T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA BÖLGESİNDEKİ *NANNOSPALAX* (MAMMALIA: RODENTIA) KROMOZOMAL FORMLARININ (2n=40, 58, 60) HETEROKROMATİN DAĞILIMI VE NÜKLEOLAR ORGANİZATÖR BÖLGELERİ (NORs)

Şükrüye AKAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI
Konya, 2009

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KONYA BÖLGESİNDEKİ *NANNOSPALAX* (MAMMALIA: RODENTIA) KROMOZOMAL FORMLARININ (2n=40, 58, 60) HETEROKROMATİN DAĞILIMI VE NÜKLEOLAR ORGANİZATÖR BÖLGELERİ (NORs)

Şükrüye AKAN

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Y. Doç. Dr. Atilla ARSLAN

2009, 74 Sayfa

Jüri: Prof. Dr.Abdurrahman AKTÜMSEK

Y.Doç.Dr. Atilla ARSLAN

Y.Doç.Dr. Haluk ÖZPARLAK

Bu çalışmada Konya bölgesinde yayılış gösteren *Nannospalax nehringi*(Körfare) üsttürüne ait 2n=40, 58 ve 60 kromozomal formları kullanıldı. Oniki lokaliteden 10'u erkek, 13'ü dişi olmak üzere toplam 23 kör fare örneğinin standart, C- ve NOR bantlama özellikleri araştırıldı. 2n=40 ve 58 formlarının NOR özellikleri ilk defa bu çalışmada tespit edildi. Hem 2n=58 (NF=75) hem de 60 (NF=74-80) kromozomal formuna ait bazı populasyonlarda heteromorf kromozom çiftleri belirlendi. 2n=40 formunda, C-heterokromatin bölgeleri dört çift kromozomun iki kısa kollarının tamamında bulunurken, diğer formların hem iki kollu kromozomlarında hem de akrosentrik kromozomlarının sentromerlerinde bulunmaktadır. Çalışılan bütün kromozomal formlarda iki kollu dört çift kromozomda NOR tespit edildi. Ayrıca 2n=40 formundaki NOR'ların heterokromatin ile ilişkili olduğu saptandı.

Anahtar Kelimeler: *Nannspalax*, karyotip, C-bantlama, NOR, Konya

ABSTRACT

Msc. Thesis

HETEROCHROMATIN DISTRIBUTION AND NUCLEOLAR ORGANIZER REGIONS (NORS) OF *NANNOSPALAX* (MAMMALIA: RODENTIA) CHROMOSOMAL FORMS (2n=40, 58, 60) IN KONYA PROVINCE

Şükrüye AKAN

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biology

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Atilla ARSLAN

2009, 74 Page

Jury: Prof. Dr. Abdurrahman AKTÜMSEK

Assist. Prof. Dr. Atilla ARSLAN

Assist. Prof. Dr. Haluk ÖZPARLAK

In this study 2n = 40, 58, 60 forms of *Nannospalax nehringi*(mole rat) superspecies spread through Konya province were used. Standard, NOR and C-banding specialities of 10 male and 13 female, total 23 species of mole rats from 12 localties were examined. NOR specialities of 2n=40 ve 58 forms were determined for the first time in this study. Heteromorphic chromosomal pairs were determined in some populations of both 2n=58 (NF=75) and 60 (NF=74-80) chrosomal forms. In 2n=40 form, C-heterochromatin regions existed in all short arms of 4 biarmed pairs but it resided in centromere of both biarmed and acrocentric chromosoms in other forms. NORs were determined in 4 pairs of biarmed chromosoms in all studied chrosomal forms. Furthermore, it was revealed that NORs of 2n=40 form had relation with heterochromatin.

Keywords: *Nannspalax*, karyotype, C-banding, NOR, Konya

ÖNSÖZ

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

Ayrıca bana daima destek olan eşim Ahmet, kızım Güldeniz AKAN'a, enişte Mustafa GARGI'ya, BOYACI ve AKAN ailelerine teşekkür eder; tezimi rahmetli kayınpederim Mustafa AKAN'a ve babam Niyazi BOYACI'ya ithaf ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET..... iii
ABSTRACT……. iv
ÖNSÖZ……. v
İÇİNDEKİLER……. vi
ŞEKİLLER DİZİNİ…….. viii
TABLOLAR DİZİNİ……... x
1. GİRİŞ……... 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI…… 8
2.1. Kromozomlar ve Karyotip..... 17
2.2. Kromozom Bantlama Yöntemleri..... 19
2.2.1. C- bantlama…….. 19
2.2.2. Nukleolus organizatör bölge (NOR)……... 20
2.2.3. Kromozom varyasyonları……. 22
3. MATERYAL VE METOT..... 26
3.1. Standart Giemsa Boyama..... 29
3.2. C- bantlama…… 30
3.2.1. Kullanılan solüsyonlar……. 30
3.2.2. Yapılışı……. 30
3.3. NOR bantlama……... 31
3.3.1. Kullanılan solüsyonlar……. 31
3.3.2. Yapılışı……. 32
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI…….. 33
4.1. Standart Karyotip(Giemsa Boyası)..... 33
4.1.1. 2n= 40 Kromozomal formu..... 33
4.1.1. 2n= 58 Kromozomal formu..... 33
4.1.1. 2n= 60 Kromozomal formu……. 34

4.2. C-bantlama…… 42
4.2.1. 2n= 40 Kromozomal formu..... 42
4.2.2. 2n= 58 Kromozomal formu..... 42
4.2.3. 2n= 60 Kromozomal formu…… 43
4.3. Ag- NOR Boyama..... 49
4.3.1. 2n= 40 Kromozomal formu…… 49
4.3.1. 2n= 58 Kromozomal formu…… 49
4.3.1. 2n= 60 Kromozomal formu…… 50
5. TARTIŞMA VE SONUÇ…… 54
5.1. Standart Karyotip (Giemsa Boyama)..... 54
5.2. C- bantlama..... 57
5.3. NOR-bantlama..... 60
6. KAYNAKLAR..... 62

ŞEKİLLER DİZİNİ

No		Sayfa
Şekil 1.1.	Türkiye'de yayılış gösteren körfare türleri……	7
Şekil 3.1.	Araştırmanın yapıldığı Konya ilindeki körfare örneklerinin alındığı lokaliteler.....	27
Şekil 3.2.	A: 2n=40 kromozomlu Beyşehir örneklerinin yayılış alanı. B: 2n=60 kromozomlu Bozkır örneklerinin yayılış alanı.....	28
Şekil 3.3.	A: Yakalanan ve karyolojisi yapılan 2n=40 kromozomlu Beyşehir örneği. B: Yakalanan ve karyolojisi yapılan 2n=60 kromozomlu Bozkır örneği.....	28
Şekil 4.1.	Beyşehir-Gökçimen ve Bayavşar'dan 2n=40 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi.....	36
Şekil 4.2.	Konya-Ereğli'den 2n=58 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi.....	37
Şekil 4.3.	Konya-Karatay'dan 2n=60 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi.....	38
Şekil 4.4.	Konya-Selçuklu ve Çumra'dan 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi.....	39
Şekil 4.5.	Konya-Meram, Güneysınır ve Bozkır'dan 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi.....	40
Şekil 4.6.	Konya-Cihanbeyli'den 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve standart karyotipi.....	41
Şekil 4.7.	Beyşehir-Gökçimen ve Bayavşar'dan 2n=40 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve C-bantlı karyotipi……..	44
Şekil 4.8.	Konya-Ereğli'den 2n=58 kromozomlu erkek bir örneğin metafaz plağı ve C-bantlı karyotipi……	45
Şekil 4.9.	Konya-Sarayönü, Ilgın ve Hüyük'den 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve C-bantlı karyotipi……	46

Şekil 4.10. Konya-Selçuklu ve Çumra'dan 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve C-bantlı karyotipi…….. 47
Şekil 4.11. Konya-Meram, Güneysınır ve Bozkır'dan 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin metafaz plağı ve C-bantlı karyotipi…… 48
Şekil 4.12. Beyşehir-Gökçimen ve Bayavşar'dan 2n=40 kromozomlu erkek bir örneğin gümüş-nitrat boyalı metafaz plağı ve karyotipi……... 52
Şekil 4.13. Konya-Ereğli'den 2n=58 kromozomlu erkek bir örneğin gümüş-nitrat boyalı metafaz plağı ve karyotipi…… 52
Şekil 4.14. Konya-Selçuklu ve Çumra'dan 2n=60 kromozomlu erkek bir örneğin gümüş-nitrat boyalı metafaz plağı ve karyotipi……. 53

TABLOLAR DİZİNİ

No		Sayfa
Tablo 2.1.	Türkiye'de *N. nehringi* üzerine yapılan karyolojik çalışmalar.....	13
Tablo 4.1.	Konya 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

Dünya milyonlarca yıldır bir değişim geçirmekte ve üzerinde yaşayan canlılar da bu değişimden etkilenmektedir. Değişen coğrafik ve klimatik faktörler, bölgeler arası floral ve faunal elamanların morfolojileri arasında küçük veya büyük farklılıklara sebep olmuştur. Jeolojik ve jeofizik araştırmalar, üzerinde yaşadığımız Anadolu Yarımadasının yatay ve düşey doğrultuda pek çok kez değişime uğradığını göstermiş; 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). Ayrıca Anadolu jeolojik tarihinin yanı sıra üç kıtanın birleştiği bir bölge olması nedeniyle bir çok türün gen merkezi, biyoçeşitlilik açısından zengin, Dünya'daki ekocoğrafik bölgelerle karşılaştırıldığında Amazon bölgesinden daha zengin ekosistemlere sahip olması yönleriyle de Dünya'daki nadir ekolojik alanlardan biridir (Gülkaç ve Yüksel 1999, Kışlaoğlu ve Berkes 1987, Kurtonur 1996, Benda ve Horacek 1998).

Son yapılan çalışmalar neticesinde dünyada yaşayan memeli türlerinin yaklaşık olarak %3'ü ülkemizde yaşamakta; bunların yaklaşık % 73'ünü küçük memeliler (Eulipotyphla, Insectivora, Chiroptera ve Rodentia) ve bunların da % 43'ünü kemirgen türler oluşturmaktadır. Bu değerler de bize Türkiye'nin memeli tür sayısı ve çeşitliliği açısından; özellikle kemirgen türleri bakımından zengin bir biyoçeşitliliğe sahip olduğumuzu göstermektedir (Danford ve Alston 1887, 1880, Turan 1984, Doğramacı 1989, Kurtonur 1996, Krystüfek ve Vohralik 2001, Coşkun 2001, Corbet ve Hill 1991, Demirsoy 1996, Coşkun 2003).

Yeryüzünde başlayan değişim sürecinde, memelilerin ilk ortaya çıkışları Paleosen sonu ve Eosen başlarına rastlamaktadır ve Tersiyer boyunca yaşanabilir tüm alanlara yayılarak çeşitlenmişlerdir. Son dönemlerde kazandıkları beyin organizasyon güçleri, farklı ortamlarda yaşama şansını arttıran güçlü adaptasyon yetenekleri, vücut

sıcaklıklarını sabit tutabilme özelliği, yavrularının gelişimini ana rahminde tamamlayabilme ve bir birey olarak da varlığını devam ettirebilme gibi önemli adaptasyonlarr türün özelliklerinde çeşitlenmeyi arttırmıştır (Demirsoy 1996, Nevo 1982, 1991,Nevo ve ark. 1995 ve Coşkun 2003).

Yer altı memeli türlerine bakıldığında evrimsel olarak Eosen-Tersiyerde ortaya çıktıkları, Eosen-Oligosen döneminde toprak altına geçip kazmaya başladıkları ve Miosen-Pliosen döneminde de bu faaliyetlerine devam ettikleri ayrıca Pleistosen döneminde ise geliştikleri düşünülmektedir (Savic ve Saldatovic 1978, Nevo ve Bar-El 1976, Yüksel ve Gülkaç 1992, Nevo 1979 ve 1982, Coşkun 2003). Daha önceden yapılan fosil incelemeleri neticesinde Avrupa Spalacidae üyelerinin Asya kökenli olduğu düşüncesi öne sürülmekteydi. Son dönemde karyotip analizlerin gelişmesi ile Spalacidlerin Anadolu Yarımadasında bir başlangıç yerinin varlığı; bu başlangıç yeri ile Asya orjinli türün temas halinde olduğu ve Anadolu Diyagonali sonucunda bu iki türün tamamen birbirinden ayrıldığını gösterilmektedir (Savic ve Nevo 1990, Savic ve Soldatovic 1978). "Anadolu Diyagonali" Anadolu'nun bitki ve hayvan türlerinin şekillenmesinde yerleşiminde rol oynayan Oligosenden beri hem kuzey-güney hem de doğu-batı yönünde art arda dağların dizilimiyle meydana gelen çanaklaşma ve kubbeleşme sonucu oluşan topografik bir engeldir. Bu engel özellikle ekolojik uyumu düşük, hareket kabiliyeti sınırlı türler için coğrafik izolasyonu sağlar (Gülkaç ve Yüksel 1999). Coğrafik izolasyonla hızlandırılan, yayılış olarak küçük populasyonlara ayrılan üreme dönemi haricinde de eşeysel davranışa bağlı izolasyon oluşturan *Spalax* genusunun (Nevo 1979, Nevo 1982, Savic 1973) son yıllarda elde edilen karyolojik sonuçlarla hızlı bir türleşme sürecinde olduğu düşüncesi kuvvetlenmektedir. Son zamanlarda türleşme teorisi, ölçülebilir kromozomal ve gen değişimlerini de kendi içine dahil etmiştir. Türleşme Teorisi yeni genetik, coğrafik ve zaman örneklemeleri ile teorinin baştan sona güçlü bir korelasyon kurmasına ve açıklanma gücünü özellikle allopatrik, parapatrik ve stasipatrik tarz türleşme içeren memelilerde bilhassa Rodentlerde (*Spalax*, *Thomomys*, *Geomys* ve *Ctenomys*) arttırmaktadır (Matthey 1959, Nevo 1979 ve 1982, Savic 1973, Çıplak ve ark. 1993).

1770'li yılların sonlarında *Spalax* cinsiyle ile ilgili çalışmalar başlamış ve tek bir familya olan Spalacidae altında kabul edilmiştir. (Topochevskii 1969, Mursaloğlu 1979, Savic 1982, Kıvanç 1988, Savic ve Nevo 1990, Nevo 1991). Spalacidae familyası, Anomalomyidae, Tachyorchtoidae ve Rhizomyidae familyalarından biyolojik, taksonomik ve evrimsel olarak familya seviyesinde ayrılmıştır (Nevo 1991). Spalacidae familyası üyeleri yeryüzünde Güneydoğu Avrupa, Anadolu, Kafkasya, Transkafkasya, Ukrayna, Ermenistan, Suriye, Filistin, İsrail, Irak, Ürdün ve Kuzey Avrupa'da yayılış göstermektedir (Corbet 1978, Savic ve Nevo 1990, Harrison ve Bates 1991).

Protein molekülerinin (albumin, transferin, hemoglobin, αA-crystallin, ribonükleaz) aminoasit dizilerine dayanarak yapılan moleküler filogenetik çalışmalarda Spalacidae için muroid-cricetoid stoktan yaklaşık olarak 40-45 milyon yıl, yani Eosen zamanında ilk olarak ayrılıp yapılandığı savunulmuştur (Hendriks ve ark. 1978, Sarich 1985, Kleinschmidt ve ark. 1985, Schuller ve ark. 1989, De Jong ve ark. 1990, Jekel ve ark. 1990) Fakat genomun tamamının karşılaştırmalarına dayanan moleküler çalışmalarda bu familyanın 19 milyon yıllık bir evrimsel geçmişinin olduğunu göstermektedir (Catzeflis ve ark. 1989).

Spalacidae familyasının, cins ve türlerinin filogeni ve sistematiği familyanın tanımlanmasından beri problemlidir. Bu karışıklık familyadan tür seviyesine kadar görülür ve henüz netlik kazanmamıştır (Savic ve Nevo 1990). Bu karışıklığın sebebi toprak altı yaşama Spalacidlerin konvergent adaptasyonları ve ekstrem morfolojik benzerliklerinde yatmaktadır. Son taksonomik çalışmaların çoğunda Spalacidae familyası Muroidea'nın özelleşmiş bir dalı olarak değerlendirilmektedir (Corbet 1978, Nowak ve Paradiso 1983, Carleton ve Musser 1984, Corbet ve Hill 1991). Ancak Topachevskii (1969), Harrison (1972), Mursaloğlu (1979), Savic (1982), Kıvanç (1988), Savic ve Nevo (1990), Harrison ve Bates (1991) ve Nevo (1991) gibi çok sayıda araştırıcı da çalışmalarında familya olarak Spalacidae'yı kabul etmektedirler.

