global Convergence", Oxford Univ. Press, Inc., New york, 413 pp.

Nevo, E., Bar-El, H. 1976. Hibridization and speciation in fossorial mole rats. Evolution, 30: 831-840.

Nevo, E., Cleve, H. 1978. Genetic differentiation during speciation, Nature, 275: 263-269.

Nevo, E., Filippucci, M.G., Redi, C., Korol, A., Beiles, A. 1994. Chromosomal speciation and adaptive radiation of mole rats in Asia Minor correlated with increased ecological Stress, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 91: 8160-8164.

Nevo, E., Filippucci, M.G., Redi, C., Simson, S., Heth, G., Beiles, A. 1995. Karyotype and genetic evolution in speciation of subterranean mole rats of the genus *Spalax* in Turkey. Biol. J. Linnean Soc., 54: 203-229.

Nevo, E., Ivanitskaya E., Beiles, A. 2001. Adaptive radiation of blind subterranean mole rats: naming and revisiting the four sibling species of the *Spalax ehrenbergi* superspecies in Israel: *Spalax galili* (2n= 52), *S. golani* (2n= 54), *S. carmeli* (2n=58) and *S. judaei* (2n= 60), Bachkhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

Nevo, E., Ivanitskaya, E., Flippucci, M.E., Beiles, A. 2000. Speciation of subterranean mole rats *Spalax ehrenbergi*, in Jordan, Biol. J. Linnean Soc., 69: 268-281.

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

Öktem, F.G. 2008. Kuzey Ankara Spalaxlarının (Körfare) karyotip, nukleolus organizatör bölge (NOR) ve C-bant özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 75s.

Pantalayev, P.A. 1998. The Rodents of the Palaearctic. Composition and areas. Russian Acad. of Sci. A.N Severtzov Inst. of Ecology and Evolution, Moscow, 116 pp.

Patton, J.L. 1990. The historical, selective, and random basis for divergenee patterns with and among species. In: Nevo E, Reigon, eds. Evolution of Subterranean Mammals at the Organismal and Molecular Levels. New York: Alan R Liss, Inc., pp. 49-69.

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.

Radjabli, S.I. 1977. C-heterochromatin in mammalian evolution. Dokl. An.SSSR, 234: 935-936 (in Russian).

Radjabli, S.I., Grafodatskij, A.S. 1977. Karyotypic evolution in mammals (chromosome rearrangements and heterochromatin) Nauka, Novosibirsk, 231-248 (in Russian).

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., Graphodatsky, A.S. 2007. Karyotype evolution and phylogenetic relationships of hamsters (Cricetidae, Muroidea, Rodentia) inferred from chromosomal painting and banding comparison. Chromosome Res., 15: 283-297.

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

Savic, I., 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, pp.129-153.

Savic, I., Soldatovic, B. 1978. “Studies on the karyotype and distribution renge of the molerat *Spalax leucodon* Nordmann in Greece”, Caryologia, 31: 63-73.

Savic, I., Soldatovic, B. 1979. Distribution range and evolution of chromosomal forms in the Spalacidae of the Balkan Peninsula and bordering regions, J. of Biogeography, 6: 363-374.

Savic, I., 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.

Schulz-Schaeffer, J. 1980. Cytogenetics. Plants, animals, humans. Springer Verlag, New York. 446 p.

Soldatovic, B., Savic, I. 1978. Karyotypes in some populations of the genus *Spalax* (*Mesospalax*) in Bulgaria and Turkey. Sonderdruck aus Saugetierk. Mitt., 26. Jhg., Heft, 4: 252-256.

Sözen, M. 2000. Ulukışla (Niğde)-Tarsus (Mersin)-Adana bölgesi *Spalax* Güldenstaedt, 1770 (Mammalia: Rodentia) populasyonlarının karyolojik ve morfolojik analizi. Doktora Tezi, Ankara Üniv., Fen Bilimleri Enst., Biyoloji anabilim Dalı, Ankara, 134s.

