

T.C.
AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***SQUALIUS ANATOLICUS* (BOGUTSKAYA, 1997)
(PISCES, CYPRINIDAE)'UN SİTOGENETİK ANALİZİ**

Sevgi ÜNAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2011
KIRŞEHİR

T.C.
AHI EVRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

***SQUALIUS ANATOLICUS* (BOGUTSKAYA, 1997)
(PISCES, CYPRINIDAE)'UN SİTOGENETİK ANALİZİ**

Sevgi ÜNAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Doç. Dr. Muhammet GAFFAROĞLU

HAZİRAN 2011
KIRŞEHİR

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu çalışma jürimiz tarafından Biyoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Eşref YÜKSEL

Üye.....

Doç. Dr. Muhammet GAFFAROĞLU

Üye.....

Doç. Dr. Mahmut YILMAZ

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../20..

Doç. Dr. Mustafa KURT

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Sevgi ÜNAL

SQUALIUS ANATOLICUS (BOGUTSKAYA, 1997) (PISCES, CYPRINIDAE)'UN
SİTOGENETİK ANALİZİ

Sevgi ÜNAL

ÖZET

Bu çalışma, Beyşehir Gölü'nde yaşayan Cyprinidae familyasına ait *Squalius anatolicus* (Bogutskaya, 1997) (Pisces, Cyprinidae) türünün kromozom sayısı ve morfolojisini tespit etmek amacıyla yapılmıştır.

Sitogenetik analizler için; karyotip belirlemede Collares-Pereira (1992)'nin "Havada Kurutma" tekniği, konstitütif heterokromatin bölgelerin belirlenmesinde Sumner (1972)'in C-bantlama tekniği, nükleolus organizatör bölge (NOR)'lerin belirlenmesinde ise Howell ve Black (1980)'in "a 1-step" tekniği kullanılmıştır. Diploid kromozom sayısı; 5 çift metasentrik, 11 çift submetasentrik, 5 çift subtelosentrik, 4 çift akrosentrik olmak üzere $2n=50$ ve kol sayısı (NF)=82 olarak bulunmuştur. Eşey kromozomu farklılaşması gözlenmemiştir. Çok sayıda kromozomun sentromerlerinde konstitütif heterokromatin bölgeler tespit edilmiştir. Bir çift büyük submetasentrik kromozomun kısa kollarında NOR gözlenmiştir. Ölçümler sonucu homolog kromozomlarda NOR büyüklük heteromorfizmi saptanmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen bulguların balık sitogenetiği ve filogenisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Squalius anatolicus*, kromozom, karyotip, nükleolus organizatör bölge (NOR), konstitütif heterokromatin

CYTOGENETIC ANALYSIS OF *SQUALIUS ANATOLICUS* (BOGUTSKAYA,
1997) (PISCES, CYPRINIDAE)

Sevgi ÜNAL

ABSTRACT

This study was carried out in order to determining chromosome number and morphology of *Squalius anatolicus* (Bogutskaya, 1997) (Pisces, Cyprinidae) belonging to Cyprinidae family in Lake Beyşehir.

In cytogenetic analysis, the “Air Drying” technique of Collares-Pereira (1992) was used for determining the karyotype. However, for determination of constitutive heterochromatin regions the C-banding technique of Sumner (1972) and for nucleolus organizer regions (NOR) determining the “a 1-step” technique of Howell and Black (1980) were used. The diploid chromosome complement was $2n=50$, consisting of 5 pairs of metacentric, 11 pairs of submetacentric, 5 pairs of subtelocentric, 4 pairs of acrocentric and the number of arms (NF) 82. Sex chromosome differentiation was undetermined. C-bands were detected in the centromer regions of many chromosomes. NOR was observed on the short arms of one pairs of big sized submetacentric chromosomes. The results show that heteromorphism in the size of NORs among the homologous chromosomes.

These findings are expected to provide contribution to fish cytogenetic and phylogeny.

Key Words: *Squalius anatolicus*, chromosome, karyotype, nucleolus organizer region (NOR), constitutive heterochromatin

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında özveri ve sabır ile her zaman yanımda olan, bilime ilk adımımı kendisi ile atmamı sağlayarak beni onurlandıran danışman hocam Doç. Dr. Muhammet GAFFAROĞLU'na,

Değerli bilgi ve görüşleri ile aydınlatan Prof. Dr. Eşref YÜKSEL'e,

Çalışmamı titizlikle inceleyip yol gösteren Doç. Dr. Mahmut YILMAZ'a,

Çalışma materyalimin tür teşhisini yapan Yrd. Doç. Dr. Cevher ÖZEREN'e, laboratuvar çalışmalarımı birlikte yürüttüğümüz Arş. Grv. Muradiye KARASU'ya, yardımlarını esirgemeyen Arş. Grv. Yavuz KOÇAK'a, manevi destekleri için başta Yrd. Doç. Dr. Makbule ERDOĞDU olmak üzere bütün bölüm hocalarıma,

Çalışmalarım boyunca büyük fedakarlık ve anlayış ile her zaman bana destek olan Sevgili Ailem'e,

Katkılarından dolayı Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgi ÜNAL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	vii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	viii
HARİTALAR LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Araştırma Konusu Familya, Altfamilya ve Türe Ait Genel Bilgiler.....	5
2.2. Balıklarda Kromozom Kaynakları.....	6
2.2.1. Balıklarda karyotip analizleri.....	8
2.2.2. C-bantlama.....	12
2.2.3. Nükleolus organizatör bölge (NOR).....	14
3. MATERYAL VE METOD.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Araştırma alanının özellikleri.....	18
3.1.2. Örneklerin toplanması ve değerlendirilmesi.....	19
3.1.3. Kullanılan kimyasal maddeler.....	19

3.2. Metodlar.....	21
3.2.1. Havada kurutma tekniği ve karyotip hazırlanması	21
3.2.2 C-bantlama tekniği	23
3.2.3. NOR boyama tekniği	24
4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
4.1. Bulgular.....	25
4.1.1. Karyotip analizi.....	25
4.1.2. C-bant analizi.....	27
4.1.3. NOR analizi.....	28
4.2. Tartışma.....	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	47

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Sentromer pozisyonuna göre kromozomların sınıflandırılması	23
Çizelge 4.1. <i>Squalius anaticus</i> 'un karyotip analizi.....	25

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. <i>Squalius anatolicus</i> 'un metafaz plağı ve karyotipi.....	26
Şekil 4.2.a. <i>Squalius anatolicus</i> 'un C-bantlı metafaz plağı	27
Şekil 4.2.b. <i>Squalius anatolicus</i> 'un C-bantlı metafaz plağı... ..	27
Şekil 4.3.a. <i>Squalius anatolicus</i> 'un metafaz plağında NOR.....	28
Şekil 4.3.b. <i>Squalius anatolicus</i> 'un metafaz plağında NOR.....	29
Şekil 4.3.c. <i>Squalius anatolicus</i> 'un metafaz plağında NOR.....	29

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. <i>Squalius anatolicus</i> (Bogutskaya, 1997)'un görünüşü.....	19

HARİTALAR LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Türkiye Haritası.....	18
Harita 3.2. Örneklerin alındığı yer ve araştırma alanının ayrıntısı.....	18

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
A	Akrosentrik
C-bantlama	Konstitütif heterokromatin bantlama
CI	Sentromer indeksi
Diploid	Temel kromozom sayısının iki katı kromozom
DNA	Deoksiribonükleik asit
M	Metasentrik
NF	Kol sayısı, temel sayı
NOR	Nükleolus organizatör bölge
RNA	Ribonükleik asit
RPM	Dakikadaki dönme hızı
SM	Submetasentrik
ST	Subtelosentrik

1.GİRİŞ

Bilimin var olmasını sağlayan canlı-cansız faktörlerle birlikte dünya, yaşam zincirinde sayısız türü barındırmaktadır. Dünyanın dörtte üçünün sularla kaplı olduğu düşünöldüğünde bu türlerin büyük bir kısmının sucul form olduğu açıktır. Nitekim omurgalılar arasında tür bakımından en kalabalık canlı grubunu balıklar oluşturmaktadır. Bu nedenle insanoğlu, balıklarla çeşitli sebeplerle ilgilenmektedir.

Biyolojik zenginliği fazla olan su kaynaklarımızdaki su ürünleri miktarını arttırabilmek için bunların ortaya çıkarılması ve incelenmesi, insan gıdası olarak tüketilen balık faunasının ortaya çıkarılması açısından gereklidir. Balıklarda morfoloji ve fizyolojiyi inceleyen bilim dalı ihtiyolojidir. Gen aktarımı, kromozom yapısı ve karyolojisi ise sitogenetiğin konusu olmuştur.

Balıklar, belirli bir yatırım ve çaba karşılığında günümüzde ve gelecekte tüm ölkelerin ekonomisine sürekli verim sağlayan önemli kaynaklardandır. Ekonomiye etkisinin yanı sıra asıl önemi, insan beslenmesine yüksek kaliteli hayvansal protein sunmasında aranmalıdır. Beslenmenin, özellikle de dengeli beslenmenin bilincindeki toplumlar hayvansal protein kaynaklarını daha da zenginleştirmek için sulardan yüksek oranlarda yararlanılmasının yollarını sürekli aramakta, özellikle geleceğe bugünden yatırım yapmaktadırlar. Balıkların insan tüketimine daha yüksek oranlarda sunulması, öz kaynakların yıpratılmadan akılcı bir işletme anlayışıyla artan oranlarda doğrudan insan gıdası olarak kullanılmasına ve balık yetiştiriciliğine önem verilmesine bağlıdır (Hamalosmanoğlu, 1997).

Balıklarda verimin arttırılması canlının bulunduğu çevre şartlarına ve genetik yapısına bağlıdır. Islahı yapılacak canlının genetik yapısının iyi bilinmesi verimi büyük ölçüde arttıracaktır. Bu nedenle balıklar üzerine yapılacak sitogenetik çalışmalar üretimin arttırılması, balıkların ıslah edilmesi ve kültüre alınması konusunda büyük yarar sağlayacaktır (Vicdanlı, 2007).