Nevo (1991)'nun çalışmasında belirtildiğine göre Topachevskii (1969) Spalacidae'yı iki alt familyada göstermiştir;

1. Subfamila: Prospalacinae

Genus: *Prospalax* (Fosil)

2. Subfamila: Spalacinae

Genus: *Microsplax*

Genus: *Spalax*

1984 yılında De Buruijin'in *Prospalax*'ı Anomalamyidae familyasına dahil etmesinden dolayı Prospalacinae günümüzde kullanılmamaktadır. 1978 yılında Corbet *Spalax*'ı üç türüyle birlikte tek bir cins olarak kabul etmiştir (Savic ve Nevo 1990).

Spalacidae familyası monogeneriktir, böylece familya için verilen karakterler cins için de geçerlidir. Topachevskii (1969) yaptığı geniş çaplı revizyonda körfareleri Spalacidae familyası altında inceleyerek günümüzde yaşayan körfareleri iki ayrı cinse bölmüştür:

Familya: Spalacidae

1. Altfamilya: Prospalacinae (Fosil)

Cins: *Prospalax*

Türler: *P. priscus, P. Rumanus,*

2. Altfamilya: Spalacinae

Cins: *Microspalax*

Altcins: *Microspalax*

Türler: *M. ehrenbergi, M. compositodontus* (fosil

Altcins: *Mesospalax*

Türler: *M. nehringi, M. Leucodon*

Cins: *Spalax*

Türler: *S. giganteus, S. arenarius, S. graecus, S. polonicus, S. microphtalmus, S. minor* (fosil)

Sözen ve ark. (1999), Gromov ve Baranova (1981) *Microspalax* (Nehring,1898) cinsinin 1884 yılında Megnin ve Trouessart tarafından bir Acarina için kullanıldığını belirterek *Microspalax* yerine *Nannospalax* Palmer, 1903 kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Corbet (1978), Topachevskii (1969)'nin sınıflandırmasında körfarelerin çok fazla türe bölündüğünü belirterek *Spalax* cinsini üç türe ayırmıştır. Bunlar Yunanistan'dan Volga nehrine kadar Güneydoğu Avrupa'da yayılış gösteren *S. microphthalmus,* Kuzey Caspian denizi etrafındaki düzlüklerde yayılış gösteren *S.*

giganteus ve Avrupa'nın Balkan Yarımadası ve aşağı Danube havzası, Anadolu ve Güney Kafkasya'dan Mısır ve Libya'nın sahil bölgelerine kadar yayı1ış gösteren *S. leucodon* türleridir. Ancak Corbet daha sonra Hill ile birlikte 1991 yılında yayınladığı Dünya Memelileri Tür Listesi adlı kitabında kör fareleri iki cins ve 8 türe bölmüştür. Verilen sınıflandırma şöyledir:

Familya: Muridae

Altfamilya: Spalacinae

Cins: *Spalax*

Türler: *S. arenarius* (Güney Ukrayna), *S. giganteus* (Caspian denizinin kuzeyi), *S. graecus* (Kuzey Romanya, Ukrayna), *S. microphthalmus* (Güney Rusya), *S. polonicus* (Batı Ukrayna),

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

Türler: ***N. ehrenbergi*** (Suriye-Libya), ***N. leucodon*** (Yugoslavya, Yunanistan, GB Ukrayna), ***N. nehringi*** (Anadolu).

Gromov ve Baranova (1981) Spalacid türlerini *Spalax* ve *Nannosplax* adında iki cins ve bu cinslere bağlı olan (*Nannospalax ehrenbergi, N. nehringi, N. leucodon, Spalax giganteus, S. arenarius, S. microphthalmus, S. polonicus ve S. graceus*) olarak adlandırmıştır.

Wilson ve Reeder (2005)'e göre ise

Familya: Spalacidae Gray, 1821

Altfamilya: Spalacinae Gray, 1821

Cins: *Nannospalax* (*Spalax, Microspalax, Mesospalax*) (*Spalax* Güldenstaedt 1770 = *Nannospalax* Palmer, 1903)

Türler: ***N. leucodon*** Balkan Yarımadası (Macaristan, Yunanistan, Romanya, Bulgaristan ve Türkiye'nin Kuzeyi), Ukrayna, Odessa'da,

N. ehrenbergi Nehring, 1898 İsrail, Yafa, Güneydoğu Anadolu (Türkiye), Kuzey Irak, Suriye, Lübnan, Ürdün ve Kuzey Afrika'da,

N. nehringi Satunin, 1898 Ermenistan, Gürcistan, Kasikoporan,

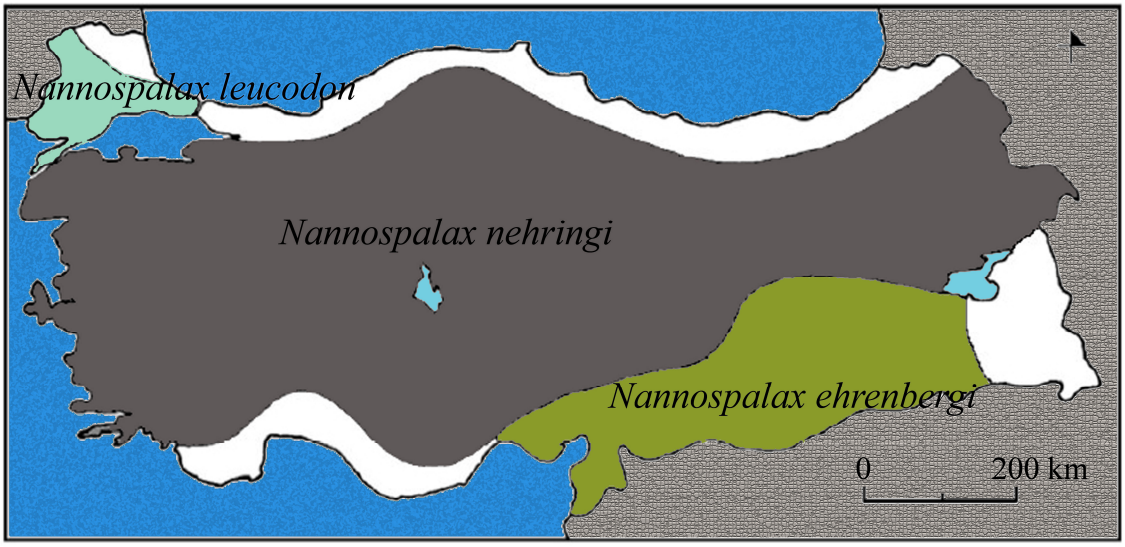
Anadolu'nun çoğu bölgesi (Türkiye), Gökçeada ve Bozcaada (Türkiye)'da yayılış göstermektedir. Bu çalışmada ise yukarıdaki sınıflandırma dikkate alınmıştır (Şekil 1. 1).

Yukarıda bahsedilen sistematikler klasik morfolojiye dayanmaktadır ve Spalacid evolüsyonunun temel işleyişi olan kromozomal türleşmeyi göz ardı etmektedir (Savic ve Nevo 1990). Ancak karyolojik çalışmalar *Nannospalax*'ın 40'ın üzerinde kromozomal formunun mevcudiyetini göstermiştir ve bazı araştırıcılara göre bu formlar yakın akraba olmalarına rağmen farklı biyolojik türleri temsil etmektedir (Savic ve Nevo 1990, Nevo ve ark. 1994, 1995). Nowak (1997) *Spalax* ile *Nannospalax* birbiriyle kıyaslandığında *Spalax*'ın kafatasında occipital condyl üzerinde foramen bulunmaması ve bazı kafatası karakterlerine bakılarak ayırt edildiğini belirtmiştir. Ayrıca Zima ve Kral (1984) bu iki cinsin diploid kromozom sayıları ve kromozom morfolojileri açısından da birbirinden ayrılabildiğini; *Spalax* türlerini çalışılmış karyotiplerinde akrosentrik kromozom bulunmadığını belirtmişlerdir. Gromov ve Baranova (1981), Zima ve Kral (1984), Corbet ve Hill (1991), Nowak 1997 yıllarındaki çalışmalarında değerlendirme kriterlerine (*Nannospalax* cinsinin karyotipinde akrosentrik kromozom bulunurken *Spalax* cinsinde bulunmaz) göre Türkiye'deki körfarelerin *Nannospalax* cinsine ait olduklarını belirtmişlerdir. *Microspalax*, *Macrospalax*, *Mesospalax*, *Nannospalax* ve *Spalax* için ayırt edici dental bir karakteristik değer bulunmamaktadır (Nevo ve ark. 2001). Bu nedenle Savic ve Nevo (1990)'nun ardından Ünay (1996)'da cins ismi olarak bütün genç körfareler için *Spalax* ismini kullanmayı tercih etmiştir. 1990 yılında Savic ve Nevo tüm bu karışıklılardan kaçınmak için *Spalax* cins isimi ile birlikte *Spalax ehrenbergi* ve *Spalax leucodon* türlerini üsttür, tespit edilmiş her bir kromozomal formu ise tür olarak kabul etmişlerdir.

Anadolu'da görülen ilk tür *N. nehringi* ile bu türden Anadolu Diyagonali (Nevo 1991) ve diğer nedenlerden dolayı ortaya çıkan ikinci tür olan *N. ehrenbergi* yayılış göstermektedir (Nevo ve ark. 1995). Nevo ve ark. (1995) bu çalışmalarında Türkiye'de yayılış gösteren populasyonların allel içeriklerinin farklı olduğunu ve genetik mesafe açısından değerlendirildiğinde ayrı taksonlar olarak göründüğünü belirtmişlerdir. Yine bu çalışmada İsrail'deki *N. ehrenbergi'*nin atasının *N. nehringi* olduğunu ve Türkiye'deki *N. nehringi*'nin çok daha yaşlı bir form olduğunu belirtmişlerdir. *N. ehrenbergi*'nin bilinen en eski fosili ise erken Pleistosen hominid bölgesi olan Ürdün

vadisindeki Ubeidiya oluşumunda bulunmuş olup 1.4 milyon yıl öncesine aittir (Nevo ve ark. 1988, Nevo 1991).

Türkiye körfareleri ile yapılan ilk bantlama çalışması Ivanitskaya ve ark. (1997) tarafından Güneydoğu Anadolu örnekleri ile yapılmıştır. Öktem (2008), Kuzey Ankara *Nannospalax*'larının 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 karşılaştırma çalışması yapmıştır. Ancak Konya bölgesinde yayılış gösteren kromozomal formların heterokromatin ve NOR dağılımı hakkında yeterli bilgi yoktur.



Şekil 1.1. Türkiye'de yayılış gösteren körfare türleri (Sözen 2004)

Bu çalışmanın amacı, Konya bölgesindeki yayılış gösteren *N. nehringi* üsttürüne ait 2n=40, 58 ve 60 formlarının standart karyotip özelliklerini kesin olarak tespit ederek her üç formun da ayrı heterokromatin ve NOR dağılımları hakkında bilgi vermektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Spalacidae familyasından yeraltı kör fareleri, güney doğu Avrupa, Küçük Asya (Türkiye'nin Anadolu kesimi), Kafkasya, Güney Kafkasya, Ukrayna, Ermenistan, Suriye, Filistin, Irak, İsrail, Ürdün ve kuzey doğu Afrika bölgesine yayılmış durumdadır (Corbet 1978, Savic ve Nevo 1990, Harrison ve Bates 1991, Pantalayev 1998). Bu bölgelerdeki kayıtlarda şu ana kadar 50 den fazla *Nannospalax*'ın kromozom yapısı olduğu kayıtlıdır. Sayılan 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, 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 1). Türkiye'deki körfarelerin incelenen karyotipleri *N. nehringi*'nin 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. nehringi* türü için bu değer 70 ile 84 arasında bulunmaktadır. Türkiye'deki *Nannospalax* kromozomal formların türlere ayrıştırılması (kromozomal türleşme) önerilmektedir (Nevo ve ark. 1994 ve 1995).

Kromozom sayıları farklı olan formların genetik farklılıklaşma derecesinin belirlenmesi, gen akışlarının devam edip etmediğinin ortaya konması bu formların ayrı birer tür olup olmadığının karar verilmesi için sadece morfolojik özelliklere değil kromozom bantlama, mtDNA analizleri, enzim elektroforezleri vb. gibi çalışmalar da yapılması gerekmektedir (Akçın 2006). *N. nehringi*'nin Türkiye'deki diploid kromozom sayıları 36, 38, 40, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60; 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 olayları %90 oranında karyotipik

değişikliklerle ortaya çıkmakta ve 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). Bu cinsin içindeki diploid kromozom sayısı farklılığı (heterozygosity=Aynı tür içindeki bireyler arası genetik farklılık) ve NF değerleri 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 değişimler kuraklıktan dolayı oluşan Robertsonian translokasyonun (Sentrik füzyon ve fisyon) sonucunda oluştuğu belirtilmiştir. Robertsonian translokasyonlar, çeşitli yöntemler (G-, C-bantlama ve NOR) kullanılarak kromozomlar üzerinde elde edilen bantlar ile tespit edilir (Lande 1979, Foster ve Written 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).

Robertsonion bölünmeleri sonucu artan kromozom sayısı teorik olarak oluşabilecek rekombinasyon oranlarını da arttırır (Savic ve Nevo 1990, Nevo ve ark. 1994 ve 1995). Artan rekombinasyon oranları da oluşabilecek gamet çeşitliliğini arttırma ve bunların arasından daha sert ekolojik koşullara adaptif olarak yayılabilecek yeni tiplerin seçilme potansiyelini arttırır (Nevo ve ark. 1995). Üreme sonrası oluşan kromozom uyuşmazlıkları çiftleşme öncesi izolasyonu sağlayan farklı davranış kalıplarının gelişmesine imkan verir (Nevo 1991).

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

Suriye, Irak ve Türkiye'nin Güneydoğusu'nu seçmiştir (Ellerman ve Morrison-Scott 1951, Topachevskii 1969, Lay ve Nadler 1972, Musraloğlu 1979, Kıvanç 1988, Atallah 1976, Musser ve Carleton 1993). Nevo ve Cleve (1978) çalışmalarında *N. ehrenbergi*'nin 2n=60 türünün yaklaşık olarak 75,000 yıl önce çıktığını belirtmişlerdir. Wahrman ve ark. (1969)'da İsrail'in farklı bölgelerden 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 yine de 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 (1985b) Yüksel ve Gülkaç (2001), yaptıkları çalışmalarda farklı karyotip formların birbirleriyle, bitiştikleri bölgelerde *N. ehrenbergi*'nin oldukça iyi hibridlere sahip dar hibrid alanlarını oluşturduklarını belirtmişlerdir. *N. ehrenbergi'* nin yayılış alanı olarak Libya, Ürdün, Suriye, İsrail, Mısır, Irak ve Türkiye'de Güneydoğu Anadolu bölgesini tercih etmiştir (Coşkun 2004).

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

Kromozomal formların karakter ölçülerini karşılaştırma yaparak tür ayrımında kullanılmasına yönelik çalışmayı ülkemizde ilk kez Sözen (2000) Adana, Tarsus,

Ulukışla bölgesi *N. nehringi* ve *N. ehrenbergi* tür örneklerine ait karyolojik değerleri tespit ederek (*N. nehringi* 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. nehringi* bireylerinin birbiriyle komşu olan farklı karyotiplerin arasında çiftleşme olmadığını bu nedenle hibrit bireylere rastlanmadığını belirtmişlerdir. Bunun sebebi olarak körfarelerin toprak altı yaşama yüksek derecede uyum göstererek sınırlı hareket kabiliyetine bağlamaktadırlar (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 yeryüzünde en farklı karyolojik formların Türkiye'de olduğu görülmektedir (Nevo ve ark. 1994, Sözen ve ark. 1999, Coşkun 2003, Sözen 2004 ve 2006, Sözen ve ark. 2006, 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 (Nevo ve ark. 1994, 1995 ve 2001). Robertsonian bölünmeleri, perisentrik dönüşümlere dayanan kromozomal sibling türler *Nannospalax* cinsi için doğal bir özelliktir (Savic ve Nevo 1990, Nevo 1991 ve 1999, Nevo ve ark. 1994, 1995, 2000 ve 2001, Sözen 2004a, Matur 2005) ve yapılan karyolojik, allozimik çalışmaların her birinde 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 ile yapılmıştır. Bu çalışmayla 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. nehringi* akrosentrik kromozomlarında heterokromatinin bütünüyle bulunmaması ve subtelosentrik otozomlarda heterokromatin kolların bulunmasıyla *N. ehrenbergi*'de*n* 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. nehringi* 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.