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

Sözen, M. 2006. A review of mole rats (Rodentia: spalacidae) distrubution in Turkey. Prigioni et al. (eds.) Proc 10th Rodens & Spatium. The International Conference on Rodent Biology, Hystrix It. J. Mammalia., (n.s.) Supp.,125s.

Sözen, M., Çolak, E., 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. Z. Säugetierkunde, 65: 309-312.

Sözen, M., Çolak, E., Yiğit, N. 2000b. A Study on karyotypic evolution of the genus *Spalax* Güldenstaedt, 1770 (Mammalia: Rodentia) in Turkey. Isr. J. Zool., 46: 239-242.

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

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

Sözen, M., Kivanç, E. 1998b. A new karyotype of *Spalax leucodon cilicicus* Mehely,1909 (Mammalia: Rodentia) from type locality in Turkey. Isr. J. Zool., 44: 53-56.

Sözen, M., Matur, F. 2005. Karabük, Bolu ve Ankara *Spalax* Güldenstaedt, 1770 (Mammalia: Rodentia) populasyonlarının karyolojik ve morfolojik özellikleri. TÜBİTAK-TBAG 2073 nihai raporu, 115s.

Sözen, M., Sevindik, M., Matur, F. 2006a. Karyological and some morphological characteristics of *Spalax leucodon* Nordmann, 1840 (Mammalia: Rodentia) populations around Kastamonu province, Turkey, Turk J. Zool., 30: 205-219.

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

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

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

Sumner, A.T. 1972. A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. Exp. Cell Res., 75: 304-306.

Sumner, A.T. 1990. Chromosome Banding. Unwin Hyman, London. 434 pp.

Sumner, A.T. 2003. Chromosomes: Organization and Function. Blackwell Publishing, UK.

Tez, C., Gündüz, İ., Kefelioğlu, H. 2001. Karyological Study of 2n=38 *Spalax leucodon* (Nordmann, 1840) in central Anatolia, Pakistan J. Biol. Sci., 4: 869-871.

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

Topachevskii, V.A 1969. Fauna of the USSR: Mammals. Mole rats, Spalacidae. Smithsonian Institution and the National Science Foundation, Washington.

Topaktaş, M., Rencüzoğulları, E. 1995. Sitogenetik. Çukurova Üniversitesi, Fen Fakültesi, Adana, 182s.

Turan, N. 1984. Türkiye'nin Av ve Yaban Hayvanları. Memeliler,177s.

Varley, J.M., Macgregor, H.C., Nardi, I., Adrews, C., 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.

Wahrman, J., Goitein, R. ve Nevo, E. 1969. Mole rat, *Spalax*; Evolutionary significance of chromosome variation. Science, 164: 82-84.

White, M.J.D. 1973. Animal cytology and evolution. Cambridge University Press, London.

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

Wilson, E., Reeder, M.D. 2005. Mammal Species of the World, A taxonomic and Geographic Reference, Second Ed. Smithsonion Institution Press Washington and London.

Yüksel, E. 1984. Cytogenetic Study in *Spalax* (Rodentia; Spalacidae) from Turkey. Communications, C; Biologie, 2: 1-12.

Yüksel, E., Gülkaç, M. D. 1992. on the karyotypes of in some populations of the subterranean mole rats in the Lower Euphrates Basin, Turkey, Caryologia, 45: 175-190.

Yüksel, E., Gülkaç, M. D. 2001. The Cytogenetical comparison of *Spalax* (Rodentia: Spalacidae) populations from middle Kızılırmak, Turkey, Turk. J. Biol., 25: 17-24.

Zima, J. 1978. Chromosome characteristics of Vespertilionidae from Czechoslovakia. Acta Sc. Nat. Brn., 12(12): 1-38.

Zima, J. 2000. Chromosomal evolution in small mammals (Insectivora, Chiroptera, Rodentia). Hystrix, 11(2): 5-15.

Zima, J., Kral, B. 1984. Karyotypes of European Mammals II. Acta Sc. Nat. Brn., 18(8): 1-62.