Türkiye zoocoğrafik açıdan incelendiğinde bir kıta özelliği göstermektedir ve tür çeşitliliği açısından oldukça zengin bir ölkedir. Özellikle iç sular ve burada yaşayan balık faunası bakımından zengin olan ölkemizde tatlı su balıklarının

sistematiklerinde bazı türlerin birbirlerine yakınlıkları ve farklılıkları konusunda çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. Hangi konuda çalışılırsa çalışılsın üzerinde inceleme yapılan canlıların ne olduğunun kesin olarak bilinmesi gerekir ve bu nedenle de tür ayrımının mutlaka net olarak yapılması gerekmektedir (Karahana, 2007).

Karyotip (kromozom sayı ve morfolojisi) analizleri son zamanlarda ihtiyolojide kullanılmaya başlanan ve özellikle problem teşkil eden taksonların ayrımında başvurulan yollardan birisidir (Thorgaard ve Disney, 1990; Vicdanlı 2007). Bugün dünyada alt türler dahil yaşayan balık türü sayısının 24000 civarındadır (Al-Sabti, 1986; Rab, 1995). Bu türler arasında birbirleri ile ilişkili olan türlerin kromozom sayı ve morfolojisi bakımından farklılık olduğunda kromozom analizleri türleri teşhis etmede yararlı olmaktadır. Kromozom sayı ve morfolojisindeki benzerlik derecesi türler arasındaki kökensel ilişkiyi ölçmede kullanılabilir (Thorgaard ve Disney, 1990).

Balık kromozomlarıyla ilgili olarak yapılan çalışmalarda türlerin evrimsel ve taksonomik durumları ile populasyon içi ve populasyonlar arası varyasyonlar hakkında da önemli bilgiler elde edilmiştir (Gaffaroğlu, 2003).

Karyolojik çalışmaların yararları şu şekilde sıralanabilir; herhangi bir türün coğrafik varyasyonlarının belirlenmesinde, kromozom morfolojisi taksonomik karakter olarak kullanılabilir. Türler orjinal tipten farklı ise, sistematik karışıklıkları çözümede, sistematik kategorilerin belirlenmesinde kullanılır. Böylece türler arasındaki ilişkilere açıklık getirir. Karyotip analizleri tür ve alt türlerin ayrımında, taksonomik durumu tartışmalı olan taksonların durumuna açıklık getirmede yardımcı olur. Özellikle cinslerin yayılış alanı içerisindeki tür ve alt türler üzerinde yapılan karyotipik çalışmalar, taksonlar arasındaki ve taksonlar içerisindeki filogenetik ilişkilerin aydınlatılmasını sağlar. Her hücrede kromozom sayısı oldukça iyi muhafaza edilen bir karakteristik gibi görüldüğünden, bir familyanın türleri arasında yakınlığın belirleyicisidir. Balıklarda sitogenetik çalışmalar, kirlilik düzeyinin belirlenmesinde biyolojik ayraç olarak kullanılır. Böylece balığın çevresel etkenlerden özellikle kirleticilerden ne ölçüde etkilendiği ortaya çıkarılır. Karyolojik karakterlerin keşfi, ekonomik önemi olan balıklardan daha çok verim alınmasını

sağlar. Balıklarda verimin yükseltilebilmesi canlının bulunduğu çevre şartlarına ve genetik yapısına bağlıdır. Böylece üretimin arttırılması, balıkların genetik ıslahı ve kültüre alınması konusunda yararlar sağlar. Türün genetik potansiyellerinin belirlenmesi, melezleme çalışmalarında kullanılabilir alt yapının meydana getirilmesinde yardımcı olur. Ayrıca balıklarda yapay ginogenezis ve poliploid oluşturmak için de kromozom çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır (Ergene ve ark., 1999; Gaffaroğlu, 2003).

Balıklardaki karyolojik çalışmalar memelilerin karyolojik çalışmalarında karşılaşılmayan bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Bunun nedenleri ise, balık kromozomlarının memelilerinkine oranla oldukça küçük ve daha çok sayıda olması, iyi kalitede kromozom dağılımları elde edilememesi ve bu konuda standart bir tekniğin olmayışı olarak söylenebilir (Kılıç-Demirok, 2000). Dolayısıyla memelilerle ilgili çalışmalar oldukça yoğun olmasına rağmen, balıklar üzerindeki çalışmalar çok sınırlıdır ve hala Türkiye faunasında yer alan pek çok balığın karyotipi bilinmemektedir (Çolak ve ark., 1985; Ulupınar ve Okumuş, 2002 a,b; E. Gözükara ve Çavaş, 2004; Gaffaroğlu ve Yüksel, 2005, v.b).

Tatlı su balıklarının en büyük ailesi olan Cyprinidae üyelerinin çoğu Türkiye iç sularında bulunmaktadır (Rab ve Collares-Pereira, 1995). Bu familyaya ait *Squalius* cinsinin ülkemiz tatlı sularında tespit edilen türleri şunlardır:

Squalius lepidus (Heckel, 1843) Fırat Nehri, Karasu Deresi'nde yayılış göstermektedir (Turan ve ark., 2009).

Squalius orientalis (Heckel, 1846-49) popülasyonlarının Fırat Nehri, Sırlı Deresi'nde yayılış gösterdiği bildirilmiştir (Turan ve ark., 2009).

Squalius cii (Richardson, 1857) Manyas'ın Kocaçay Deresi'nde yayılış göstermektedir (Turan ve ark., 2009).

Squalius pursakensis (Hankó, 1925) İç Anadolu Bölgesi'nde Kızılcahamam Deresi'nde ve Sakarya Nehri'nde yayılış göstermektedir (Turan ve ark., 2009).

Squalius fellowesii Muğla, Eşen Çayı'nda yayılış göstermektedir (Turan ve ark., 2009).

Squalius anatolicus (Bogutskaya, 1997) Konya'da bulunan, kaynağını Beyşehir Gölü'nden alan Sarıöz Deresi'nde yayılış göstermektedir (Turan ve ark., 2009).

Beyşehir Gölü'nde yapılan bu çalışma; *Squalius anatolicus*'un kromozom sayısı, karyotipi, nükleolus organizatör bölgeleri ve heterokromatin bölgelerini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. İlk kez bu çalışma ile elde edilen veriler diğer türlerle karşılaştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Araştırma Konusu Familya, Altfamilya ve Türe Ait Genel Bilgiler

Öncelikli olarak insan besini, daha sonra akvaryum balıkçılığı ve biyolojik araştırmalar açısından dünyanın en önemli tatlı su balık türlerini içeren cyprinidler tür ve alttür çeşitliliği açısından en zengin omurgalı familyasıdır. Familyada değişik yapılı ve birbirlerinden çok farklı türler bulunmaktadır. Cyprinidler kısmen yavaş akan ya da durgun olan suları tercih ederler. Besinlerini alg, büyük su bitkileri, plankton, çamur içindeki organik maddeler ve küçük hayvanlar oluşturur (Atalay, 2005). Bu familya birçok kaynaktan 10 altfamilyaya ayrılmaktadır. Ancak, altfamilyaların sınırları hala tam olarak belirlenememiştir. Bu ayırmadaki genel taksonomik kriterler dudakların şekli, bıyıklarının dizilimi ve sayısı, yutak kemikleri, yutak dişlerinin yapısı ve dizilimi, birinci solungaç yayındaki solungaç dikeninin sayısı ve yapısı, hava kesesi, pullar, yüzgeçlerin konumu ve omur yapıları gibi özelliklerdir (Demirsoy, 1993). Cyprinidler çoğunlukla sürüler halinde yaşarlar. Üreme zamanı ilkbahar ve yaz aylarıdır. Bu zamanda bilhassa erkeklerinin daha parlak ve süslü bir görünüm kazandığı, özellikle baş ve vücutları üzerinde beyaz renkli küçük üreme tüberküllerinin meydana geldiği dikkat çekmektedir (Geldiay ve Balık, 2007).

Cyprinidler altfamilyası olan Leuciscinae'nin sınıflandırılmasında grupların morfolojik yapılarının ve filogenetik ilişkilerinin tam olarak anlaşılabilmesi için, biyolojik önemleri ve bunların çevresel faktörler ile olan ilişkilerinin ve birbirlerini izleyen evrimsel gelişimlerinin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir. Leuciscinae altfamilyası ile ilgili yapılan biyolojik çalışmalarda beslenme veya üreme davranışlarına bağlı olarak farklı yapılar geliştirdikleri düşünülmektedir. Çünkü bu altfamilyaya ait gruplar, aktif yüzücüdürler ve geniş bir beslenme çeşitliliği gösterirler (Atalay, 2005). Anadolu'da Leuciscinae altfamilyasında, 17 cinse ait 54 tür bulunmaktadır. Bu taksonlardan günümüze kadar belirlenen 19 tür ve 7 alttürün Anadolu'ya özgü olduğu bildirilmektedir (Bogutskaya, 1997). Son yıllarda yeni türlerin bulunmasıyla bu sayı oldukça artmıştır.

Anadolu'daki Leuciscinae altfamilyasının üyelerinden biri olan *Squalius* cinsi, genellikle Avrupa ve Batı Asya'ya dağılmış, orta büyüklükte balıklardan oluşmaktadır. Bu cins, *Leuciscus*'un morfolojik ve moleküler bilgileri anlaşılincaya kadar *Leuciscus* olarak yer edinmiştir. Anadolu'da hemen hemen her akarsuda bulunmasına rağmen *Squalius* cinslerinin cins-seviye taksonomisi tam olarak yapılamamıştır. Anadolu'da ve komşu havzalardaki sadece birkaç populasyon yeterli detaylarla tanımlanmıştır. Anadolu'dan tanımlanan birkaç tür sonradan *Squalius cephalus*'un sinonimi olmuştur ve bu türlerin bazı dönemlerde Avrupa'nın tamamına yayıldığı düşünülmektedir. 40 yıldır Güney Avrupa'nın akuatik faunasını çalışan araştırmacılar, Akdeniz havzasındaki *Squalius*'un klasik (Kuzey Avrupa) literatürde söylenenden daha çeşitli olduğunu göstermektedirler. Son zamanlarda yapılan moleküler çalışmalar bu morfolojik gözlemleri desteklemekte ve *S. cephalus* içindeki farklı soyların sayısını göstermektedir. *Squalius* cinsinin bazı türleri Dicle, Fırat, Kueik, Asi ve Beyşehir drenajlarından rapor edilmiştir. Bogutskaya (1997) Beyşehir Gölü havzasındaki populasyonları *S. anatolicus* olarak tanımlamıştır (Turan ve ark., 2009).