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

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
Bayındır	36	70	-	-	Sözen ve ark. 1999
Yatağan 4 km doğu (Muğla), kemer mezarlığı (Aydın)	36	70	-	-	Sözen ve ark. 2008
Karapınar köyü (Dursunbey, Balıkesir), Karacabey 10 km batı (Bursa), Demirtaş Köyü Kırkağaç, Zeytinova Köyü, Akhisar, Gelenbe, Kırkağaç, Duallar Köyü, Kırkağaç (Manisa)	38	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Havran, Selçuk	38	74	St	A	Savic ve Soldatovic 1979, Giagia ve ark. 1982
Balıkesir, İzmir	38	74	St	A	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Bigadiç	38	74	Sm	A	Sözen 2004
Dikili, Bigadiç	38	74	Sm	A	Tez ve ark. 2002
Beyşehir	40	72	Sm	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Konya (Yeşildağ)	40	72	M	A	Kankılıç ve ark. 2007
Ağrı ve Van	48E	68	Sm	A	Coşkun 2003
Gümüşhane	48	71	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Aydın	50W	-	-	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Keltepe	50N	70	Sm	A	Sözen 2004
Kâhyalar köyü, Karabük	50N	70	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Erzurum, Sarıkamış	50E	70	Sm	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Erzurum ve Kars	50E	70	Sm	A	Coşkun, 2003
Erzurum, Susuz, Ardahan	50E	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000a
Başköy 3 km güneydoğu, Erzincan	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
Sebil	52S	72	Sm	A	Sözen ve Kıvanç 1998b
Çamlıyayla	52S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000b
Yalova, merkez, Bursa yönü çıkışı	52	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Bolu ve Karamürsel	52N	70	Sm	A	Sözen 2004
Bolu (şehir merkezi), Seben, Gerede	52	70	M	-	Kankılıç ve ark. 2007
Gölpazarı ve Sakarya	52N	70	Sm	A	Matur ve Sözen 2005
Eflani, Daday, Başçiftlik	54N	72	Sm	A	Sözen 2004
Eflani 15 km batı, Pınarbaşı 12, 15 ve 17 km güney, Taşpınar	54N	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Kızılırmak 8 km batı	54	74	Sm	A	Çataklı 2004
Kızılırmak 8 km doğu, Çorum	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Çadırhöyük	54	74	Sm	A	Çataklı 2004
Çadırhöyük, Çorum	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Uğurludağ 2 km kuzey, Çorum	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Alaca 4 km doğu, Çorum	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Boğazkale 8 km güney	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Sungurlu-Boğazkale ayrımı	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Çorum 21 km batı, İskilip yolu	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Çorum 19 km güneybatı	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006

Tablo 1'in devamı

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
Aydıncık 15 km batı, Çorum	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Organize sanayi, Çorum	54	74	Sm	A	Eroğlu 2006
Kırıkkale (şehir merkezi, Keskin)	54	74	Sm	-	Kankılıç ve ark. 2007
Kırşehir 10 km kuzey, Kaman merkez (Kırşehir), Kozaklı 5 km doğu (Nevşehir), Sorgun (Yozgat), Tufanbeyli 1 km güney, Tufanbeyli 23 km güney (Adana)	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 2004a
Erbaa 12 km batı, Tokat	54C	75	-	-	Sözen ve ark. 2000b
Bolu	54C	-	Sm	-	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Aksu (Isparta)	56	-	-	-	Kankılıç ve ark. 2006
Isparta (Yılanlı,Aksu)	56	72	M	A	Kankılıç ve ark. 2007
Gülek	56S	72	M	A	Sözen ve Kıvanç 1998a
Tekir	56S	72	M	A	Sözen ve ark. 2000b
Pozantı 15 km. güney, Adana	56S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Daday, Tosya, Kastamonu	56N	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2004b, Sözen 2004
Aşağıçiftlik, Safranbolu	56N	74	Sm	A	Sözen 2004
Tosya 12 km kuzey, Daday 4,56 km	56N	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Kastamonu 10 km batı	56N	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Ilgaz Dağı	56	74	Sm	A	Çataklı 2004
Tunceli	58	68	Sm	A	Coşkun 2004
Madenköy	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000b
Ulukışla (merkez)	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000b
Ereğli, Konya	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Ulukışla 22 km güneydoğu, Niğde	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Ulukışla 11 km güneydoğu, Niğde	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Ulukışla 25 km güneydoğu, Niğde	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Kolsuz Köyü (Ulukışla 30 km kuzey), Çamardı 15 km batı, Demirkazık köyü Çamardı (Niğde)	58	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Pozantı 13 km kuzey, Adana	58S	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Pozantı 10 km kuzey, Adana	58S	72	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Kargı 23 km kuzey, Çorum	58	74	Sm	St	Eroğlu 2006
Kargı 20 km kuzey, Çorum	58	74	Sm	St	Eroğlu 2006
Taşköprü	58N	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Sarıkavak	58	78	Sm	A	Sözen 2004
Ulukışla 30 km batı	60	72	Sm	A	Sözen ve ark. 2000b
Aksaray 12 km doğu	60	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Mansurlu köyü (Adana), Fethiye çıkışı, Denizli yolu, Kostanteli 20 kuzey batı, Dağbeli, Organize Sanayi BMC (Antalya), Bucak (Burdur)	60	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2008

Tablo 1'in devamı

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
Akseki 20 km güneydoğu, Antalya	60	74	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Akseki 22 km güneydoğu, Antalya	60	74	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Göksun, Kahramanmaraş	60	74	Sm	St	Sözen ve ark. 2006b
Azdavay, Küre, Ağlı, Seydiler	60N	74	Sm	A	Sözen ve ark. 2006a
Aksaray 35 km batı	60	76	Sm	A	Sözen ve ark. 2006b
Çayıralan 1 km doğu (Yozgat), 2 km güney Selendi, Kula 7 km güney Çiftçi İbrahim Köyü (Manisa), Bakırdağ 15 km doğu (Kayseri), Ayrancı (Karaman)	60	76	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Akşehir	60	76	Sm	St	Sözen ve ark. 1999
Kütahya 3 km güney	60	76	Sm	St	Sözen ve ark. 2006b
Karaali Köyü, Gümüşhacıköy, Amasya	60	77	Sm	St	Sözen ve ark. 2006b
Havza 3km kuzey, Samsun	60	77	-	-	Sözen ve ark. 2006b
Pınarbaşı, Malatya	60E	78	Sm	A	Nevo ve ark. 1994 ve 1995
Gürün, Kayseri	60	78	Sm	-	Tez ve ark. 2001
Ankara (Nallıhan, Beypazarı) Bolu (Bakırlı, Kartalkaya)	60	78	Sm	St	Sözen 2004
Bilecik, İnegöl,İnönü	60	78	Sm	St	Matur ve Sözen 2005
Çankırı (Akçavakıf, Ilgaz İlçesi, 15 km güney)	60	78	Sm	St	Çataklı 2004
Çankırı (Atkaracalar, Harmancık, Bayramören 6 km güney)	60	78	Sm	St	Çataklı 2004
Çankırı (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
Öbektaş Köyü 3 km kuzey, Osmancık, Çorum	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Gediksaray 10 km kuzey (Amasya)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Ladik 20 km güney (Samsun)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Turhal 10 km güneybatı, Çamiçi Yaylası (Tokat)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Söbüalan, Murat Dağı (Kütahya)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Kızılcasöğüt 1 km güney Banaz (Uşak)	60	78	-	A	Sözen ve ark. 2008
Fındıkpınarı Yaylası (Mersin)	60	78	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Malatya	60	80	Sm	St	Yüksel 1984
Kırşehir, Nevşehir, Kayseri	60	80	Sm	St	Yüksel ve Gülkaç 2001
Malatya,Yazıhan	60	80	Sm	St	Gülkaç ve Yüksel 1989

Tablo 1'in devamı

Lokalite	2n	NF	X	Y	Referans
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
Çekerek 5 km doğu (Yozgat), Bakırdağ 10 km doğu, Dereşimli Köyü, Bakırdağ 6 km batı, Yeşilhisar 9 km güney (Kayseri), Hüyük 2 km güneybatı, Altınhisar 2 km güneydoğu (Niğde), Çivril, Kaklık, Denizli 32 km doğu, Kale (Denizli) 8 km batı, Simav, 7 km kuzey, Emet, Kütahya çıkışı, Tazşanlı (Kütahya), Gemlik'ten giriş, Çevre yolundan 1 km önce, Ece mahallesi, Harmancık (Bursa), Seki, Çameli (Denizli), Sedir Araştırma Sahası, Kızlar Sivrisi, Elmalı (Antalya)	60	80	Sm	A	Sözen ve ark. 2008
Osmancık 14, 16 km doğu, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Laçin 1 km güney, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Akören, Gölköy, İskilip, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
İskilip 34 km kuzey, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Ortaköy Yolu 11.5 km, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Cemilbey 14 km, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Kırkdilim, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Ortaköy 5 km kuzey, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Bayat 5 km güney, Çorum	60	82	Sm	St	Eroğlu 2006
Arguvan	60	82	Sm	-	Gülkaç ve Yüksel 1989
Ankara, Afyon	60	82	Sm	St	Sözen ve ark. 1999
Ağzıbüyük 1 km batı	60	82	Sm	St	Çataklı 2004
Kızılırmak 7 km kuzeybatı	60	82	Sm	St	Çataklı 2004
Yapraklı 11 km güney	60	82	Sm	St	Çataklı 2004
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, Havza, 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. 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 iki farklı düzeyde yararlı olmaktadırlar. Bir taraftan sibling türler dahil, yakın akraba türler arasında mukayese yapmaya yardımcıdır. Bu türler daha çok dış 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 1987).

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 (Demirsoy 1991, Akman 1998).

Bazı kromozomlarda primer boğum dışında, ikinci bir boğum daha bulunmaktadır. Bu bölgeye “sekonder boğum” denir. Sekonder boğumlar, rRNA’ların ve çekirdekçiklerin oluşumu ile ilgilidir. 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 kromozomu 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 konsriksiyon(boğum)lar olarak tanımlanır. 18+ 28 rRNA genlerinin hibridazasyon *in situ* veya Ag-NO_3 ile ve 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 ve buna bağlı olarak G+C 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 2003). 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 (Ozban 1994). NOR özel olarak boyanabilen bir bölgedir. Işığı kırar, bu özelliğinden dolayı çok belirgin bir şekilde görünür (Gaffaroğlu 2003). 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). 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 NORlar'dan 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 2003). 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 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 sitoplazmaya 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 ve 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 evolusyanında yer alabilirler (Gamperl 1982).

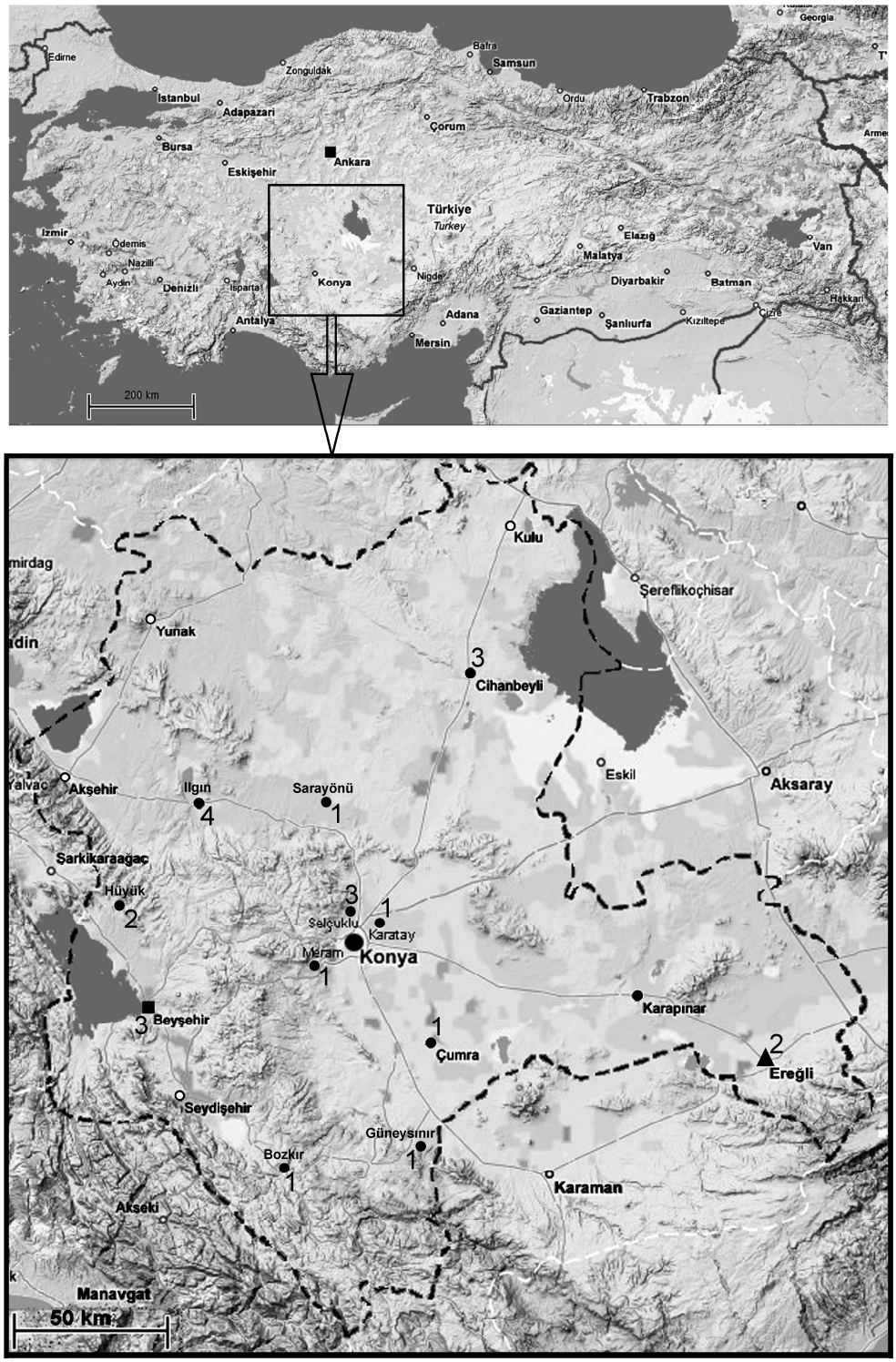
Füzyon ve Fisyon: Kromozomal füzyon, kromozomların sentromer veya telomer bölgelerinden birbirine bağlandığı özel bir translokasyon tipidir. Bağlanmanın oluştuğu yere göre füzyon; sentrik, telomerik-sentrik (tandem) ve telomerik füzyon olarak isimlendirilir. Füzyonun tersi ise bir kromozomu ikiye bölmek 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 ve ark. 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 oluşunu sırasında genellikle akrosentrik kromozomların sentromer bölgelerindeki kırılmalardan etkilenirler. 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 ve kromozomların uzun, kompleks veya bozulmalarına neden olabilirler (Matthey 1975). 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

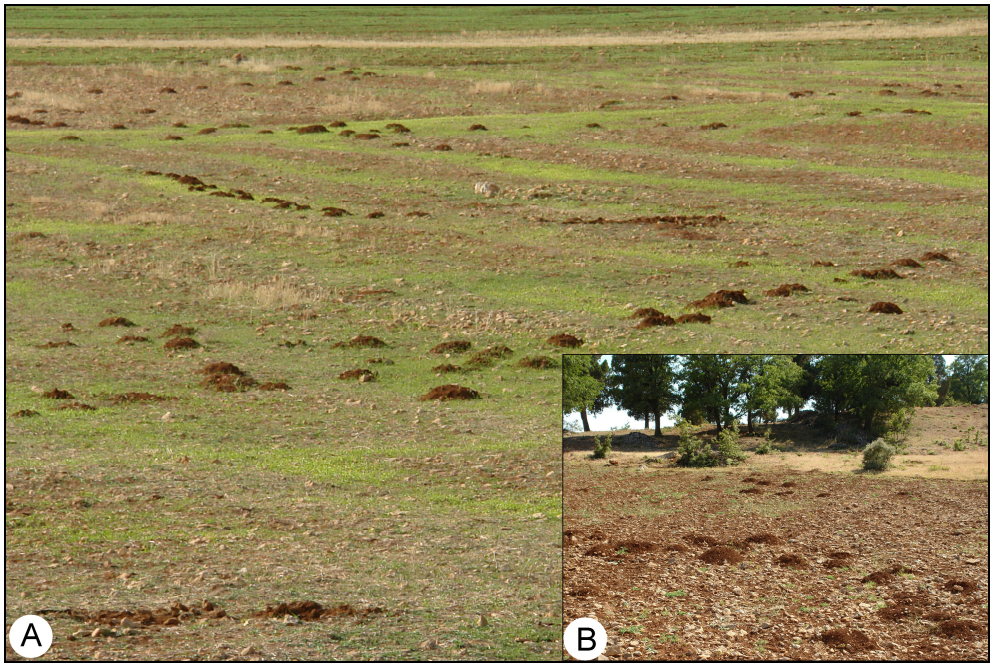
vardır. Bu nedenle, konstitutif heterokromatinin karyotip morfolojisinin değişiminde (evriminde) temel bir öneme sahip olduğu düşünülür (Hsu 1975, Radjabli 1977, John 1981). DNA satellit parçalarındaki değişimler son yıllarda, organizmanın değişimini ve türünü belirlemede önemli bir etken olarak kabul 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 12 lokaliteden; 10 erkek, 13 dişi olmak üzere toplam 23 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) ve karyolojisileri 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 gr 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 arka bacaklarındaki 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.



Şekil 3.1. Araştırmanın yapıldığı Konya ilindeki körfare örneklerinin alındığı lokaliteler. Numaralar, örnek sayılarını göstermektedir. ■: 2n=40, ▲: 2n=58, ●: 2n=60



Şekil 3.2. A: 2n=40 kromozomlu Beyşehir örneklerinin yayılış alanı. B: 2n=60 kromozomlu Bozkır örneklerinin yayılış alanı.



Şekil 3.3. A: Yakalanan ve karyolojisi yapılan 2n=40 kromozomlu Beyşehir örneği. B: Yakalanan ve karyolojisi yapılan 2n=60 kromozomlu Bozkır örneği.

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 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 solüsyonlar

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 daldırıldılar. 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 kurutuldu.

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 kağıdı 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 geçirilirler. Banyo işlemi tamamlandıktan sonra lamlar havada kurutuldular. Tamamen kuruduktan sonra lamların üzerine 1-2 damla entellan damlatılarak lamelle kapatılırlar.

Giemsa, NOR ve C boyama yapılarak devamlı 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), metasentrik (m), 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.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Standart Karyotip (Giemsa Boyama)

4.1.1. 2n=40 kromozomal formu

Beyşehir ilçesinin 8 ve 10 km güneyinde bulunan Gökçimen ve Bayavşar köylerinde elde edilen (3 ♂♂), 2n=40 kromozomal formun temel kromozomal kol sayısı (NF) 72, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 68'dir. Kromozom setinde 6 çift metasentrik, 14 çift submetasentrik, 1 çift subtelosentrik ve 4 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. X kromozomu orta büyüklükte bir metasentrik, Y kromozomu ise küçük submetasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.1).

4.1.2. 2n=58 kromozomal formu

Ereğli ilçesinin 10 km doğusundan elde edilen (2 ♂♂), 2n=58 kromozomal formun temel kromozomal kol sayısı (NF) 75, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa)

ise 71'dir. Kromozom setinde yedi çift submetasentrik/subtelosentrik, bir çift heteromorf ve 20 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. Bu formun beşinci çift kromozomunda heteromorfluk belirlenmiştir. Heteromorf çiftin birinci kromozomu submetasentrikken ikincisi akrosentriktir. Bu heteromorfluk ikinci kromozomda meydana gelen perisentrik inversiyondan kaynaklanabilir. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik, Y kromozomu ise küçük submetasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.2).

4.1.3. 2n=60 kromozomal formu

2n=60 kromozomal formuna ait farklı NF ve NFa değerleri tespit edilmiştir. Karatay ilçesinin güneyinde bulunan Yarma kasabasından elde edilen (1 ♂) 2n=60 kromozomal formun temel kromozomal kol sayısı (NF) 74, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 70'dir. Kromozom setinde altı çift submetasentrik/subtelosentrik ve 23 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozom bulunmaktadır. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik, Y kromozomu ise orta büyüklükte subtelosentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.3).

Sarayönü (1 ♀), Ilgın (1 ♂, 3 ♀♀) ve Hüyük (1 ♂, 1 ♀) ilçelerinden elde edilen 2n=60 kromozomal formun temel kromozomal kol sayısı (NF) 78, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 74'dür. 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 subtelosentriktir.

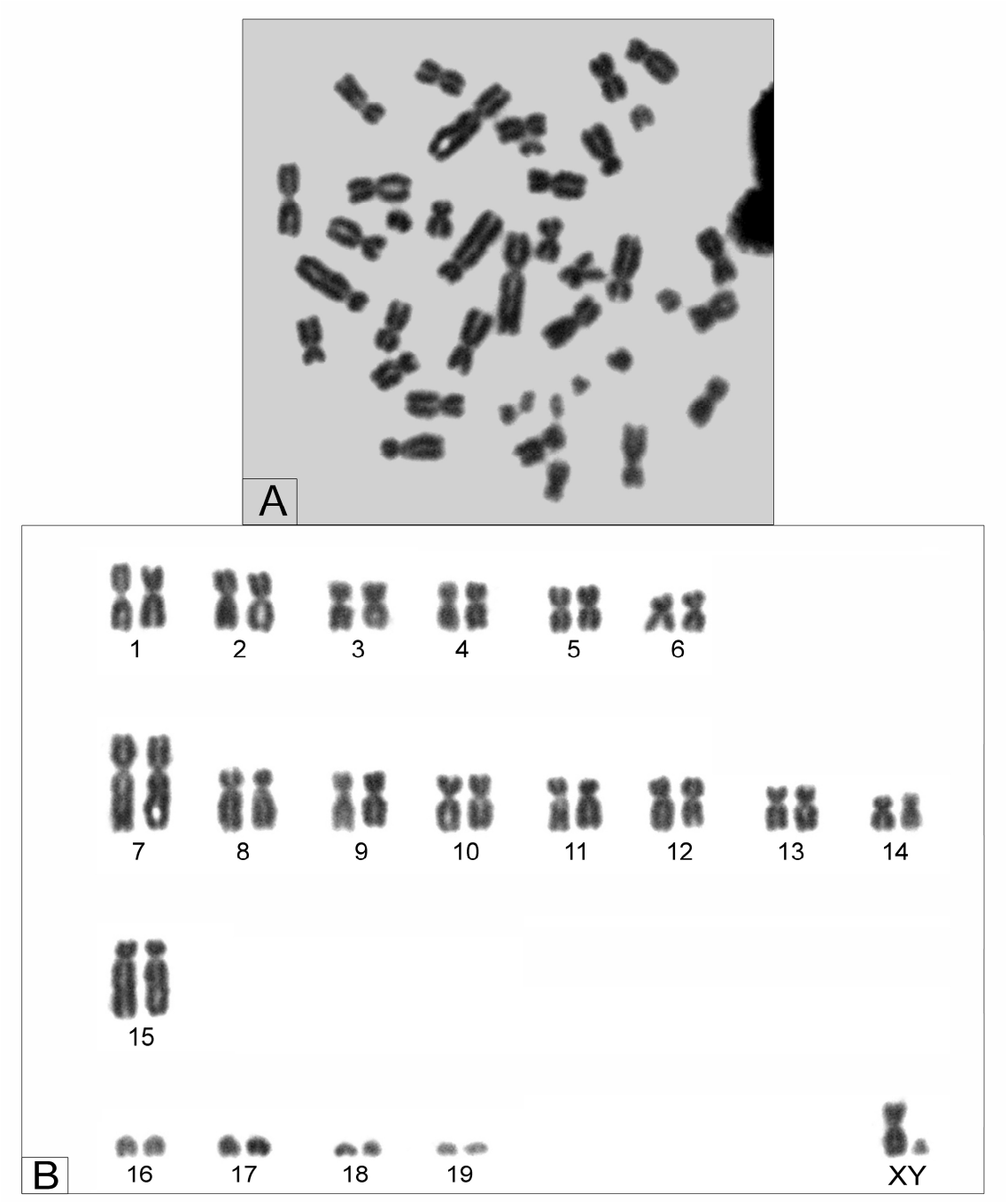
Selçuklu (2 ♀♀, 1 ♂), Çumra (1 ♂), Meram (1 ♀), Güneysınır (1 ♀), ve Bozkır (1 ♀) ilçelerinden elde edilen 2n=60 kromozomal formun temel kromozomal kol sayısı (NF) 79, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 75'dir. Selçuklu ve Çumra

örneklerinin birinci çift ve Meram, Güneysınır ve Bozkır örneklerinin altıncı çift kromozomunda heteromorfluk belirlenmiştir Heteromorf olan birinci çiftin birinci kromozomu subtelosentrikken ikincisi akrosentriktir. Heteromorf altıncı çiftin ise birinci kromozomu submetasentrikken ikincisi akrosentriktir. Bu heteromorfluklar ikinci kromozomda meydana gelen kısa kolun delesyonundan kaynaklanabilir. Her iki grubun da kromozom setinde sekiz çift submetasentrik/subtelosentrik ve 20 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentrik, Y kromozomu ise küçük submetasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.4, 4.5).

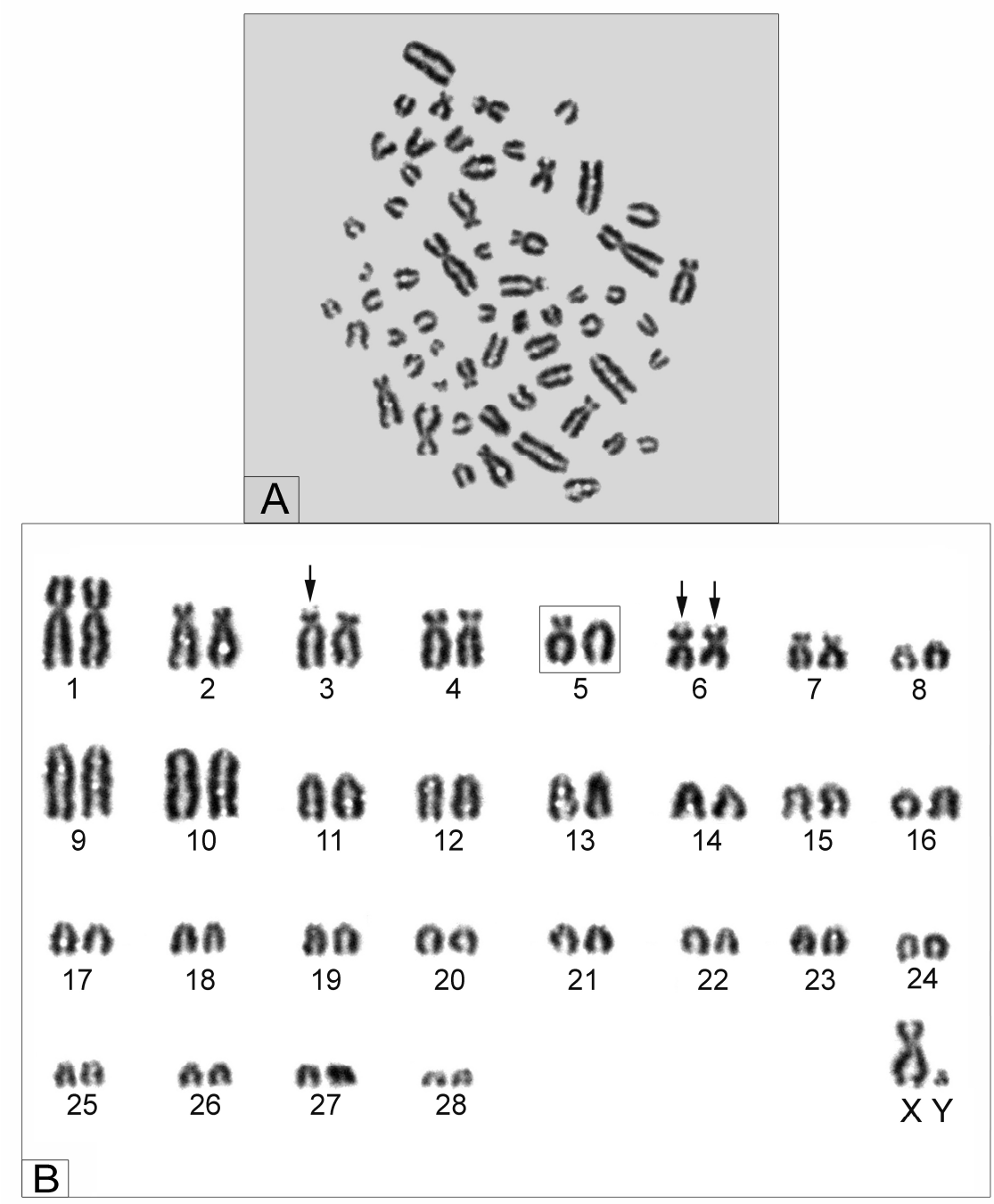
Cihanbeyli (3 ♀♀) ilçesinden elde edilen 2n=60 kromozomal formun temel kromozomal kol sayısı (NF) 80, otozomal kromozomların kol sayısı (NFa) ise 76'dır. Kromozom setinde dokuz çift submetasentrik/subtelosentrik ve 20 çift büyükten küçüğe doğru sıralanan akrosentrik kromozomlar bulunmaktadırlar. X kromozomu orta büyüklükte bir submetasentriktir (Tablo 4.1) (Şekil 4.6).

Tablo 4.1. Konya bölgesinden elde edilen kör fare örneklerinin lokaliteleri

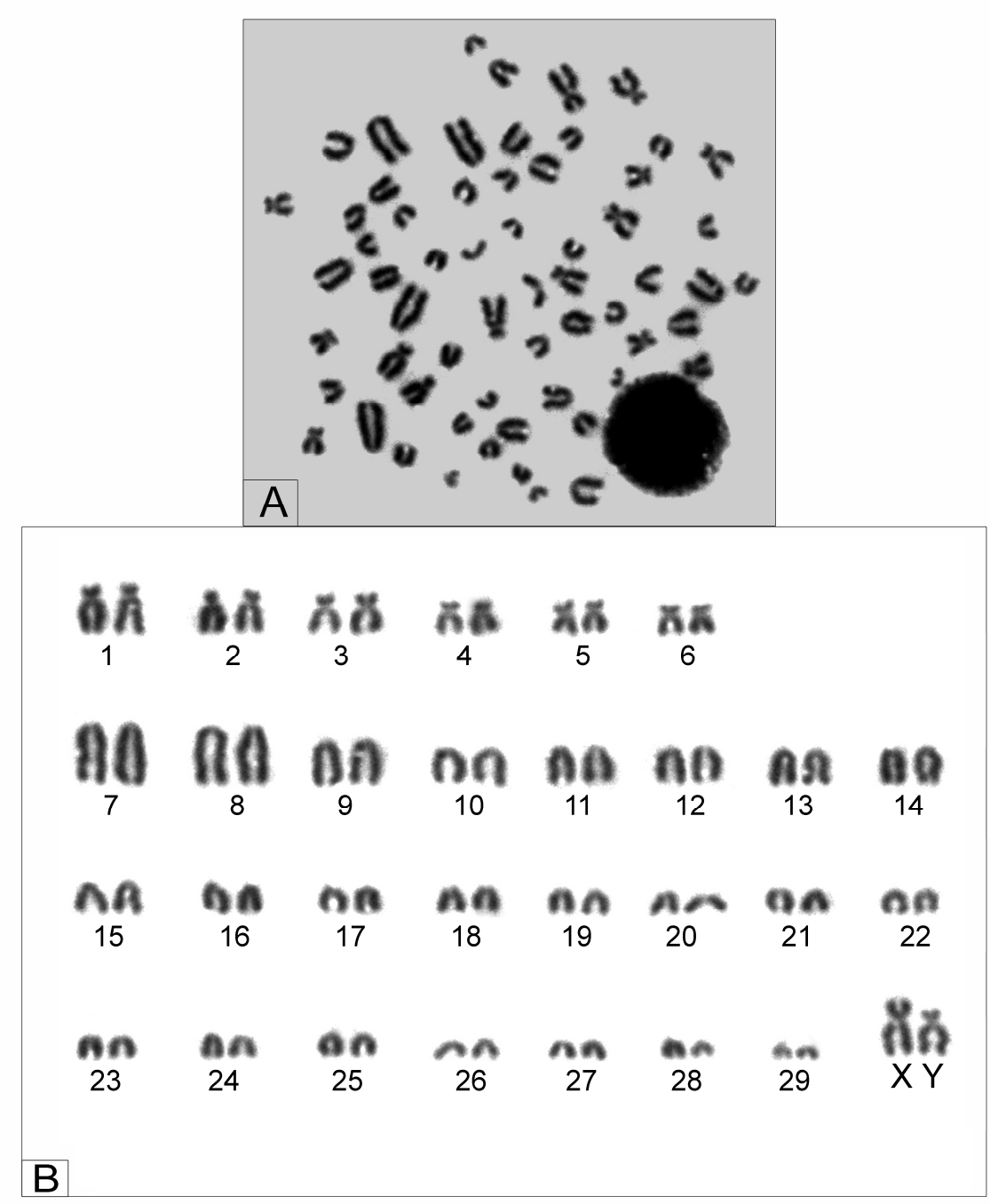
2n	**Örnek sayısı (n)**		**NF**	**NFa**	**X**	**Y**	**Lokalite**
	♂♂	♀♀					
40	3	-	72	68	M	St	Beyşehir (Gökçimen, Bayavşar)
58	2	-	75	71	Sm	St	Ereğli
60	1	-	74	70	Sm	St	Karatay
60	-	1	78	74	Sm	-	Sarayönü
60	1	3	78	74	Sm	St	Ilgın
60	1	1	78	74	Sm	-	Hüyük
60	1	2	79	75	Sm	St	Selçuklu
60	-	1	79	75	Sm	-	Meram
60	-	1	79	75	Sm	-	Güneysınır
60	1	-	79	75	Sm	St	Çumra
60	-	1	79	75	Sm	-	Bozkır
60	-	3	80	76	Sm	-	Cihanbeyli