2.2. Balıklarda Kromozom Kaynakları

Kromozom preparasyonlarında aktif olarak bölünen dokular kullanılır. Bu amaçla balıklarda genellikle embriyonik dokular, solungaçlar, böbreğin baş kısmı, bağırsaklar ve pul epiteli gibi dokular bölünen hücrelerin mükemmel kaynaklarıdır.

Ergin balıklardan elde edilen hücre ve dokular, ergin memelilerinkine göre daha iyi kültür edilebilir. Çünkü genellikle balıkların biyolojisi gereği büyüme, hayat boyu devam eder ve kendini yenileme özelliğine sahiptir.

Kültürü daha kolay ve iyi olan ikinci doku tipi ise tercihen genç balıklardan alınan ve olgunlaşmamış gonadlardır. Kültürü yapılabilecek diğer dokular ise; yüzme kesesi, yüzgeç, bağırsak, kornea, solungaç ve deridir.

1- Yüzgeç ve pul: Yüzgeç ve pul epiteli gibi dokular, hayvan feda edilmeksizin kromozom çalışması yapmak amacıyla oldukça uygundur. Bu dokulardan yapılacak

preparasyonlar genellikle mükemmel sayılabilecek metafaz yayımları sağlar. Bu dokuların seçilmesi ile ilaveten kolşisin gibi iğ ket vurucusu muamelesine tabi tutulmaksızın kromozom çalışması yapabileme avantajı da sağlanmış olur. Kromozomların fazla kasılması veya kromatitlerin muhtemel kırılma tehlikesi yoktur. Yüzgeç ve pulların kullanılmasının dezavantajı ise bu dokulardaki bölünen hücrelerin genellikle az sayıda olmasıdır.

2- Solungaç: Bu dokudan kolşisin ön muamelesi uygulanarak veya uygulanmaksızın metafaz plakları elde edilebilir. En iyi preparat yaymaları temiz sularda yaşayan genç balıklardan elde edilir. Ayrıca solungaçlar kromozom çalışmaları için bolca doku örneği alınabilen organlardır.

3- Dalak, böbrek, karaciğer ve bağırsak: Bu dokuların kullanımında kolşisin muamelesi zorunludur. Bu muamele, genellikle dokular işlem görmeden birkaç saat önce sırt kası veya vücut boşluğuna az miktarda kolşisin enjekte etmek suretiyle uygulanır.

4- Kornea: Bazı araştırmacılar tarafından kromozom çalışmalarında kornea ve bağ epitelyum doku kullanılmıştır. Bu dokular genç balıklarda çok hızlı bölünürler ve bölünme oranı, gözü hasara uğratarak veya kolşisin ön muamelesi ile daha da arttırılabilir.

5- Embriyo: Bu hücrelerden elde edilen kromozomların karyotipinin yapılması önemlidir. Ancak, embriyoları elde etme, tür ve cinsiyet tayininin zorluğuna dikkat çekilmiştir. Kolşisin, metafaz şekillerinin sayısını arttırmakla birlikte kromozomların analiz için uygun olmayan piknotik yığınlar oluşturmasına da neden olabilir. Bu yüzden balık embriyolarındaki kromozom çalışmalarında işlemlerin kusursuzca ve uzman kişiler tarafından yapılması gerekmektedir.

6- Balıkçık (fry): Frylerden iyi kromozom preparasyonları yapılabildiği kaydedilmiş ve çeşitli preparasyon teknikleri tavsiye edilmiştir.

7- Gonad (ovaryum ve testis): Testislerden yapılan preparasyonlar kromozom sayılarını belirlemede ayrı bir avantaj sağlar. Zira diploid ve haploid sayıların her

ikisi de elde edilebilmektedir. Mayoz aktivitesi yumurtlama sezonundan kısa bir süre önce erkekte en yüksektir ve testis sperm ile dolu iken azalmaya başlar.

8- Doku kültürü: Doku kültürü için genellikle embriyo, yüzgeç, testis, ovaryum, böbrek, dalak, karaciğer ve yüzme keselerinden elde edilen dokular kullanılır. Doku kültüründe gerekli olan digestion ve santrifüj işlemlerinden sonra ekim için yeterli sayıda hücre elde etmek için fazla miktarda dokuya ihtiyaç duyulur. Kültür sonuçları organizmanın büyüklüğüne ve yaşına bağlıdır. Kültür hücrelerindeki kromozomlar çok sayıda ve en iyi kalitededir.

9- Lökosit kültürü: Kromozom elde etmek için en mükemmel teknik olarak kan lökositlerinin kültür edilmesi gösterilebilir. Bu teknik ilk kez 1960'da insan kanını kültür etmek için kullanılmıştır. Daha sonra kuşlar, sürüngenler ve kurbağalar gibi diğer organizmalardan elde edilen kanlar da başarılı bir şekilde kültür edilmiştir. Lökosit kültürü yardımıyla rutin olarak yüksek kalitede ve çok sayıda metafaz şekilleri elde edilebilmesinden, balıkların somatik hücrelerinden kromozom çalışmaları yapmak amacı ile bu yöntem diğerlerinden daha uygun sayılabilir (Ulupınar ve Alaş 2002).

2.2.1. Balıklarda karyotip analizleri

Karşılaştırmalı sitoloji ve sitogenetiğin gelişmesi taksonomi ile evrimin anlaşılmasına büyük katkı sağlamaktadır. Genel olarak familyalar, cinsler ve türler farklı genetik sistemlerle karakterize olurlar. Kalıtsal bir karakter olan karyotip, türlerin taksonomik olarak ayırt edilmesine (sitotaksonomi) yardımcı olur (Amemiya, 1986). Farklı türlerin karyotiplerinin incelenmesi canlılar arasındaki ilişkilerin ortaya çıkmasını sağlar (Yüksel, 1984; Yüksel ve Gülkaç, 1992).

Bazı türlerde yapılmış balık karyotip çalışmaları şu şekildedir;

Kore'den Ueno ve Ojima'nın 1984 yılında *Sarcocheilichthys czerskii*, *S. variegatus*, *Phoxinus phoxinus*, *Moroco jouyi*, *Acheilognathus rhombeus*, *Hemibarbus longirostris*, *Gonoprokopterus mylodon*, *Coreoleuciscus splendidus*, *Microphysogobio longidorsalis*, *M. yaluensis* ve *Gobiobotia brevibarba* Kore

Cyprinid türlerinde yaptıkları karyolojik çalışmada şu sonuçları kaydetmişlerdir: *Sarcocheilichthys czerskii* ve *S. variegatus*'da 9 çift metasentrik (M), 16 çift submeta-subtelosentrik (SM-ST) kromozomun oluşturduğu diploid kromozom sayısı $2n=50$ 'dir. *Phoxinus phoxinus* 5 çifti M, 17 çifti SM-ST ve 3 çifti akrosentrik (A) olan 50 diploid kromozomdan oluşmaktadır. *Moroco jouyi*'nin karyotipini *P. phoxinus*'un karyotipi ile aynı bulmuşlardır. *Acheilognathus rhombeus*'un diploid kromozom sayısı 44 olmakla birlikte 5 çift M, 10 çift SM-ST ve 7 çift A kromozom tespit edilmiştir. *Hemibarbus longirostris*'in diploid kromozom sayısı 50 olup, 8 çift M, 14 çift SM-ST ve 3 çift A kromozomdan oluşmaktadır. *Gonoprokopterus mylodon*'da 6 çift M, 14 çift SM-ST ve 5 çift A olmak üzere $2n=50$ 'dir. *Coreoleuciscus splendidus*'un diploid kromozom sayısı 50 olmakla birlikte 7 çift M, 15 çift SM-ST ve 3 çift A kromozomdan oluşmaktadır. Diploid kromozom sayısı $2n=50$ olan *Microphysogobio longidorsalis*'in karyotipinde 9 çift M, 16 çift SM-ST kromozom tespit edilmiştir. *M. yaluensis*'in karyotipi *M. longidorsalis*'e benzemektedir. *G. brevibarba*'nın 4 çift A, 6 çift M ve 15 çift SM-ST kromozom içeren $2n=50$ kromozomdan oluştuğu bulunmuştur (Ueno ve Ojima, 1984).

Magtoon ve Arai (1989) 3 Cyprinid türünde yaptıkları bir çalışmada *Osteochilus hasselti*'nin diploid kromozom sayısını $2n=50$; 30 M, 14 SM, 6 subtelosentrik (ST) ve kol sayısı (NF)=94, *O. vittatus*'un diploid kromozom sayısını $2n=50$; 16 M, 30 SM, 4 ST ve NF=96, *Labiobarbus lineatus*'un diploid kromozom sayısını $2n=50$; 20 M, 10 SM, 20 A ve NF=80 olarak bulmuştur.

Aspius aspius'da kromozom morfolojisi 7 çift M, 14 çift SM, 4 çift ST-A olmak üzere $2n=50$ ve NF=92 olarak bulunmuştur (Rab ve ark., 1990).

Pseudaspius leptcephalus'da kromozom sayısı $2n=50$; 7 çift M, 13 çift SM-ST, 5 çift subtelo-akrosentrik (ST-A) ve NF=90 olarak tespit edilmiştir (Rab, 1991).

Avrupadaki Leuciscinae cyprinidlerinden *Abramis*, *Alburnoides*, *Alburnus*, *Anaecypris*, *Aspius*, *Blicca*, *Chondrostoma*, *Leucaspis*, *Leuciscus*, *Pelecus*, *Phoxinus*, *Rutilus*, *Scardinius*, *Tropidophoxinellus* ve *Vimba* cinslerinin kromozom sayısının $2n=50-52$ ile karakterize olduğu ve karyotip morfolojilerinin 6-8 çift M,

12-14 çift SM ve 2-4 çift ST-T kromozomdan oluştuğu tespit edilmiştir. *Pachychilon*, *Pararhodeus* ve *Phoxinellus* grubunun kromozom sayısının $2n=50$ olduğunu fakat karyotip morfolojilerinin bir dereceye kadar yukarıdaki gruptan farklı olduğunu bildirmişlerdir. Aynı familya içerisinde diploid kromozom sayısı farklılıkları karyotip evölüsyonu ile açıklanmaktadır. Robertsonian füzyonla 2 akrosentrik kromozom birleşerek kollu bir kromozomun meydana gelmesini sağlar. Bu mekanizma diploid kromozom sayısını azaltır ancak kol sayısı daima sabit kalır. Bu yolla karyotip evölüsyonu sağlanır. Diğer taraftan akrosentrik bir kromozomun perisentrik inversiyonuyla metasentrik ya da submetasentrik kromozomlar meydana gelir. Böylece de diploid kromozom sayısı değişmeksizin kol sayısı artabilir. Kol sayısı birbirine yakın olan populasyonlar arasında çok yakın filogenetik ilişki vardır (Gülkaç ve Yüksel, 1989; Yüksel, 1984).