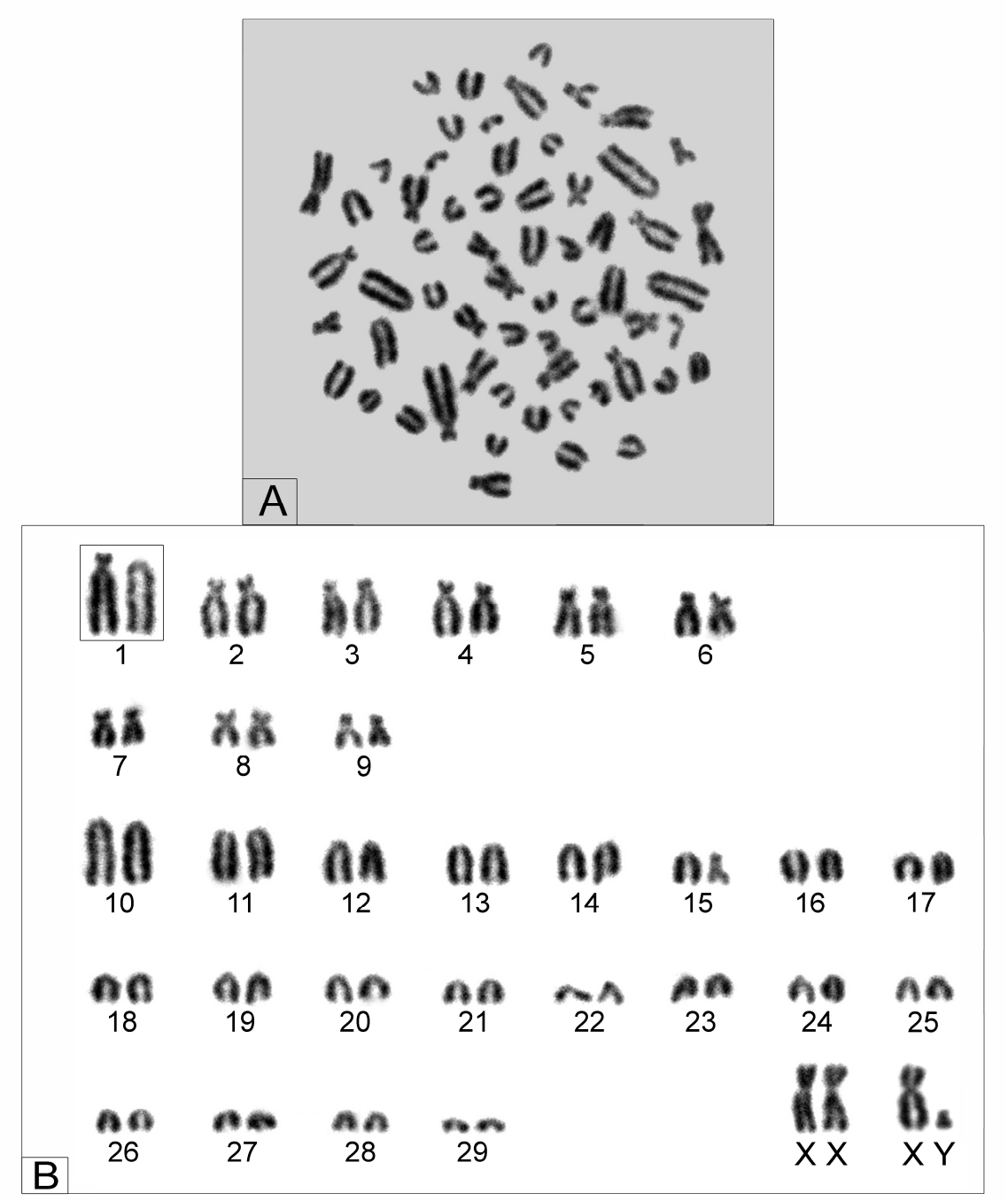
Şekil 4.1. Beyşehir-Gökçimen ve Bayavşar'dan 2n=40 kromozomlu erkek bir örneğin A: metafaz plağı, B: standart karyotipi (NF=72).



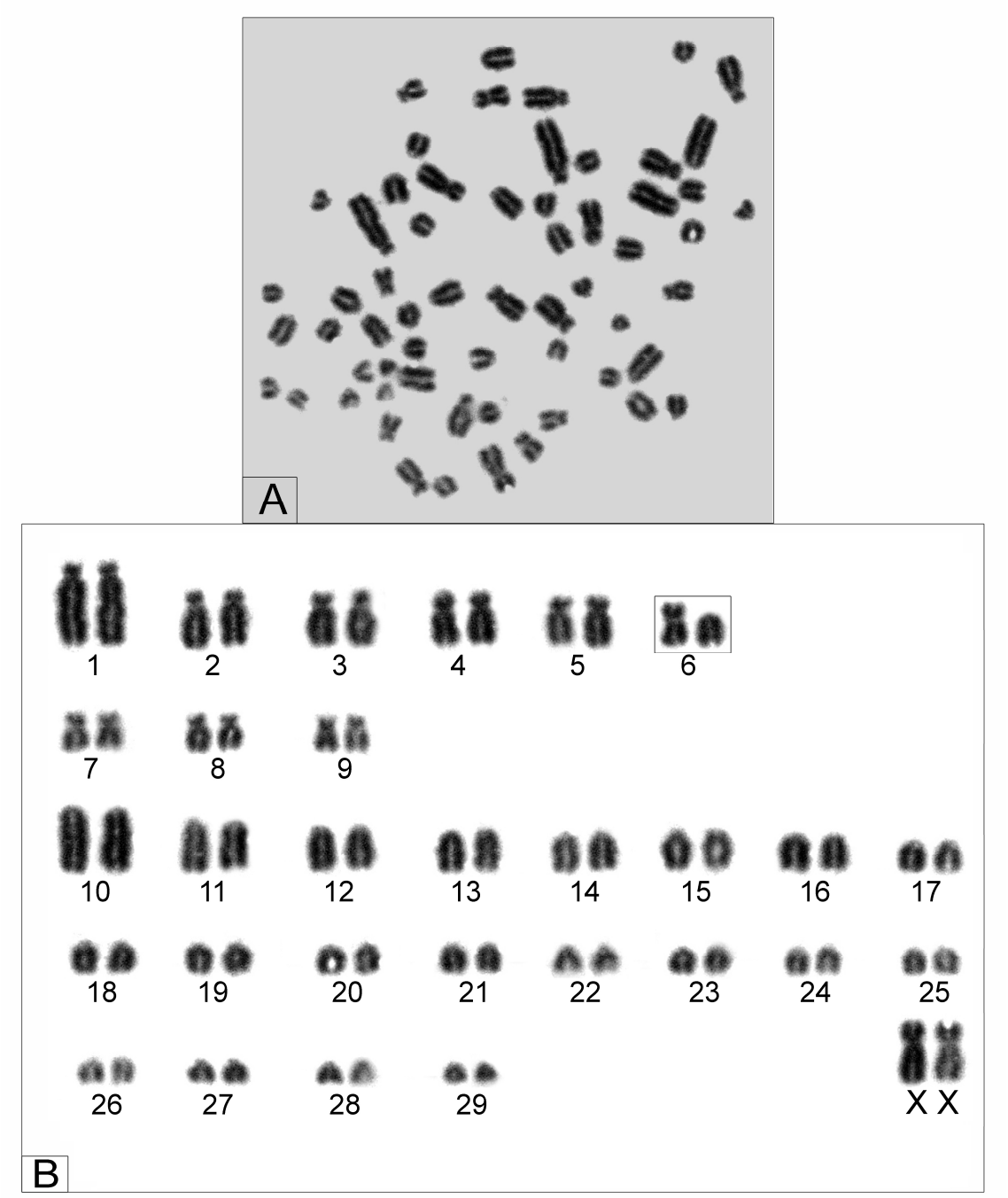
Şekil 4.2. Konya-Ereğli'den 2n=58 kromozomlu erkek bir örneğin A: metafaz plağı, B: standart karyotipi (NF=75). Çerçeve, heteromorf kromozom çiftini göstermektedir. Oklar satellitleri göstermektedir.



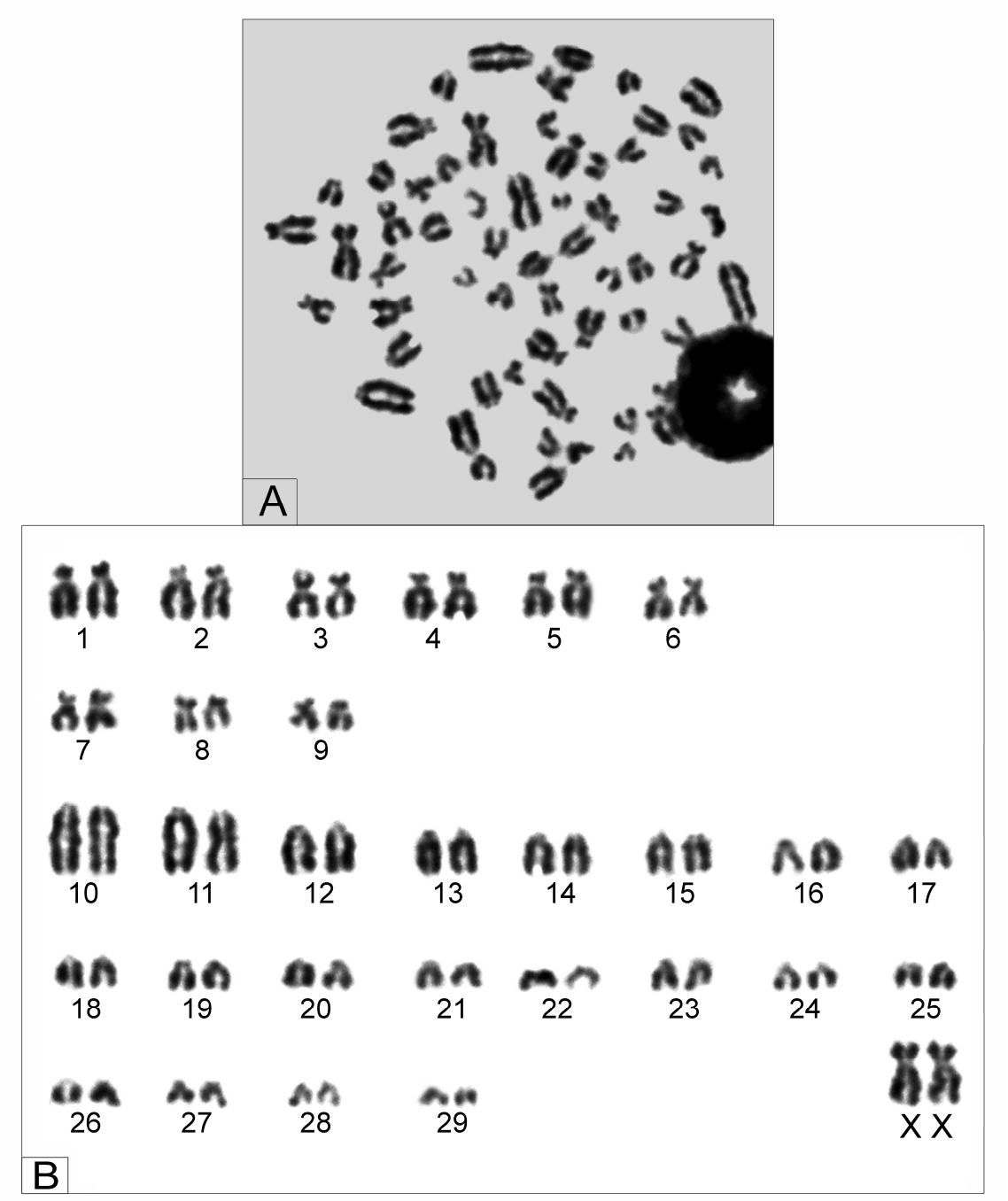
Şekil 4.3. Konya-Karatay'dan 2n=60 kromozomlu erkek bir örneğin A: metafaz plağı, B: standart karyotipi (NF=74).



Şekil 4.4. Konya-Selçuklu ve Çumra'dan 2n=60 kromozomlu dişi ve erkek bir örneğin A: metafaz plağı, B: standart karyotipi (NF=79). Çerçeve, heteromorf kromozom çiftini göstermektedir.



Şekil 4.5. Konya-Meram, Güneysınır ve Bozkır'dan 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin A: metafaz plağı, B: standart karyotipi (NF=79). Çerçeve, heteromorf kromozom çiftini göstermektedir.



Şekil 4.6. Konya-Cihanbeyli'den 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin A: metafaz plağı, B: standart karyotipi (NF=80).

4.2. C-bantlama

4.2.1. 2n=40 kromozomal formu

Beyşehir ilçesi Gökçimen ve Bayavşar köylerinde elde edilen (3 ♂♂) 2n=40 kromozomal formun setindeki üç çift submetasentrik (no. 8, 11 ve 12) ve bir çift subtelosentrik (no. 15) kromozomların kısa kollarının tamamı C-pozitiftir. Bazı metasentrik kromozomların sentromer bölgelerinde de hafif C-bant gözlenmiştir. Eşey kromozomlarının tamamı ökromatin (C-negatif)'dir. (Şekil 4.7).

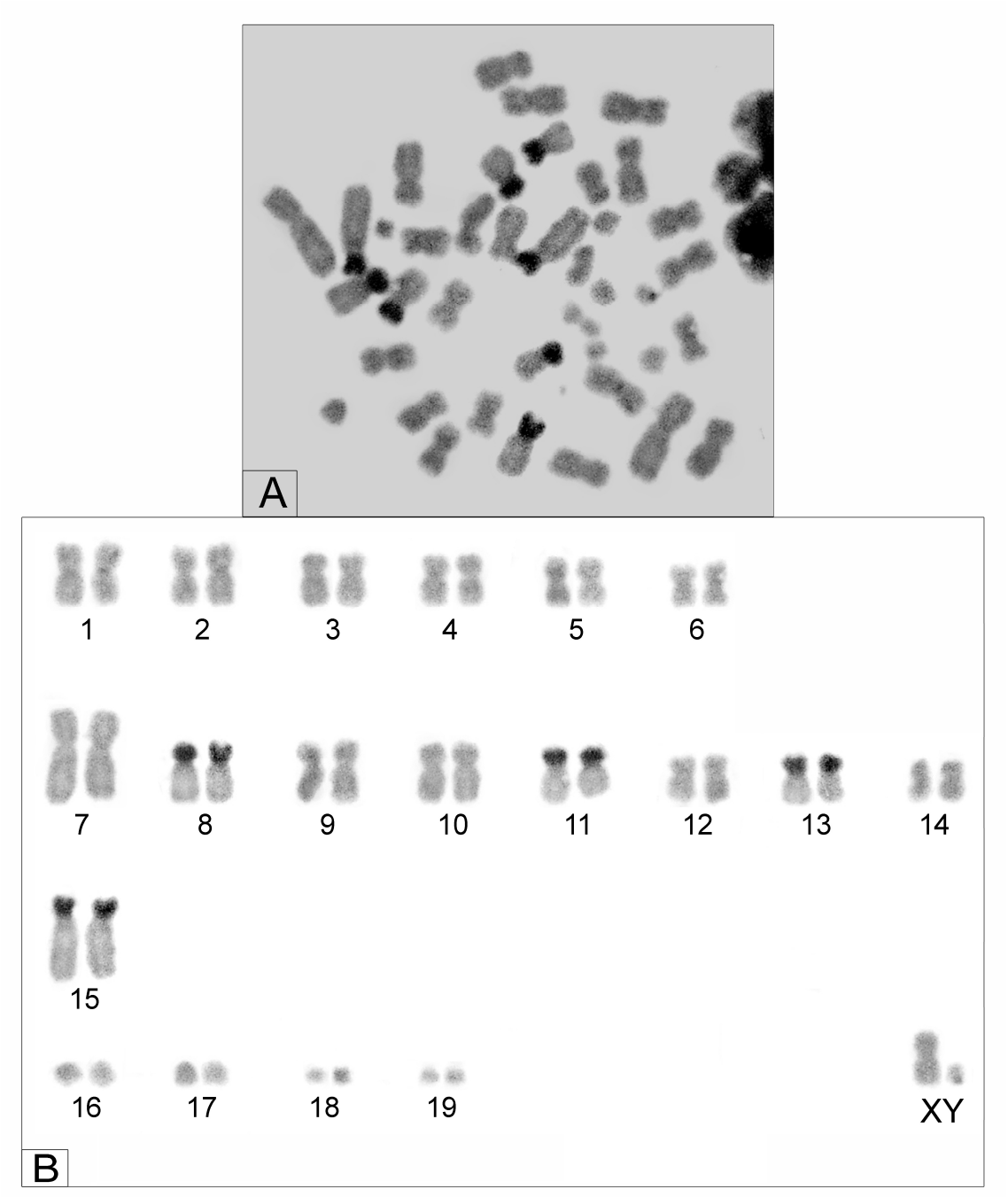
4.2.2. 2n=58 kromozomal formu

Ereğli ilçesinden elde edilen (2 ♂♂) 2n=58 kromozomal formun setindeki sekiz nolu kromozom hariç iki kollu kromozomların tamamı (no. 1-4, 6-7) sentromerik heterokromatine (C-bant) sahiptirler. Heteromorf beş nolu kromozomu oluşturan submetasentrik ve akrosentrik kromozomlarda sentromerik C-banda sahiptirler. Akrosentrik kromozomlardan dört çifti (no. 10, 15, 19 ve 25) belirgin sentromerik C-bantlara sahipken, bazıları (no. 11, 17, 18 ve 20) zayıf C-bantlara sahiptirler. X kromozomu sentromerik C-heterokromatine sahipken, Y kromozomunun kısa kolunun tamamı C- heterokromatin (C-pozitif)'dir (Şekil 4.8).

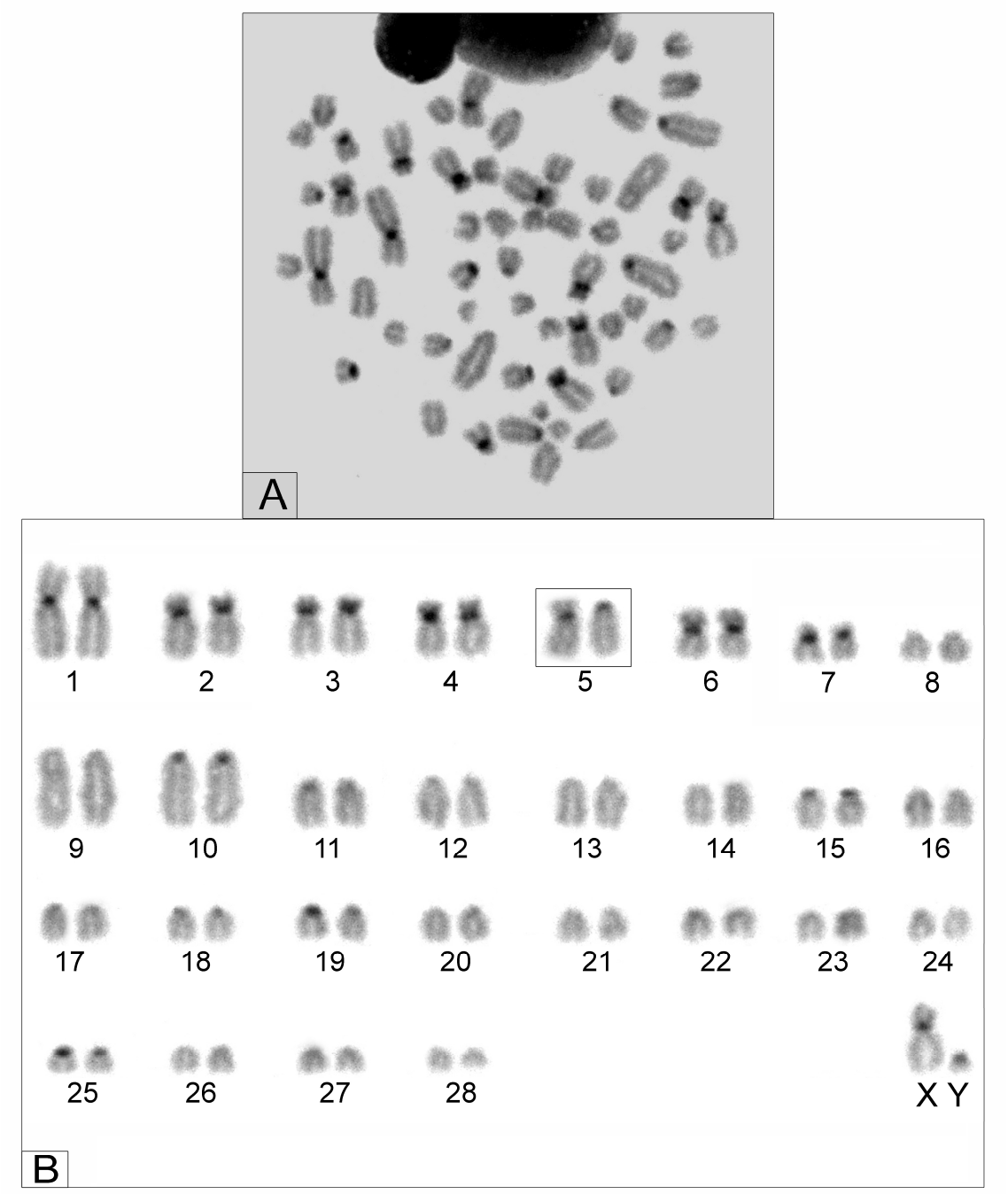
4.2.3. 2n=60 kromozomal formu

Sarayönü (1 ♀), Ilgın (1 ♂, 3 dişi) ve Hüyük (1 ♂, 1 ♀) ilçelerinden elde edilen 2n=60 kromozomal formun setindeki iki kollu kromozomların tamamı (no. 1-8) sentromerik C-bantlara sahiptirler. Akrosentrik kromozomlardan üç çifti (no. 17, 18 ve 24) belirgin sentromerik C-bantlara sahipken, bazılarındaki C-bantlar ise zayıftır. (no. 12, 19, 20, 21, 23, 27 ve 29) zayıf C-bantlara sahiptirler. X kromozomu sentromerik C-heterokromatine sahipken Y kromozomunun kısa kolunun tamamı C- heterokromatin (C-pozitif)'dir (Şekil 4.9).

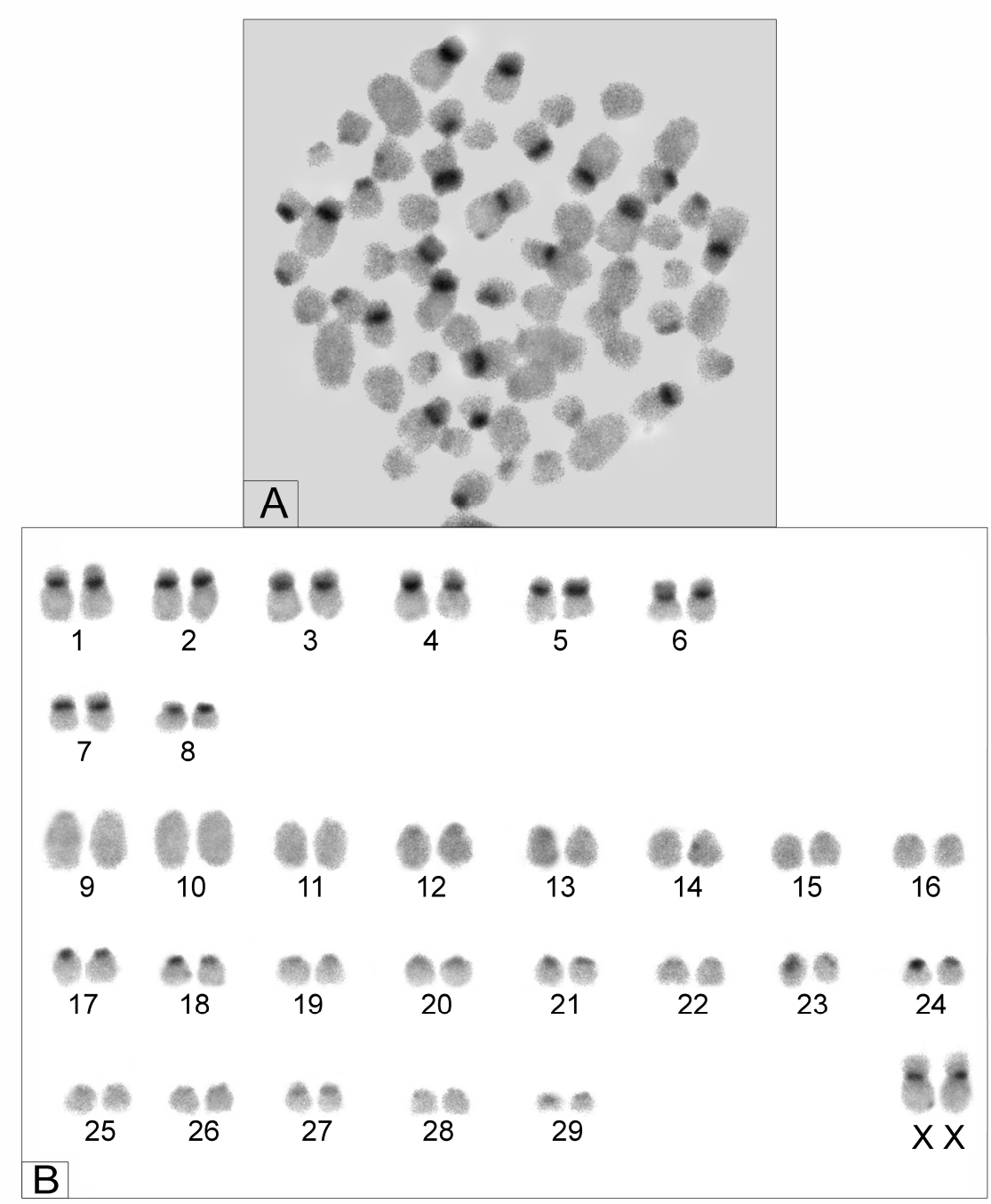
Selçuklu (2 ♀♀, 1 ♂), Çumra (1 ♂), Meram (1 ♀), Güneysınır (1 ♀), ve Bozkır (1 ♀) ilçelerinden elde edilen 2n=60 kromozomal formun setindeki iki kollu kromozomların tamamı sentromerik C- pozitiftir. Selçuklu ve Çumra örneklerinin heteromorf olan birinci çift ve Meram, Güneysınır ve Bozkır örneklerinin heteromorf olan altıncı çift kromozomunun iki kollu birinci kromozomlarında sentromerik C-bandı varken, akrosentrik olanları C-negatiftirler. Selçuklu ve Çumra örneklerinin akrosentrik kromozomlarından dört çifti (no. 14, 19, 22 ve 29) belirgin sentromerik C-bantlara sahipken, dört çifti (no. 18, 23, 24 ve 25) zayıf C-bantlara sahiptirler. Ayrıca Meram, Güneysınır ve Bozkır örneklerinin ise üç çifti (no. 19, 27 ve 29) belirgin sentromerik C-bantlara sahiplerken, iki çifti (no. 24 ve 25) zayıf C-bantlara sahiptirler. Eşey kromozomlarından X, sentromerik C-heterokromatine sahipken Y'nin kısa kolunun tamamı C- heterokromatin (C-pozitif)'dir (Şekil 4.10, 4.11).



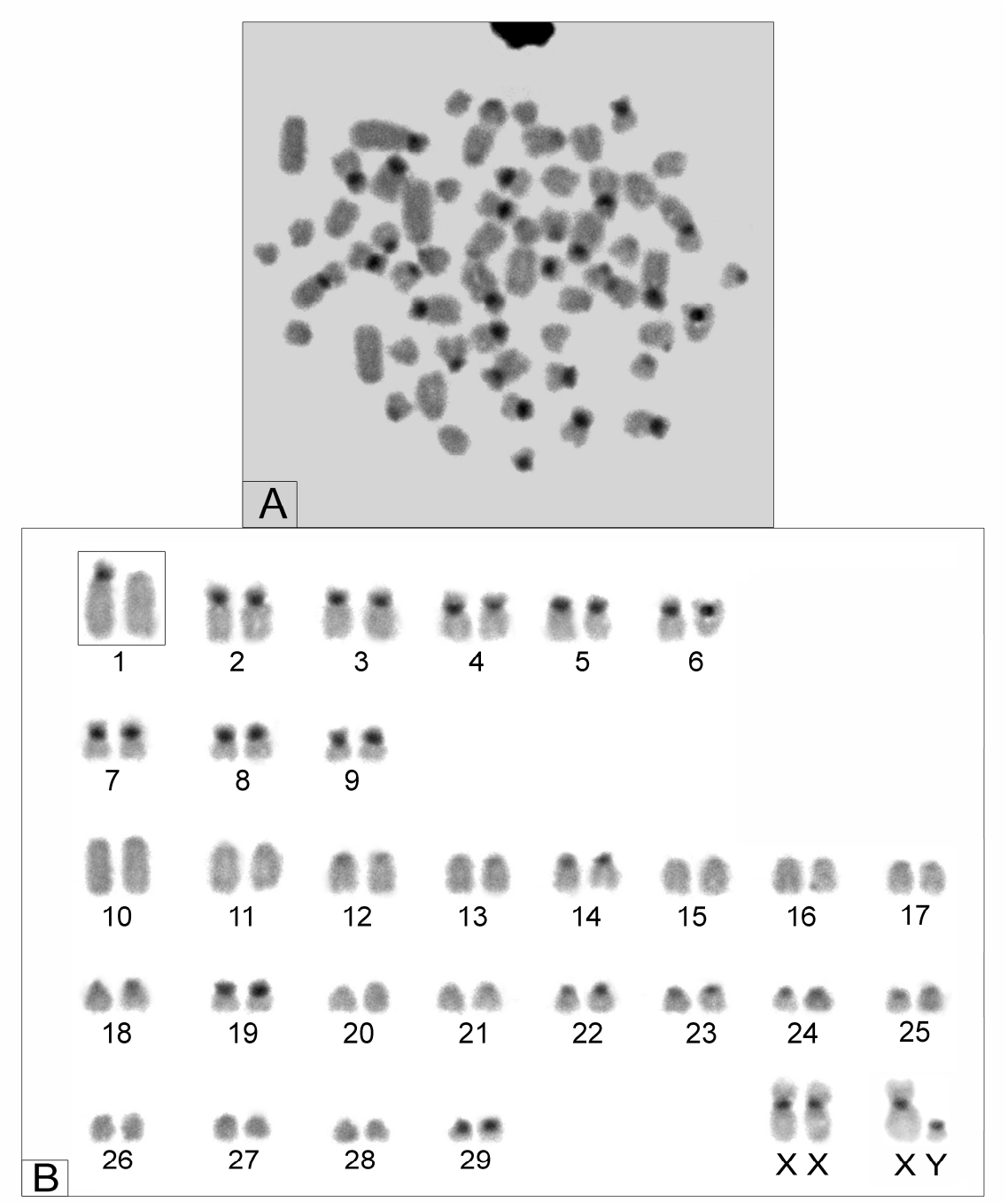
Şekil 4.7. Beyşehir-Gökçimen ve Bayavşar'dan 2n=40 kromozomlu erkek bir örneğin A: metafaz plağı, B: C-bantlı karyotipi (NF=72).