Avrupa'da *Gobio* genusuyla temsil edilen Gobionine Cyprinidlerinin kromozom sayısını $2n=50$, karyotip morfolojisini 12 çift M, 12 çift SM-ST ve 1 çift A olarak bulmuşlardır (Rab ve Collares-Pereira, 1995).

Rab ve ark. (1995) *Barbus ablabes*'de kromozom sayısını $2n=50$: 9 çift M, 15 çift SM, 1 çift ST-A ve NF=96 olarak bulmuşlardır.

Pekol (1999) *Leuciscus cephalus*'da kromozom sayısını $2n=50$: 18 M, 12 SM, 20 ST-A ve NF=80 bulmuştur.

Rab ve ark. (2000) *Raiamas steindachneri* üzerinde yaptıkları karyolojik çalışmada diploid kromozom sayısını $2n=50$, karyotip morfolojisini 8 çift M, 15 çift SM ve 2 çift ST olarak tespit etmişlerdir.

Acanthobrama marmid'de kromozom sayısı $2n=50$; 6 çift M, 7 çift SM, 9 çift ST, 3 çift A ve NF=94, *Chalcalburnus mossulensis*'de kromozom sayısı $2n=50$; 6 çift M, 8 çift SM, 5 çift ST, 6 çift A ve NF=88 ve *Cyprinion macrostomus*'da kromozom sayısı $2n=50$; 3 çift M, 12 çift SM, 10 çift ST, 4 çift A ve NF=92 olduğu bildirilmiştir (Gaffaroğlu, 2003).

Alburnus heckeli (Battalgil, 1943)'de kromozom sayısı $2n=50$; 7 çift M, 9 çift SM, 9 çift A ve NF=82 olarak bulunmuştur (Gül ve ark., 2004).

Kılıç-Demirok ve Ünlü (2004) *Alburnoides bipunctatus*'da kromozom sayısını $2n=50$; 16 M, 22 SM, 12 ST-A ve NF=88 olarak bulmuşlardır.

Esmaceli ve Pravar (2006) *Petroleuciscus persidis* (Coad, 1981)'de kromozom sayısını $2n=50$; 29 M, 18 SM, 3 ST ve NF=97 bulmuşlardır.

Sahoo ve ark. (2007) yaptıkları bir karyolojik çalışma sonucu *Garra gotyla gotyla*'nın kromozom sayısını $2n=50$: 12 M, 8 SM, 8 ST, 22 telosentrik (T) ve NF=70, *G. kempfi*'nin $2n=50$; 14 M, 14 SM, 10 ST, 12 T ve NF=78, *G. lissorhynchus*'un $2n=50$; 16 M, 16 SM, 6 ST, 12 T ve NF=82 olarak bulmuşlardır.

Pseudophoxinus antalyae (Bogutskaya, 1992)'nin diploid kromozom sayısının $2n=50$ olduğu, karyotipinin ise 16 M + 14 SM + 12 ST + 8 A kromozomdan oluştuğu ve NF=92 olduğu tespit edilmiştir (Ergene ve ark., 2008).

Leuciscus idus'da kromozom sayısını $2n=50$: 10 M, 26 SM, 6 ST, 8 A ve NF=86, *L. cephalus*'da kromozom sayısını $2n=50$: 10 M, 22 SM, 10 ST, 8 A ve NF=82, *L. leuciscus*'da kromozom sayısını $2n=50$: 12 M, 24 SM, 8 ST, 6 A ve NF=86 bulmuşlardır (Boron ve ark., 2009).

Karahan ve ark. (2009) *Garra rufa*'nın 4 ilden örneklerini alarak yaptıkları bir karyolojik çalışmada; *G. rufa* Mersin popülasyonunda dişilerde $2n=50$; 26 M + 10 SM + 8 ST + 6 A, NF=94; *G. rufa* Hatay popülasyonunda dişilerde $2n=46$; 22 M + 12 SM + 8 ST + 4 A, NF=88 erkeklerde 22 M + 12 SM + 7 ST + 5 A, NF=87; *G. rufa* Kahramanmaraş popülasyonunda dişilerde $2n=46$; 32 M + 6 SM + 6 ST + 2 A, NF=90 erkeklerde 31 M + 6 SM + 6 ST + 3 A, NF=89 ve *G. rufa* Sivas popülasyonunda dişilerde $2n=50$; 28 M + 14 SM + 4 ST + 4 A, NF=96 olarak kaydetmişlerdir.

Monteiro ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada *Iberochondrostoma almaçai*'nin kromozom sayısının $2n=50$ ve NF=94, kromozom morfolojisinin 7 çift M, 15 çift

SM-ST ve 3 çift A olduğunu bildirmiştir. Ayrıca *I. lusitanicum*'un kromozom sayısını $2n=50$; 7 çift M, 15 çift SM-ST, 3 çift A-T ve NF=94 olarak bulmuşlardır.

2.2.2. C-bantlama

Kromozom kolları, kromozoma özgü boyalarla farklı konsantrasyonda, her bir kromozom için karakteristik bir model olan açık ve koyu bantlar halinde boyanırlar. Kromozomlarda en çok çalışılan iki bant tipi mevcut olup bunlar heterokromatik ve ökromatik bantlardır. Heterokromatin ökromatik kısma göre farklı bir yoğunlaşma/çözülme devresi gösteren kromatin kısımdır. Heterokromatin, fakültatif ve konstitütif heterokromatin olmak üzere ikiye ayrılır. Fakültatif heterokromatin, genomik kompozisyon bakımından ökromatinden farklı değildir. Bazı durumlarda, ökromatin ile aynı anda yoğunlaşma gösterirken bazen farklı devrelerde yoğunlaşır. Konstitütif heterokromatin ise, yoğunlaşma devresi ökromatinin yoğunlaşma devresiyle sürekli olarak farklılık gösteren heterokromatindir. Genellikle çok tekrarlayan DNA bakımından zengin olup, baz kompozisyonu bakımından genomun geri kalan kısmından farklıdır. Bu özellikleri, konstitütif heterokromatinin Giemsa gibi boyalarla ayırt edilmesini sağlamaktadır. Heterokromatinde repetitif yani tekrarlayan DNA dizileri mevcuttur. Araştırmacılar ökaryotik genomun büyük bir kısmının repetitif DNA'dan yani belli bir diziden oluşan segmentin peş peşe veya tek kopya DNA dizileri arasında yüzlerce-binlerce kez tekrarlanmasıyla oluştuğunu açıklamışlardır. Repetitif DNA iki kategoride bulunur. Bunlardan biri dizilerin 100 baz çiftinden daha kısa fakat 10^5 - 10^7 kez peş peşe tekrarlandığı, çok tekrarlayan DNA'dır. Diğeri ise en az 1000 baz çifti uzunluğunda ve 10^2 - 10^4 gibi orta derecede tekrarlayan DNA'dır. Bu DNA genom içinde dağılmış halde bulunurken, çok tekrarlayan DNA ise belli bölgelerde lokalize olmuştur. C-bantları ile bu tipteki DNA bölgeleri belirlenmektedir. C-bandı olarak bilinen konstitütif heterokromatin bölgeleri kromozom markırları olarak faydalıdır. Bu bantların dağılışı türler için karakteristik bir özelliktir (Karasu, 2009).

Birçok C-bant metodu hafif asit muamelesi, baz denatürasyonu ve sıcak tuzda inkübasyona dayalıdır. Genetik olarak durgun kromozom bölgelerini boyayan bir metoddur. C-bantların oluşmasından DNA denatürasyonu ve re-annealing sorumlu

tutulmaktadır. Balık kromozomlarındaki C-bantlamada üzerinde durulan ilk nokta heterokromatinin varlığı ve lokasyonudur. Birçok durumda C-bantlar kromozom boyunca sentromerik ve telomerik bölgelerde dağılır. Ayrıca, bu bantlar kromozom kolları boyunca ve akrosentrik kromozomların kısa kolunda da gözlenebilmektedir. C-bantlama homolog kromozomları tanımlamada ve birçok durumda eşey kromozomların tanımlanmasında yararlıdır (Karasu, 2009).

Garra rufa türünün Mersin, Hatay, Kahramanmaraş ve Sivas popülasyonlarında Karahan ve Ergene (2009) tarafından yapılan karyolojik çalışmada *G. rufa* Mersin popülasyonunun C-bant dizisinde 1. kromozom kolunda 3 bant bölgesi, 2., 4., 6., 9., 13. kromozom kollarında 2 bant bölgesi, 5., 7., 8., 11., 12., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 22., 23. kromozom kollarında 1 bant bölgesi; *G. rufa* Hatay popülasyonunda C-bantlama sonucu 1. kromozom kollarında 4 bant bölgesi, 2., 4., 6., 12., 18. kromozom kollarında 2 bant bölgesi ve 9., 10., 11., 13., 14., 21. kromozom kollarında 1 bant bölgesi, 13. submetasentrik kromozomun uzun kolunda oldukça büyük bir heterokromatin bölge; *G. rufa* Kahramanmaraş popülasyonunda C-bant pozitif heterokromatik bölgelerin sentromerik ve perisentromerik konumlu olduğu, belirgin C-bant bölgelerinin birçok kromozomun sentromerik bölgelerinde, 1. ve 13. metasentrik kromozomun uzun kollarının interstisyel bölgelerinde, 1. kromozomun kollarında 4 bant bölgesi, 17. kromozomun kollarında 3 bant bölgesi, 3., 5., 6., 8., 9., 10., 11., 12., 13., 22. kromozom kollarında 2 bant bölgesi, 4., 7., 14., 18., 20., 21. kromozom kollarında 1 bant bölgesi ve en büyük heterokromatin bölgesinin 14. metasentrik kromozom olduğu; *G. rufa* Sivas popülasyonunda C-bant pozitif heterokromatin bölgelerinin sentromerik konumlu dağıldığı, 1. kromozom kollarında 3 bant bölgesi, 2., 3., 4., 7., 9., 12., 13., 15., 16., 17. kromozom kollarında 2 bant bölgesi, 6., 10., 11., 18., 19., 22., 23., 24. kromozom kollarında 1 bant bölgesi tespit edilmiştir (Karahan ve Ergene, 2009).