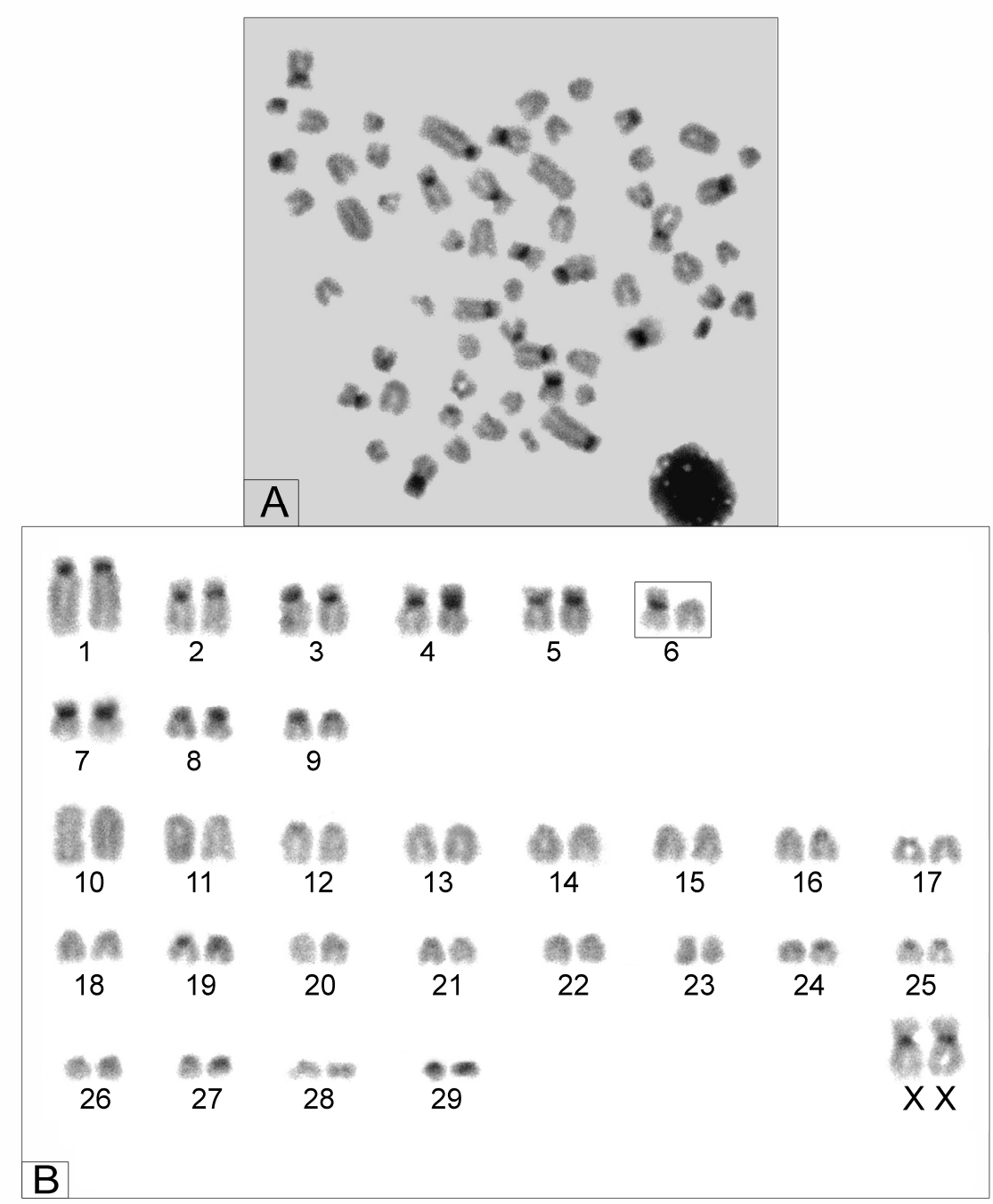
Şekil 4.8. Konya-Ereğli'den 2n=58 kromozomlu erkek bir örneğin A: metafaz plağı, B: C-bantlı karyotipi (NF=75). Çerçeve, heteromorf kromozom çiftini göstermektedir.



Şekil 4.9. Konya-Sarayönü, Ilgın ve Hüyük'den 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin A: metafaz plağı, B: C-bantlı karyotipi (NF=74).



Şekil 4.10. Konya-Selçuklu ve Çumra'dan 2n=60 kromozomlu dişi ve erkek bir örneğin A: metafaz plağı, B: C-bantlı karyotipi (NF=79). Çerçeve, heteromorf kromozom çiftini göstermektedir.



Şekil 4.11. Konya-Meram, Güneysınır ve Bozkır'dan 2n=60 kromozomlu dişi bir örneğin A: metafaz plağı, B: C-bantlı karyotipi (NF=79). Çerçeve, heteromorf kromozom çiftini göstermektedir.

4.3. Ag-NOR Boyama

4.3.1. 2n=40 kromozomal formu

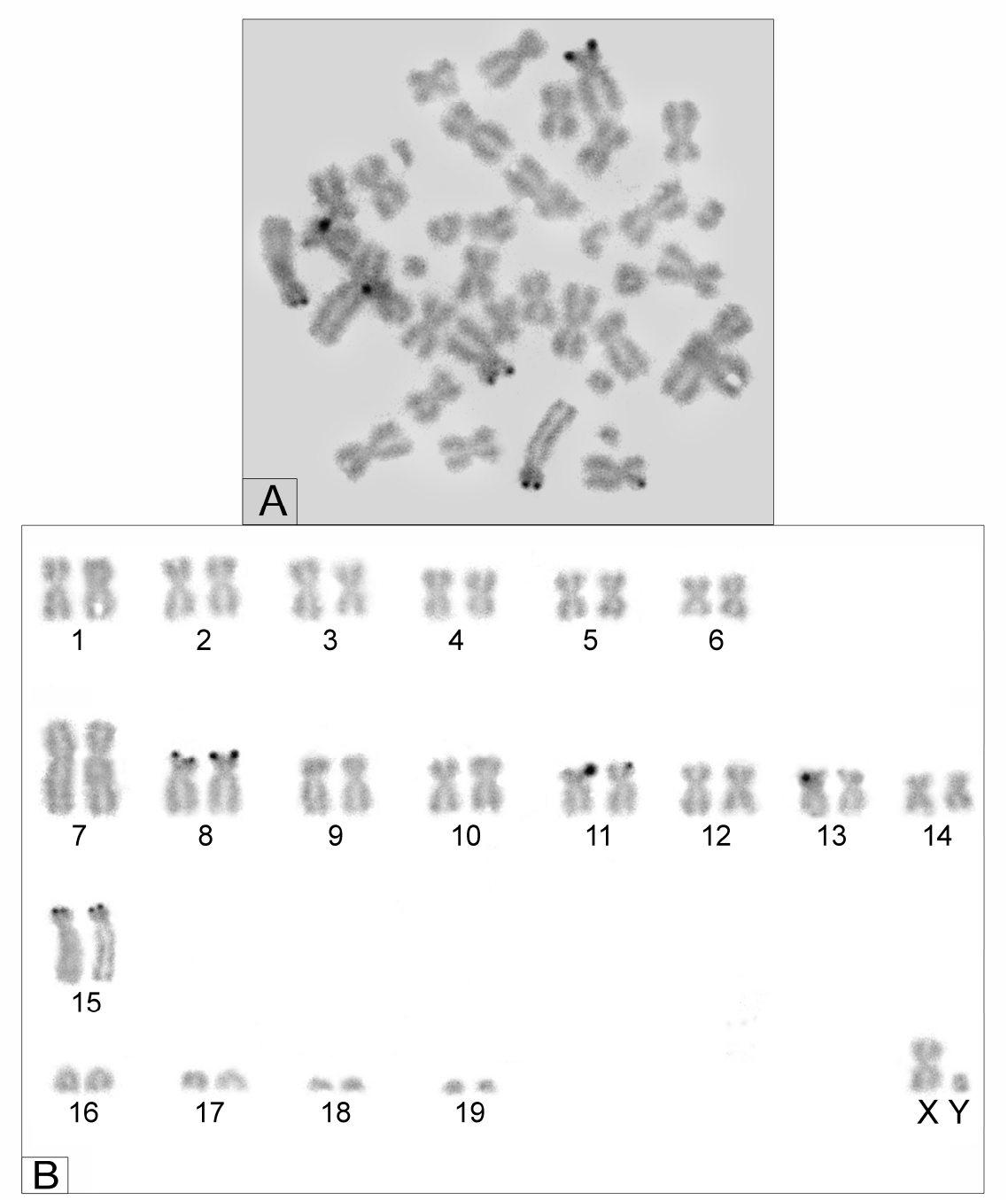
Beyşehir ilçesi; Gökçimen ve Bayavşar köylerinden elde edilen (3 ♂♂) 2n=40 kromozomal formunun setindeki üç çift submetasentrik (no. 8, 11, 12) ve bir çift subtelosentrik (no. 15) kromozomların kısa kollarının telomer bölgelerinde aktif NOR tespit dilmiştir (Şekil 4. 12).

4.3.2. 2n=58 kromozomal formu

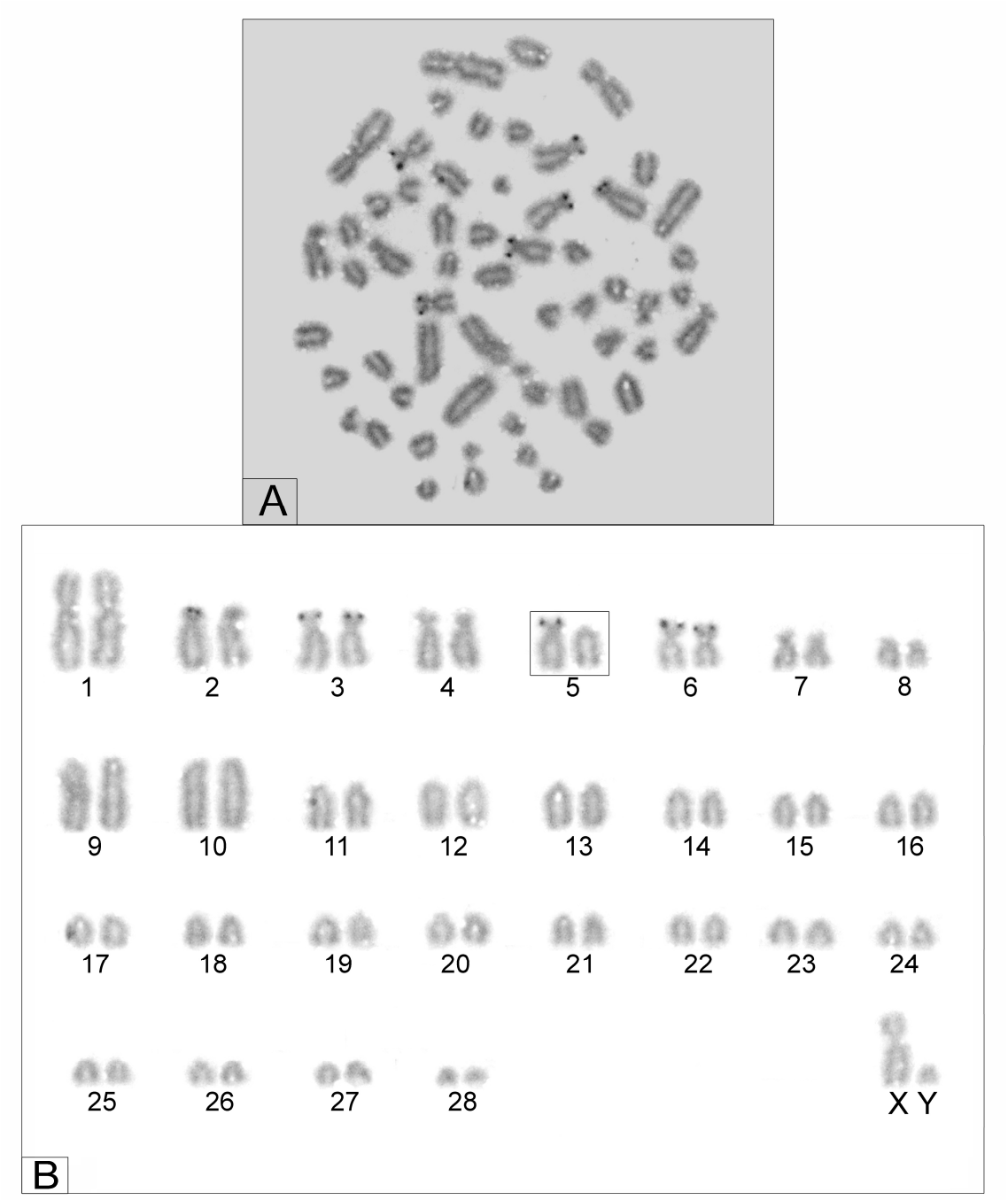
Ereğli ilçesinden elde edilen (2 ♂♂) 2n=58 kromozomal formunun setindeki 2, 3, 5, ve 6. çift kromozomlarının kısa kısakollarının telomer bölgelerinde aktif NOR tespit edilmiştir. Bu formda, heteromorf olan beşinci çift kromozomunun sadece iki kollu olan bir no'lu kromozom aktif NOR'a sahiptir. Akrosentrik olan diğer kromozomda NOR tespit edilememiştir (Şekil 4. 13).

4.3.3. 2n=60 kromozomal formu

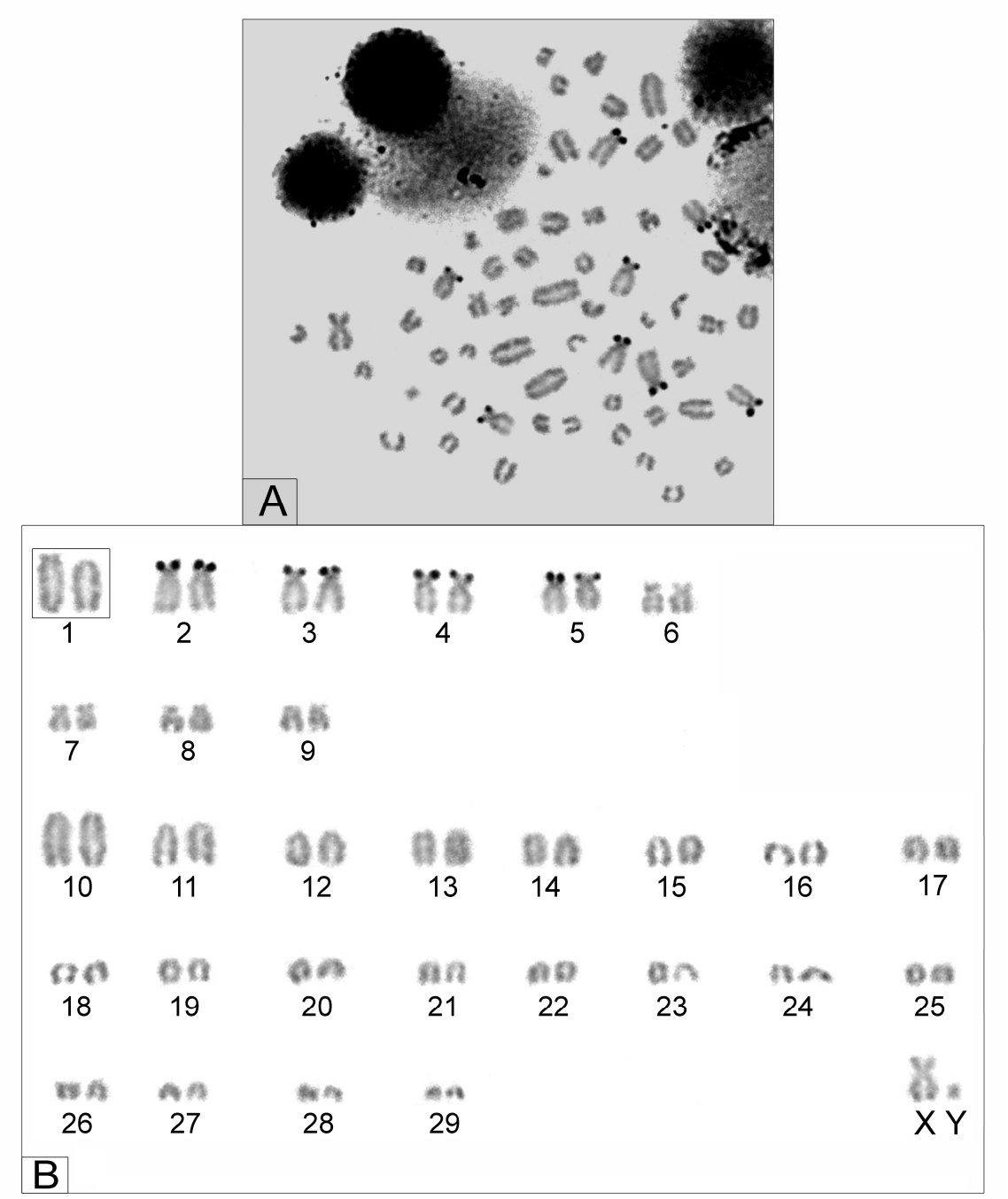
2n=60 kromozomal formun Selçuklu, Çumra, Meram, Güneysınır ve Bozkır ilçelerinden elde edilen örneklerin tamamının 2, 3, 4 ve 5. çiftlerinin iki kollu kromozomların kısa kollarının telomer bölgelerinde aktif NOR tespit edilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.12. Beyşehir-Gökçimen ve Bayavşar'dan 2n=40 kromozomlu erkek bir örneğin A: gümüş-nitrat boyalı metafaz plağı, B: karyotipi (NF=72).