Leuciscus borysthenticus'un bütün metasentrik kromozom çiftlerinde ve submeta-subtelosentrik 4 çiftin (9., 11., 19. ve 22.) perisentromerik bölgelerinde heterokromatik bloklar tespit edilmiştir (Rab, 1996). *L. idus*, *L. cephalus* ve *L. leuciscus*'da ise kromozomların çoğunda sentromer bölgelerinde C-bant görülmüştür (Boron ve ark., 2009).

Aspius aspius'da en uzun subtelo-akrosentrik kromozom çiftinin kollarının ucunda C-bant görülmüştür (Rab ve Roth, 1990).

P. antalyae'de C-bantlı pozitif heterokromatik bölgelerin birçok kromozomda sentromerik olarak dağıldığı gözlenmiştir (Ergene ve ark., 2008).

Pereira ve ark.'larının 2009 yılında *Pseudochondrostoma duriense*, *P. polylepis* ve *Achondrostoma oligolepis* türlerinde yaptıkları karyolojik çalışma sonucu 3 türde 1. subtelo-akrosentrik ve 1. submetasentrik kromozomların uzun kollarında ve bazı metasentrik ve submetasentrik kromozomların kısa kollarında C-bant tespit edilmiştir (Pereira ve ark., 2009).

Iberchondrostoma lusitanicum'da heterokromatik bölgeler, Samarra örneklerindeki en büyük akrosentrik kromozom çiftinde 1 distal blok ve 2 büyük submetasentrik kromozom çiftinde birkaç küçük blok gibi bazı istisnalarla temelde sentromerik bölgelere lokalize olmuştur (Monteiro ve ark., 2009).

2.2.3. Nükleolus organizatör bölge (NOR)

Canlı hücrede protein sentezi ribozomlarda yapılmaktadır. Bu nedenle ribozomlara ve bir ribozom bileşeni olan rRNA'ya büyük çapta gereksinim duyulmaktadır. Bu bakımdan rRNA genlerinin genomda çok sayıda kopyası mevcuttur. İşte rRNA genlerinin çok sayıda tekrarlandığı kromozomun bu bölgesine çekirdekçik düzenleyici bölge ya da nükleolus organizatör bölge denir. Bu bölge çekirdekçiği oluşturmak üzere bağlı olduğu kromozomdan dışarıya doğru bir ilmek oluşturur. Böylece de yüksek oranda RNA üretilir. Çekirdekçik küre şeklindedir, yoğun olarak granüller, iplikçikler, histon ve non-histon proteinler bulundurulur. Nükleolus organizatör bölge (NOR) özel olarak boyanabilen bir bölgedir. Işığı kırar, bu özelliğinden dolayı çok belirgin bir şekilde görülür. Çekirdekçik farklı kromozomlar üzerindeki NOR'larda yerleşmiştir. Çekirdekçik hücre bölünmesi esnasında kaybolur ve kromozomal NOR merkezleri şekillenir. NOR'un etrafını yoğun filamentler çevreler. Bu filamentlere pars fibrosa denir (Gaffaroğlu, 2003).

Kromozom üzerindeki özel işaretleyici konumu nedeniyle genel olarak NOR'lar sistematik ve taksonomik işaretleyici olarak kullanılmıştır. Kromozomlarda bulunan NOR'lar gümüş nitrat ile yoğun olarak boyanmaktadır. Bu bölgeler akrosentrik kromozomların kısa kollarında ve satellitlerinde bulunmakta, koyu kahverengi veya siyah tonunda boya almaktadır. Kromozomlar üzerinde gümüşle boyanan NOR'ların 18S ve 28S ribozomal RNA genlerini gösterdiği düşünülmüştür. Tahmin edildiği üzere bir önceki interfazda kopyalanmıştır. Gümüş boyama; NOR ile ilgili nonhiston proteinin geçici olarak iyonik gümüş ile bağlanarak gümüşün indirgenmesi ile meydana gelen bir reaksiyondur (Pekol, 1999).

NOR boyama tıp alanında da kullanılmaktadır. Kromozomal NOR sayısının hücresel aktivite durumunu veya bu hücrelerin habis potansiyelini yansıttığı bildirilmiştir (Pekol, 2000).

NOR genellikle kromozomun kısa kolunun ucunda bulunur. Ancak uzun kolun ucunda, kromozomun ortasında veya sentromere bitişik olarak da bulunabilmektedir. Nükleolus organizatör bölgenin popülasyonlara, türe, alttüre ve hatta bireylere özgü yapısı, sayısı ve morfolojisi olabilir. Bu özelliklerinden dolayı NOR, varyasyonların karşılaştırılmasında, türleşmelerin belirlenmesinde ve izahında sık sık kullanılmaktadır. Kromozom sayı ve yapısındaki değişiklikler NOR sayı ve yapısını değiştirebilmektedir. Robertsonian translokasyonlarla NOR kayıpları olabilmektedir. Coğrafik izolasyon nedeniyle gen alışverişi sınırlı olan türlerde karyotip ve NOR çeşitliliği artmaktadır. Bu bakımdan bu türlerin küçük ancak izole popülasyonlarında bile farklı karyotiplere rastlanmaktadır (Gaffaroğlu, 2003).

Tür içi ve türler arası NOR heteromorfizminin dört katogoride 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”nin türler arası, “c” ve “d”nin tür içi heteromorfizmin belirlenmesinde kullanıldığı bildirilmiştir (Pekol, 1999; Gaffaroğlu, 2003).

Tür içi NOR heteromorfizminin değerlendirildiği başka bir çalışmada tür içi NOR heteromorfizmi 3 tipte tanımlanmıştır ki bunlar;

1. NOR boyu heteromorfizmi: Bu tipte homolog kromozomlarının NOR bölgeleri farklı büyüklüktedir.

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

3. NOR aktivite heteromorfizmi (Pekol, 1999; Gaffaroğlu, 2003).

Üç tip heteromorfizmden gümüş boyama tekniği ile NOR büyüklüğü ve NOR silinmesi ile ilgili heteromorfik durumların belirleneceği rapor edilmiştir. NOR aktivite heteromorfizminin ise kromomiyosin A₃ (CMA₃) gibi özel boyalar ile belirlenebileceği belirtilmiştir (Amemiya ve Gold, 1986).

John ve ark.’ları 1993 yılında *Labeo* cinsinin *L. rohita*, *L. calbasu* ve *L. bata* türlerinde yaptıkları çalışmada NOR’ların 3 türde de orta büyüklükteki submetasentrik kromozomların kısa kollarının uç kısımlarına yerleştiğini tespit etmişlerdir. NOR’lar *L. rohita* ve *L. bata*’da 11. çift kromozomda, *L. calbasu*’da 9. çift kromozomda gözlenmiştir (John ve ark., 1993).

Leuciscus borysthenicus’un orta büyüklükteki submeta-subtelosentrik 1 çift kromozomun kısa kollarının ucunda NOR gözlenmiştir (Rab ve ark. 1996a).

Garra rufa türünün Mersin populasyonunda 15. submetasentrik kromozom çiftinin terminal bölgesinde ve 20. çiftin subtelosentrik kromozom çiftinin kısa kollarında; Hatay populasyonunda 21. subtelosentrik kromozomun kısa kolunun terminal bölgesinde; Kahramanmaraş populasyonunda metasentrik X kromozomunun kısa kolunda; Sivas populasyonunda 3., 4., 5., 9. metasentrik kromozomların terminal bölgesinde ve 17. submetasentrik kromozomun kısa kollarında Ag-NOR tespit edilmiştir (Karahana ve Ergene, 2009).

Iberchondrostoma almacai ve *I. lusitanicum* türlerinde yapılan karyolojik çalışmada *I. almacai*'nin genellikle 2. submetasentrik kromozom çiftinde ve nadiren de 1 küçük submetasentrik kromozom çiftinin kısa kollarında NOR tespit edilmiştir. Ayrıca bazı populasyon polimorfizmleri de bulunmuştur: Arade örneklerinde 1-3 adet NOR ve Mira populasyonunda maksimum 2 adet NOR tespit edilmiştir. *I. lusitanicum*'da 2. submetasentrik çiftin ve 1 küçük submetasentrik çiftin kısa kollarında NOR gözlenmiştir. Tüm populasyonda gözlenen varyasyonda 1-4 adet kadar NOR olmasına rağmen istisnai Tejo 1 populasyonunda genellikle 3-4 adet NOR tespit edilmiştir (Monteiro ve ark., 2009).

Achondrostoma oligolepis'de çoğunlukla 3., 5. ve 6. submetasentrik kromozom çiftlerinde, CMA₃ boyamanın verdiği 4-6 pozitif sinyalle NOR belirlenmiştir. Sinyallerin tamamı 5. submetasentrik çift hariç kromozomların kısa kollarında lokalize olmuştur. *Pseudochondrostoma duriense* bireylerinin 3. ve 6. kromozom çiftinin kısa kollarında NOR tespit edilmiştir. *P. polylepis*'de genellikle sadece 1 kromozom çiftinde (3. submetasentrik) NOR gözlenmiştir (Pereira ve ark., 2009).

3. MATERYAL VE METOD

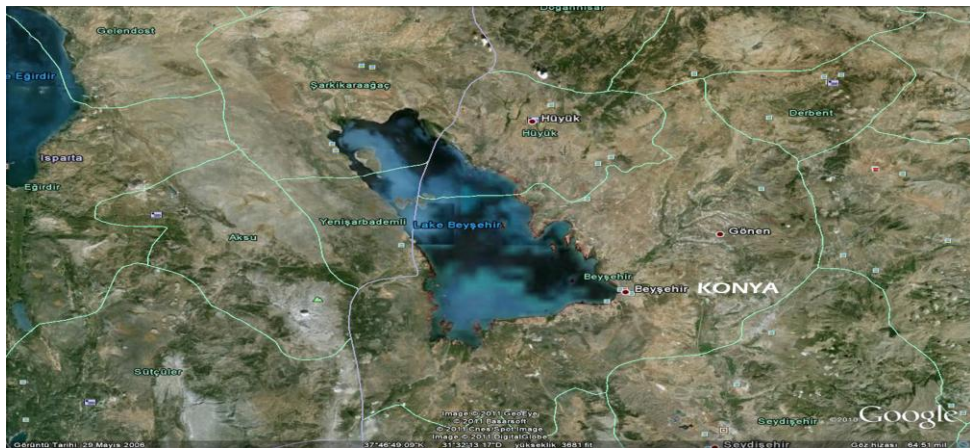
3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının özellikleri

Beyşehir Gölü, Türkiye'nin ikinci büyük gölü olup İç Anadolu'nun batısına yakın, Konya ile Isparta arasında yer almaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 1121 m ve yüzölçümü 651 km² olan gölün kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzunluğu 50 km olup, buna dik doğrultudaki genişliği ise yaklaşık 18-20 km arasındadır. Suları tatlı olup, derinliği en çok 10 m civarındadır. Kirlilik yok denecek kadar azdır.



Harita 3.1. Türkiye Haritası



Harita 3.2. Örneklerin alındığı yer ve araştırma alanının ayrıntısı

3.1.2. Örneklerin toplanması ve değerlendirilmesi

Mayıs 2010 ile Ekim 2010 tarihleri arasında yapılan arazi çalışmalarında, Konya ili, Beyşehir ilçesi, Yenice Köyü (37°52' kuzey, 31°35' doğu) (Harita 3.1, Harita 3.2) civarındaki drenajdan 4 erkek ve 4 dişi olmak üzere toplam 8 *Squalius anatolicus* örneği yakalandı (Resim 3.1). Balıkçılar tarafından ağ ile yakalanan örnekler akvaryum havalandırmalı özel taşıma bidonları ile laboratuvara getirildi.



Resim 3.1. *Squalius anatolicus* (Bogutskaya, 1997)'un görünüşü

3.1.3. Kullanılan kimyasal maddeler

1. Fitohemaglutinin Çözeltisi: 0,1 g fitohemaglutinin 100 ml bidistile suda çözülerek hazırlandı.
2. Kolşisin çözeltisi: 0,1 g kolşisin, 100 ml bidistile suda çözülerek hazırlandı.
3. KCl çözeltisi: 0,558 g potasyum klorür 100 ml distile suya tamamlanarak hazırlandı.
4. Fiksasyon çözeltisi: 3 kısım metanol, 1 kısım asetik asit ile karıştırılarak hazırlandı.

5. Söransan fosfat tamponu (pH 6,8, 0,01 M):

A stok çözeltisi: Disodyum hidrojen fosfat (iki sulu)'tan 9,073 g tartıldı, distile suda çözülerek son hacmi 1000 ml'ye tamamlandı.

B stok çözeltisi: Potasyum dihidrojen fosfattan 11,879 g tartılarak son hacmi distile su ile 1000 ml'ye tamamlandı.

Çalışma çözeltisi: 53,4 ml A stok çözeltisi ile 46,6 ml B stok çözeltisi karıştırıldı.

6. Giemsa boya çözeltisi: 20 ml Giemsa 80 ml Söransan fosfat tamponu ile karıştırılarak hazırlandı.

7. Dehidrasyon sıvıları: 2 aseton banyosu, 1:1 oranında aseton–ksilol banyosu ve 2 ksilol banyosu.

8. Kolloidal geliştirici çözelti: 2 g jelatin 100 ml deiyonize suya tamamlandı ve üzerine 1 ml formik asit eklendi.

9. Sulu gümüş nitrat çözeltisi: 1 g gümüş nitrat 2 g deiyonize suda eritildi ve filtre kağıdı ile süzüldü.

10. Sodyum tiyosiyanat çözeltisi: 5 g sodyum tiyosülfat 100 ml distile suda çözüldü.

11. HCl çözeltisi (0,2 N): 1000 ml distile suya 16,6 ml hidroklorik asit konularak hazırlandı.

12. Ba(OH)₂ çözeltisi: 5,3 g baryum hidroksit 100 ml distile su ile karıştırılarak hazırlandı.

13. 2XSSC çözeltisi: 17,53 g sodyum klorür (0,3 M) 100 ml bidistile suda, 8,823 g sodyum sitrat-iki hidrat bidistile suda ayrı ayrı çözüldü ve iki çözelti birbiriyle karıştırıldı.

3.2. Metodlar

3.2.1. Havada kurutma tekniği ve karyotip hazırlanması

Balık örneklerinin karyolojik analizi için Collares-Pereira (1992)'nin "Havada Kurutma" tekniği kullanıldı. Öncelikle balıklar laboratuvar ortamına uyum sağlamları için 1 hafta akvaryumda bekletildi. Balıklara intraperitoneal olarak 1 g vücut ağırlığı için 0,01 ml, % 0,1'lik kolşisin enjekte edildi. Enjeksiyondan 2-2,5 saat sonra balıklar disekte edildi. Balıkların gonadlarından eşey tayini yapıldı. Balıkların böbrek arteriyoları çıkarılarak bir miktar 0,075 M KCl konulmuş saat camları içerisinde bistüri yardımı ile her örnek 5'er dakika süreyle kıyılarak homojenize edildi. Elde edilen doku konik uçlu santrifüj tüplerine konuldu ve iyi bir süspansiyon elde etmek için tüpler vortekste karıştırıldı. Tüpler 37°C'de 30 dakika inkübasyona bırakıldı. İnkübasyondan sonra tüpler 2000 RPM'de 15 dakika santrifüj edildi. Süpernatant, tüpün dibinde toplanan hücre yığınının dağılmasına dikkat edilerek pipetle atıldı. Tüplere taze olarak hazırlanmış ve +4°C'ye soğutulmuş 3:1 oranında metanol-glasiyel asetik asit fiksatifinden (Carnoy çözeltisi) 5 ml eklendi. Daha sonra hücrelerin fikse olması için oda ısısında 30 dakika bekletildi. Fiksasyon süresi dolduktan sonra tüpler 1000 RPM'de 10 dakika santrifüj edildi. Süpernatant yine dikkatlice atıldı, yerine 5 ml fiksatif eklendi. Bu yıkama işlemi toplam olarak 5 kez tekrarlandı. Son yıkama işleminden sonra hücreler 3 ml fiksatif içinde süspanse edildi. Daha önceden temizlenmiş ve buzdolabında +4 dereceye soğutulmuş olan lamalar üzerine hücre süspansiyonu bir pipet yardımıyla damlatılarak her örnekten 10 preparat hazırlandı. Hazırlanan preparatlar 1 gün süreyle kurumaya bırakıldı. 1. gün sonunda preparatların bir kısmı pH 6,8'deki Söransan tamponuyla hazırlanmış % 10'luk Giemsa çözeltisinde 15 dakika boyandı. Preparatların bir kısmı ise gümüş boyama için ayrıldı. Preparatlar, boyama işlemi takiben her birinde 1 dakika tutmak suretiyle 2 aseton, 1 ksilol-aseton ve 2 ksilol banyosundan geçirildi. Hazırlanan preparatlar entellan ile kapatıldı (Gaffaroğlu, 2003).

Karyotip için hazırlanan preparatlar, Leica DM LB araştırma mikroskopunda tarandı ve 100'lük objektifte metafaz alanlarının fotoğrafları çekildi. Kromozomlar, fotoğraflar üzerinde dijital kumpasla ölçülerek numaralandırıldı. Daha sonra bir

makas yardımı ile fotoğraftaki kromozomlar teker teker kesilerek Denver sistemine göre düzenlendi. Kesilen kromozomlar sentromerleri hizasında, kısa kollar üstte kalacak şekilde, kromozom morfolojilerine göre gruplandırılarak resim kağıdına soldan sağa, büyükten küçüğe doğru eşleştirilip yapıştırıldı. Sentromer indeksleri (CI), kol oranları, nispi uzunlukları, kol sayıları (temel sayı) hesaplandı. Kromozomlar Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırıldı.

Sentromer İndeksi aşağıdaki şekilde hesaplandı:

$$\text{Sentromer İndeksi (CI)} = \frac{\text{Kısa kol uzunluğu}}{\text{Kromozomun nispi uzunluğu}} \times 100$$

Kol oranının hesaplanması şu şekilde yapıldı:

$$\text{Kol oranı} = \frac{\text{Kromozomun uzun kol uzunluğu}}{\text{Kromozomun kısa kol uzunluğu}}$$

Kromozomlardan kol oranı; 1:1,1'den az olanlar metasentrik, kol oranı; 1:1,1 ile 1: 1,9 arası olanlar submetasentrik, kol oranı; 1:2 veya daha büyük olanlar subtelosentrik, ikinci kolu görülemeyenler akrosentrik/telosentrik (Çizelge 3.1.) olarak değerlendirildi (Gaffaroğlu, 2003). Çalışmamızda metasentrik ve submetasentrik kromozomlar iki kollu, subtelosentrik ve akrosentrik kromozomlar ise tek kollu olarak kabul edilip, kol sayısı buna göre hesaplanmıştır.

Nispi uzunluk ise şu şekilde hesaplandı:

$$\text{Nispi uzunluk} = \frac{\text{Kromozomun toplam uzunluğu}}{\text{Haploid takımdaki kromozomları toplam uzunluğu}} \times 100$$

Çizelge 3.1. Sentromer pozisyonuna göre kromozomların sınıflandırılması

Sentromer Pozisyonu	Kromozom Tanımı	Kromozom Sembölü	CI Sınırı
Ortada	Metasentrik	M	46–49
Ortadan az kaymış	Submetasentrik	SM	36–45
Bir uca daha yakın	Subtelosentrik	ST	26–35
Uçta	Akro(telo)sentrik	A (T)	15–30

3.2.3. C-bantlama tekniği

Hazırlanmış olan preparatlara C-bantlama yapmak için Sumner (1972)'in tekniği kısmen modifiye edilerek kullanıldı.