Şekil 4.13. Konya-Ereğli'den 2n=58 kromozomlu erkek bir örneğin A: Gümüş-nitrat boyalı metafaz plağı, B: C-bantlı karyotipi (NF=75). Çerçeve heteromorf kromozom çiftini göstermektedir.



Şekil 4.14. Konya-Selçuklu ve Çumra 2n=60 kromozomlu erkek bir örneğin A: Gümüş-nitrat boyalı metafaz plağı, B: C-bantlı karyotipi (NF=74). Çerçeve heteromorf kromozom çiftini göstermektedir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Standart Karyotip (Giemsa Boyama)

2n=40 formunu ilk defa Nevo ve ark. (1994 ve 1995) tarafından Beyşehir'in 60 km güneyinde tespit etmişlerdir. Bu formu Kankılıç ve ark. (2007) ise Beyşehir'in Yeşildağ kasabasında belirlemişlerdir. Nevo ve ark. (1994 ve 1995) bu formun X kromozomunu submetasentrik olarak belirtirken Kankılıç ve ark. (2007) ise X kromozomunu sonuçlarımızda olduğu gibi metasentrik olarak kaydetmişlerdir. Ancak bu araştırıcılar, Y kromozomunu akrosentrik olarak tespit etmişlerdir. Bu araştırmada ise; Y kromozomunun iki kollu ve subtelosentrik olduğu açık bir şekilde belirlenmiştir. Hem bu çalışmanın hem de bundan öncekilerin sonuçlarına göre; bu form, Beyşehirin güney ve güneybatısı arasında dar bir alanda yayılış göstermektedir.

2n=58 formu ilk defa Niğde-Ulukışla ve Madenköy'de tespit edilmiştir (Sözen ve Kıvanç 1998, Sözen ve ark. 2000b). Daha sonra bu form, Coşkun (2004) tarafından Tunceli'nin Ovacık ilçesinde ve Sözen (2004) tarafından ise Ankara-Sarıkavak'ta tek bir örnekte belirlenmiştir. Sözen ve ark. (2006b) Konya-Ereğli ve Adana-Pozantı'da; Sözen ve ark. (2006a) Kastamonu-Taşköprü'den ve Eroğlu (2006) Çorum-Kargı'da bu kromozomal formu tespit etmişlerdir. Yukarıdaki araştırıcıların tamamı örneklerimizde olduğu gibi X kromozomunu submetasentrik olarak tespit etmişlerdir. Ancak Eroğlu (2006) dışındaki araştırıcılar, Y kromozomunu akrosentrik olarak belirlerken bu araştırmada ise açık bir şekilde Eroğlu (2006) gibi subtelosentrik olarak belirlemişlerdir. *N. ehrenbergi*'nin 2n=58 formu ise ilk defa Nevo ve ark. (1994 ve 1995) tarafından Gaziantep'te tespit edilmiştir.

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), Nevo ve ark. 1994 ve 1995 yıllarında 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. nehringi* 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). Bu çalışmalardaki Konya örneklerinin NF değerleri ise; 74-80 arasında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Selçuklu, Meram, Güneysınır, Çumra ve Bozkır örneklerinin otozomları içinde heteromorf olan bir çift kromozom tespit edilmiştir (NF=75). Heteromorf kromozomlar bu ilçelerden elde edilen populasyonlar arasında da değişmektedirler. Selçuklu ve Çumra örneklerinin birinci çifti ve diğerlerinin ise altıncı çifti heteromorfturlar. Sözen ve ark. (2006) 2n=60 kromozomlu formunun Samsun örneklerinde otozomal kromozomlarda heteromorfluk tespit etmişlerdir (NF=77). Ayrıca aynı araştırıcılar 2n=54 formun Tokat örneklerinde de heteromorfluk tespit etmişlerdir (NF=75). Heteromorf olan homolog kromozomların herhangi birisindeki kısa kol eksikliği delesyon sonucu oluşabilir.

Çizelge 2.1'de karyolojik karakterlerin karşılaştırılması amacıyla, Türkiye'deki *N. nehringi* üzerinde yapılan karyolojik çalışmalar toplu halde verilmişlerdir. Buna göre

N. nehringi populasyonları için diploid kromozom sayıları 2n=36, 38, 40, 48, 50, 52, 54, 56, 58 ve 60 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, 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. nehringi* 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. nehringi*'nin 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.

Bu çalışma sonucunda ise Konya bölgesinde 2n=60 kromozomal formun NF değerlerindeki değişkenliğin doğudan güneybatıya (74-79) ve kuzeybatıya (74-80) doğru arttığı gözlenmiştir. Bu NF farklılıklarının nedeni perisentrik inversiyon ve delesyona bağlı olarak sentromerik kayma olabilir.

5.2. C-bantlama

2n=40 ve 58 formunun C-bantlı karyotipik özellikleri ilk defa bu çalışmada belirlenmiştir. 2n=40 formunun 4 çift kromozomun kısa kolunun tamamının heterokromatin olması açısından; 2n=58 ve 2n=60 kromozomal formlarından oldukça farklı bulunduğu tespit edilmiştir.

2n=58'in heterokromatin C-bantlarının sentromerik olması ile de 2n=60 kromozomlu forma benzerlik göstermektedir.

Farklı türlerin kromozomlarındaki yeniden düzenlenmelerin ortaya çıkarılması açısından karşılaştırmalı bantlama çalışmaları oldukça etkilidir (Romanenko ve ark. 2007). Türkiye'de kör fareler üzerine ilk bantlama çalışmasını Ivanitskaya ve ark. (1997) tarafından *N. nehringi* ve *N. ehrenbergi* üsttürüne ait bazı kromozomal formların üzerine yapmışlardır. Bu araştırıcılar, Malatya'dan aldıkları *N. nehringi* 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. nehringi* 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 olduğu 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 büyüklüğünü ve yoğunluğunun ise değişken olduğunu kaydetmişlerdir.

Bu örneklerin hem 58 hem de 60 formlarının iki kollu kromozomlarındaki C-bantlar, Ivanitskaya ve ark. (2008)'nın her iki sitotipte tespit ettikleri gibi sentromeriktirler.

Matur (2009) Batı Türkiye'de yayılış gösteren 2n=36, 38, 40, 50W, 52N, 54N, 56W, 56Tr, 58N, 58Sarıkavak ve 60Uşak formlarının C-heterokromatin özelliklerinin tespit etmiştir. Bu araştırıcı, batı grubu olarak 2n=36, 38, 40 ve 50W formlarının Bayavşar ve Gökçimen örneklerinde olduğu gibi belirli sayıdaki iki kollu kromozomların kısa kollarının C-pozitif olması ile diğer formlardan ayrıldığını kaydetmiştir.

Ivanitskaya ve ark. (1997)'nın 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 kaydedilmişlerdir. 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. nehringi*'nin 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.

5.3. Ag-NOR Boyama

Türkiye kör fareleri üzerine ilk NOR çalışmasını Ivanitskaya ve ark. (1997), yapmışlardır. Araştırıcılar, Malatya'dan *N. nehringi* 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. nehringi*'de 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. nehringi 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'ların 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.

Bu çalışmalarda 2n=40 formunun NOR'ları ile heterokromatin bölgelerinin bağlantılı olduğu tespit edilmesine rağmen 58 ve 60 formlarında ise NOR'ların sentromerik heterokromatinle bağlantısı tam olarak tespit edilememiştir. Çünkü bu kromozomlardaki sentromerik C-bantların kısa kolların tamamında olmadığı

belirlenmiştir. Ivanitskaya ve ark. (1997 ve 2008)'nın 2n=60 formunda da belirttikleri gibi C-heterokromatin, NOR ilişkisi bizim örneklerimizde tespit edilememiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada;

2n=40 kromozomal formunun Y kromozomunun subtelosentrik olduğu belirlendi. Ayrıca, bu formun Gökçimen ve Bayavşar'dan belirlenmesi ile yayılışına da katkıda bulunulmuştur. Bu formun heterokromatin dağılımı ile NOR özelliklerinin ilişkili olduğu ilk defa bu çalışmada belirlenmiştir. Heterokromatinin; üç çift submetasentrik ve bir çift subtelosentrik kromozomların kısa kollarının tamamında olması ve NOR özellikleri açısından da bu form, 58 ve 60 formlarından oldukça farklı olduğu belirlenmiştir. Bu farklılıklar nedeni ile biz, 2n=40 kromozomal formunun, bir başlangıç olması açısından birçok araştırıcının da önerdiği gibi ayrı bir biyolojik tür olması gerektiğini öneriyoruz.

2n=58 kromozomal formunun NF=75 değeri, 2n=40 formunda olduğu gibi Y kromozomunun subtelosentrik oluşu ve heterokromatin dağılımı ile NOR özellikleri ilk defa bu çalışmada belirlenmiştir.

2n=60 kromozomal formunda heteromorf kromozom çifti ile 74, 78, 79 ve 80 NF değerleri ilk defa Konya bölgesinde bu çalışmalarda belirlenmiştir.

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 türle populasyonlar arasındaki farklılıkların tespiti için standart giemsa boyamasının yanı sıra G-, C- ve 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,109.

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

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, 204.

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

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)'nın 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, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak.

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.

Carleton, M.D., Musser, G.G. 1984. Muroid rodents. in Anderson S, Jones JK Jr (eds); "Order and families of recent mammals of the world", 289-380, New York; John Willey & Sons.

Catzeflis, F.M., Nevo, E., Ahlquist, J.E., Sibley, C.G. 1989. Relationships of the chromosomal species in the Eurasian mole rats of the *Spalax ehrenbergi* group as determined by DNA-DNA hybridization, and an estimate of the spalacid-murid divergence time. J. Mol. Evol., 29: 223-232.

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

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

Coşkun, Y. 2004a. 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* Mordmann, 1840 (Mammalia:Rodentia)'larının karyolojik ve morfolojik analizi. Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış), Z. K.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Zonguldak. 101 s.

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., Altson, E. R. 1877. 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 II. Proc. Zool. Soc. London, 50-64.

Davis, P.H. 1971. Distribution patterns in Anatolia with particular reference to endemism, in Davis, Edit, Harper and Hadge, Plant Life of SW Asia, 15-27.

De Jong, W.W., Hendriks, W., Sanyal, S., Nevo, E. 1990. The eye of the blind mole rat (*Spalax ehrenbergi*); Regressive evolution at the molecular level. In; Evolution of Subterranean Mammals at the Organismal and Molecular Levels ed. (E. Nevo and O.A Reig, eds), pp. 383 - 395, Alan R. Liss, New York.

Demirsoy, A., 1991. Yaşamın Temel Kuralları, Meteksan Matbaacılık ve Teknik Sanayi Tic. Ltd. Şti., Ankara, 560.

Demirsoy, A. 1996. Türkiye Omurgalıları. Memeliler. Çevre Bakanlığı, Çevre Koruma Gen. Müd. Proje No: 90-K1000-90.292 s.

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. 2003. Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan Cyprinidae familyasına ait bazı türlerin karyolojik analizleri. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya, 25-27s.

Gamperl, R. 1982. Chromosomal evolution in the genus *Clethrionomys*. Genetika, 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.

Gromov, I.M., Baranova, G.I., 1981. Catalogue of Mammals in USSR Leningrad; Nauka, 455 (In Russiun).

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

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.

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.

Harrison, D.L. 1972. The Mammals of Arabia. Vol. III, Lagomorpha, Rodentia. London, XVII+382-670.

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

Hendriks, W., Leunissen, J., Blomendal, H., Nevo, E., de Jong, W.W. 1978. The lens protein αA-crystallin of the blind mole rat, *Spalax ehrenbergi*; Evolutionary change and functional constrains. Proc. Natl. Acad. Sci., USA., 84: 5320-5324.

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, Genetica, 79:137-150.

Ivanitskaya, E., Nevo, E. 1998. Cytogenetics of mole rats of the *Spalax ehrenbergi* superspecies from Jordan (Spalacidae, Rodentia). Z Säugetierkd, 63: 336-346.

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.

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.

Jekel, P.A., Ciabatti, C., Schüller, C., Beintema, J.J., Nevo, E. 1990. Ribonuc1ease in different chromosomal species of the mole rat, superspecies *Spalax ehrenbergi*; Concentration in the pancreas and primary Structure, In; Evolution of Subterranean Mammals at the Organismal and Molecular Levels, (E. Nevo and A. O. Reig, eds.), 367-381, Alan R. Liss, New York.

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, 451.

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.

Kleinschmidt, T., Nevo, E., Gooman, M., Braunitzer, G. 1985. Mole rat hemoglobin; primary structure and evolutionary aspects in a second karyotype of *Spalax ehrenbergi*, Rodentia, (2n = 52). Biol. Chem. Hoppe-Seyler, 366: 679-685.

Krystüfek, B., Vohralik, Y. 2001. Mammals of Turkey and Cyprus:140.

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.

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. Yüksek Lisans 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.G., Carleton, M.D. 1993. Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. Smithsonian Institute Press, Washington and London, 753-755.

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

Nevo, E., 1979. Adaptive convergence and divergence of subterranean mammals. Ann. Rev. Ecol. and Syst., 10: 269-308.

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

Nevo, E. 1985a. Ecological and population correlates of allozyme polymorphisms in mammals. Acta Zoologica Fennica, 170:25-29.

Nevo, E. 1985b. 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 adaptiye radiation in subterranean mole rats, *Spalax ehrenbergi* superspecies in Israel. Evot. Biol., 25:1-125.

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

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., Tchernov, E., Beiles, A. 1988. Morphometrics of speciating mole rats; Adaptive differentiation in ecological speciation, Z. zool. Syst. Evolut.-forsch., 26:286-314.

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

Nevo, E., Ivanitskaya E., Beiles, A. 2001. Adaptive radiation of blind subterranean molerats: 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, 198.

Nowak, M.R, Paradiso, L.J. 1983. Walker's Mammals of the World. Vol. I-II. The Johns Hopkins University Press., Baltimore and London.

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.

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., 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, Ankara, 23-24.

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

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

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.

Sarich, V. 1985. Rodent macromolecular systematics. in Lucket WP, Hartenberger J-1 (eds); "Evolutionary relationships among Rodents; A multidisciplinary analysis". New York; Plemum Press, 423-452.

Savic, T. R. 1973. Ecology of the mole rat *Spalax leucodon* Nordm. In Yugoslavia. Proc. Nat. Sci., 44:5-70.

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

Savic, I., Nevo, E. 1990. The Spalacidae; Evolutionary history, speciation and population biology, In ; Evolution of Subterranean Mammals at the Organisrnal and Molecular Levels, (E. Nevo and A O. Reig, eds.), Alan R. Liss, New York, 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.

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

Schüller, C., Neuteboom, B., Wubbels, G.H., Beintema, J.J., Nevo, E. 1989. The amino-acid sequence of pancreatic ribonuclease from the mole rat *Spalax ehrenbergi*, chromosomal species 2n=60. Biol. Chem. Hoppe-Seyler, 370:583-589.

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(yayımlanmamış), Ankara Üniv., Fen Bilimleri Enst., Biyoloji anabilim Dalı, ankara, 134.

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

Sözen, M. 2004b. Türkiye Spalax Güldenstaedt, 1770(Mammalia: Rodentia)'ları üzerine biyolojik bir araştırma. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (Baskıda).

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

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., 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., 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., 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.

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

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

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

Ünay, E. 1996. The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas, ed. Bernor, R.L., Fahlbuch, V. & H.W., On Fosil Spalacidae, Colombia University Pres, New York, 246-252.

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 Cytalagy and Evalutian. Cambridge University Press, London.

White, M.J.D. 1978. Modes of speciation. San Fransisco: Freeman and Co.

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.