1. Preparatlar oda sıcaklığında şale içerisindeki 0,2 N HCl'de 60 dakika bekletildi.
2. Preparatlar 50°C'de Ba(OH)₂'de 20 dakika inkübe edildi.
3. Preparatlar 2XSSC'de 2 saat inkübe edildi.
4. İnkübasyondan sonra preparatlar pH 6,8'deki Sörensan tamponuyla hazırlanmış % 10'luk Giemsa çözeltisinde 10 dakika boyandı.
5. Yıkanan ve kurutulan preparatlar entellan ile kapatılarak daimi preparat haline getirildi.

C-bant metodu uygulanan preparatların taranması yapıldı. Uygun metafazların fotoğrafları çekildi ve C-bant pozitif olan kromozomlar işaretlendi.

3.2.4. NOR boyama tekniği

Hazırlanmış olan preparatlardan gümüş boyama yapmak için Howell ve Black (1980)'in "a 1-step" tekniği kısmen modifiye edilerek kullanıldı.

1. Preparatların üzerine 70 mikrolitre koloidal geliştirici çözelti ve 140 mikrolitre sulu gümüş nitrat çözeltisi damlatıldı.
2. Preparatların üzeri lamelle kapatıldıktan sonra 70°C'deki etüve konuldu.
3. Preparatın rengi altın kahverengiye dönüşünce etüvden çıkarıldı ve üzerindeki lamel kaldırıldı (yaklaşık 3 dakika).
4. Preparat önce çeşme suyunda daha sonra distile suda iyice yıkandı ve kurumaya bırakıldı.
5. Preparatlar pH 6,8'deki Söransan tamponuyla hazırlanmış % 10'luk Giemsa boyasında 15 dakika bekletildi.
6. Yıkanan ve kurutulan preparatlar entellan ile kapatılarak daimi preparat haline getirildi.

NOR boyama için daha önce hazırlanmış olan preparatlar bahsedildiği gibi gümüş boyama yöntemiyle boyandıktan sonra, preparatların taranması yapılarak NOR sayısında güvenilirlik sağlandı. NOR'lar sarı boyanmış kromozomlar üzerinde koyu boyalı bölgeler halinde görüldü. Uygun metafazların fotoğrafları çekildi ve NOR taşıyan kromozomlar işaretlendi.

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

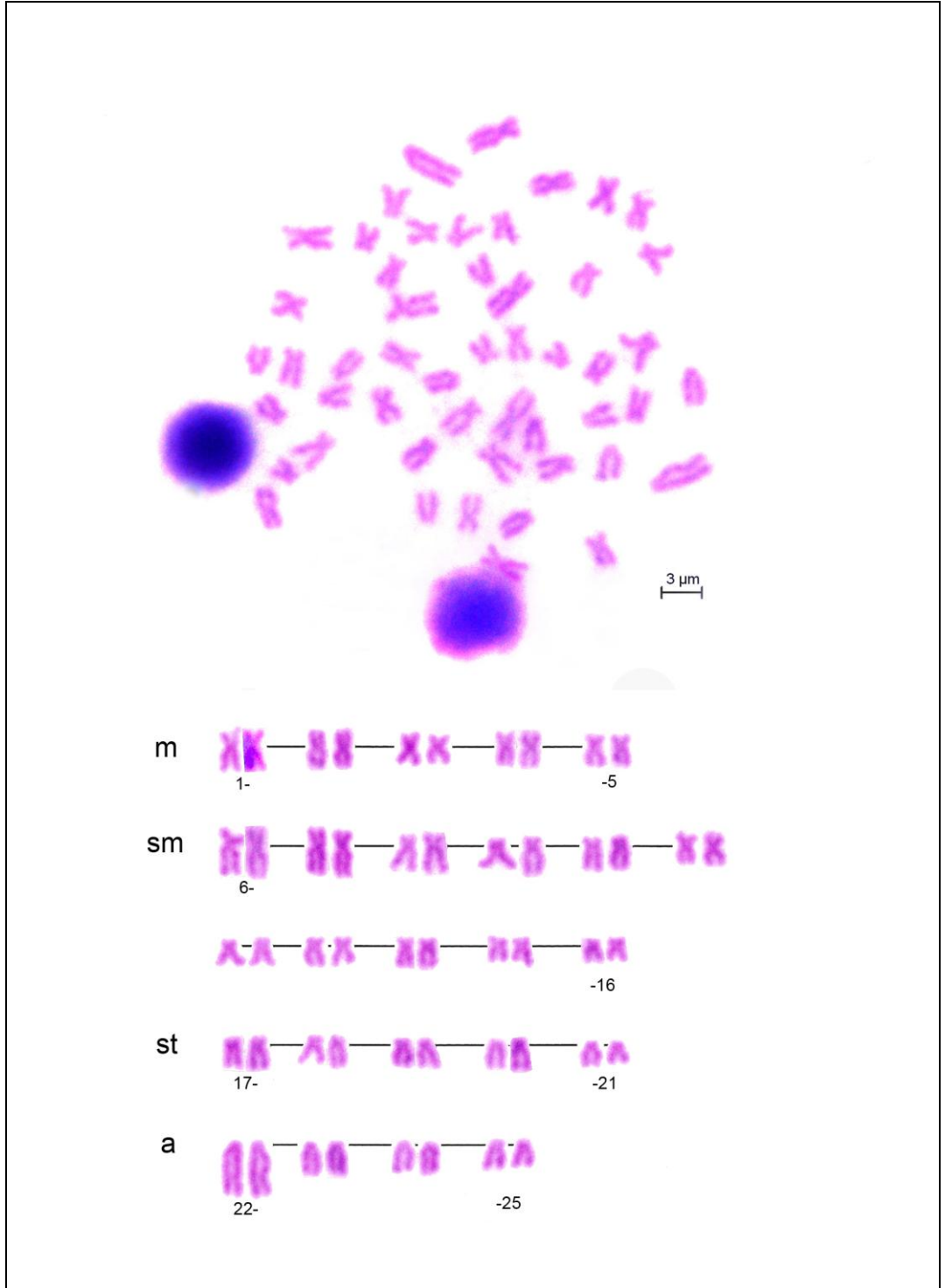
Bu çalışmada Beyşehir Gölü'nde yaşayan Cyprinidae familyasına ait *Squalius anatolicus*'un diploid kromozom sayısı, kol sayısı ve kromozom morfolojisi tespit edilmiştir.

4.1.1. Karyotip analizi

Squalius anatolicus türünün karyolojisini belirlemek amacıyla hazırlanan preparatlardan toplam 411 metafaz plağı incelenmiştir. İncelenen metafaz plaklarında bu türün diploid kromozom sayısının $2n=50$ olduğu tespit edilmiştir. Kromozom morfolojisinin 5 çift M, 11 çift SM, 5 çift ST, 4 çift A kromozomdan oluştuğu ve $NF=82$ olduğu net olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1., Şekil 4.1.). Eşey kromozomları farklılaşması görülmemiştir.

Çizelge 4.1. *Squalius anatolicus*'un karyotip analizi

Tür	Örnek sayısı	Metafaz sayısı	Diploid sayı (2n)	NF	Kromozom morfolojisi			
					M	SM	ST	A
<i>Squalius anatolicus</i>	8	411	50	82	5	11	5	4



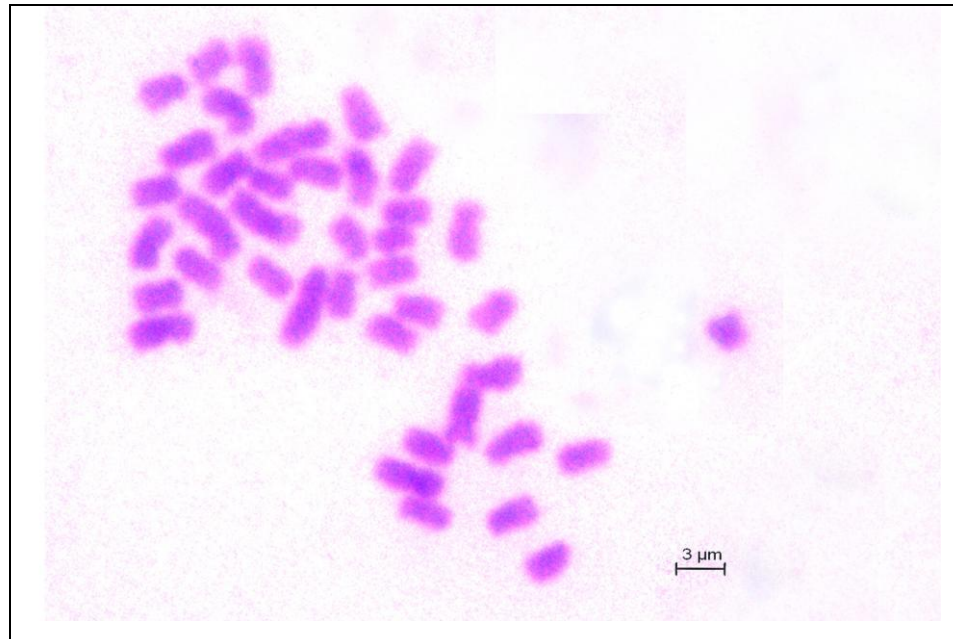
Şekil 4.1. *Squalius anatolicus*'un metafaz plağı ve karyotipi

4.1.2. C-bant analizi

C-bantlama ile birçok kromozomun sentromerinde konstitüif heterokromatin bölge tespit edilmiştir (Şekil 4.2.a, Şekil 4.2.b).



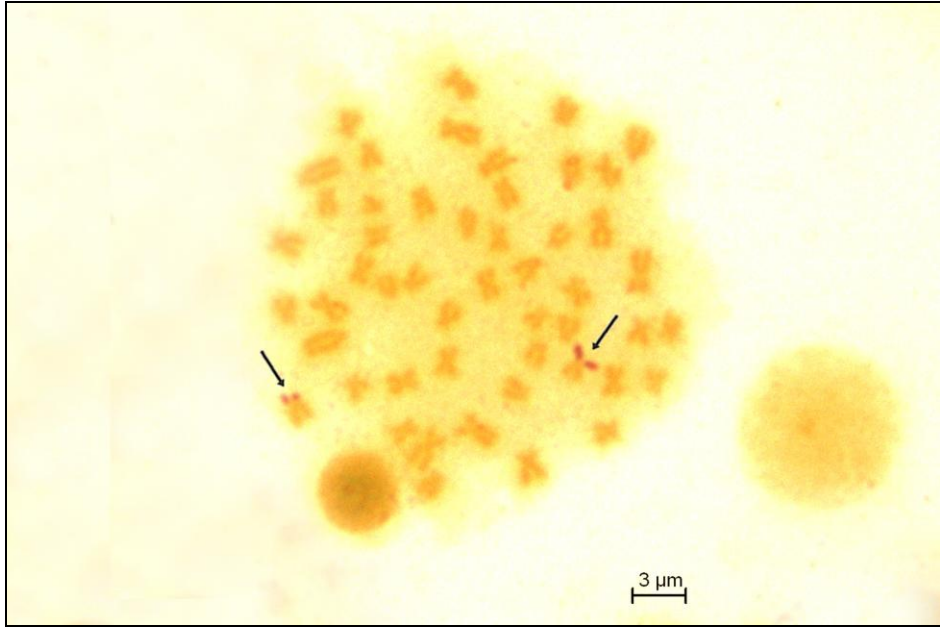
Şekil 4.2.a. *Squalius anatolicus*'un C-bantlı metafaz plağı



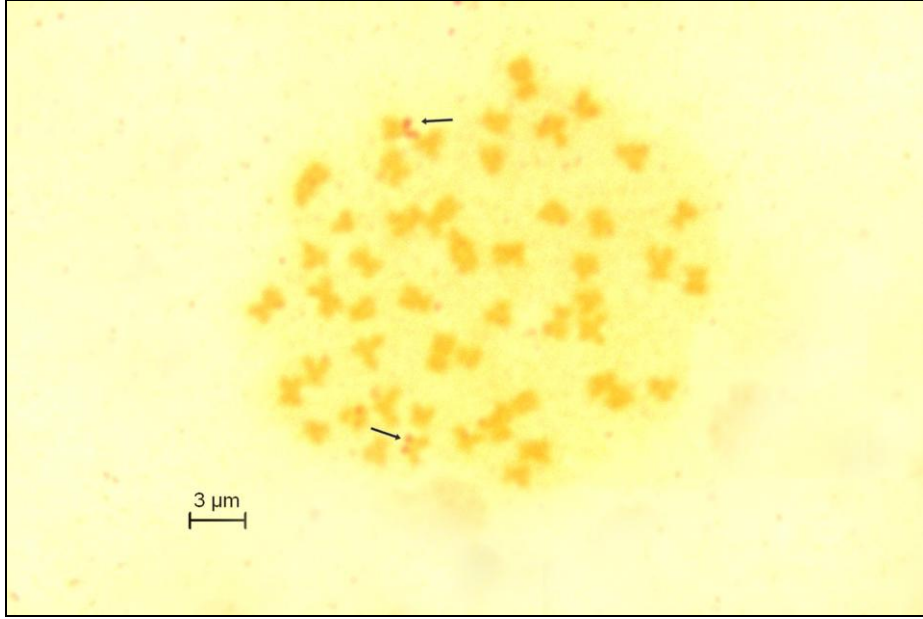
Şekil 4.2.b. *Squalius anatolicus*'un C-bantlı metafaz plağı

4.1.3. NOR analizi

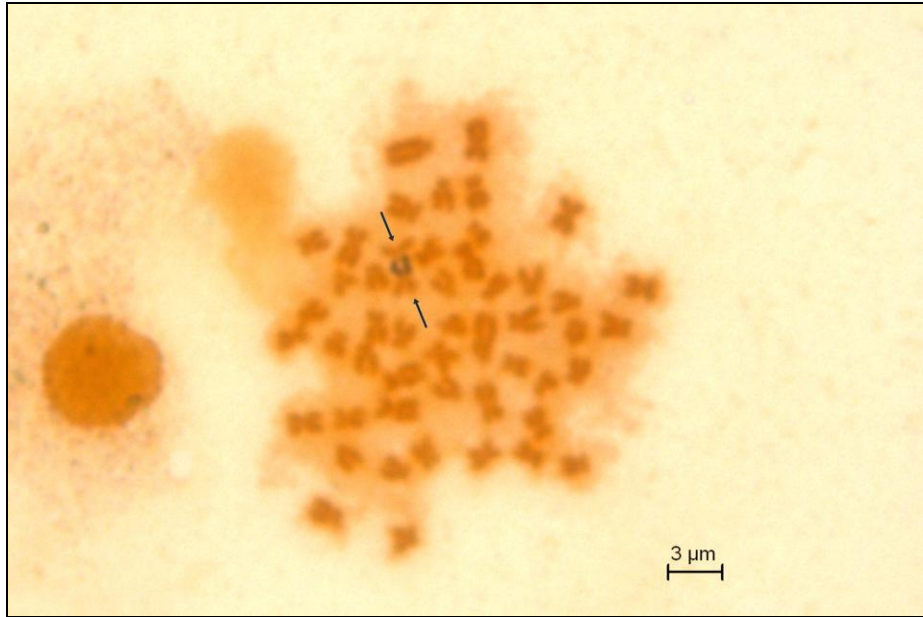
Bir çift büyük submetasentrik kromozomun kısa kollarında NOR gözlenmiştir. Bu çiftlerden birinde NOR kromozomun kısa kolunun tamamında gözlenirken, diğesinde kısa kolun sadece ucunda bulunduğu tespit edilmiştir. Gümüş nitrat ile boyanmış 220 metafaz plağı incelenmiştir. Bu incelemeler NOR'lardan birinin diğlerinden her zaman büyük olduğunu göstermiştir. Ölçümler sonucu, her metafaz plağındaki NOR'lar arası büyüklük oranının ortalaması 1,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3.a, Şekil 4.3.b). Bazı metafazlarda ise dikkat çekecek şekilde NOR'lu kromozomların karşı karşıya geldikleri gözlenmiştir (Şekil 4.3.c).



Şekil 4.3.a. *Squalius anatolicus*'un metafaz plağında NOR



Şekil 4.3.b. *Squalius anatolicus*'un metafaz plağında NOR



Şekil 4.3.c. *Squalius anatolicus*'un metafaz plağında NOR

4.2. Tartışma

Doadrio ve Carmona (1998), çalışma materyalimiz olan *Squalius anatolicus*'un *Leuciscus* olarak bilinen cinsinin geçerli isminin *Squalius* olduğunu ve *Leuciscus*'un *Squalius*'un sinonimi olduğunu yayınlamışlardır. Bogutskaya (1997) Beyşehir Gölü'nde yaşayan *Squalius* populasyonunun *Squalius cephalus*'tan farklı bir tür olduğunu belirtmiş ve bu populasyonu *Squalius anatolicus* olarak kaydetmiştir.

Yaptığımız çalışmada *Squalius anatolicus*'un kromozom sayısı 5 çift M, 11 çift SM, 5 çift ST, 4 çift A olmak üzere $2n=50$ ve $NF=82$ olarak bulunmuştur. Tür ve populasyon içinde, eşeyler ve bireyler arasında karyotip çeşitliliğine rastlanmamıştır. Takımdaki akrosentrik kromozomların sayısı en az (4 çift), submetasentrik kromozomların sayısı ise en fazladır (11 çift).

Rab ve Collares-Pereira (1995) Avrupa *Leuciscinae* Cyprinidlerinin kromozom sayısının $2n=50-52$ ile karakterize olduğunu, karyotip morfolojilerinin 6-8 çift M, 12-14 çift SM ve 2-4 çift ST-T kromozomdan oluştuğunu tespit etmişlerdir. Amemiya ve Gold (1990) ise Kuzey Amerika Cyprinidlerinin karyotip morfolojisinde türlerin %90'ının diploid kromozom sayısının $2n=50$ olduğunu fakat bu sayının 48-52 arasında ve diploid kromozom kol sayısının da 80 ve 100 arasında değişebildiğini belirlemişlerdir. Cyprinidlerle ilgili bu belirleme diploid kromozom sayısı ve sentromerlerine göre kromozom gruplarının takım içerisindeki dağılımı esas alındığında bizim bulgularımızı desteklemektedir.

Genel olarak cyprinidlerin karyotipi median pozisyondan terminal pozisyona doğru kademeli bir şekilde küçülerek sıralanır (Rab ve Collares-Pereira, 1995). Bizim çalışmamızda da karyotip bu şekilde sıralanmıştır.

Leuciscus türleri ile yapılan çalışmalarda; *Leuciscus borysthenticus*'un diploid kromozom sayısı $2n=50$ olmak üzere 8 çift M, 14 çift SM-ST, 3 çift A kromozomdan oluştuğu ve $NF=94$ olduğu (Rab ve ark. 1996a), *L. carotitertii*'de 6 çift M, 15 çift ST, 4 çift A kromozom olmak üzere $2n=50$, *L. pyrenacius*'da 6 çift M, 16 çift ST, 3 çift A kromozom olmak üzere $2n=50$ olduğu ancak *L. carotitertii* kromozomlarının

stabilken *L. pyrenacius* kromozomlarının değişken olabildiği (Collares-Pereira ve ark., 1998), *L. idus*'ta kromozom sayısının $2n=50$; 5 çift M, 13 çift SM, 3 çift ST, 4 çift A ve NF=86 olduğu, *L. leuciscus*'ta diploid kromozom sayısının 6 çift M, 12 çift SM, 4 çift ST, 3 çift A olmak üzere $2n=50$ ve NF=86 olduğu (Boron ve ark., 2009), *L. l. kirgisorum*, *L. schmidti* ve *L. bergi*'de kromozom sayısı $2n=50$; 9 çift M, 11 çift SM, 5 çift A ve NF=90 olduğu tespit edilmiştir (Mazik ve ark., 1986). Analiz edilen *Leuciscus* türlerinin hepsinde metasentrik kromozom sayıları, *L. leuciscus* ve *L. idus* cinslerinde ise takımdaki submetasentrik kromozomların diğer kromozomlardan fazla olması ve kol sayısı bu çalışmada elde ettiğimiz bulgular ile benzerlik göstermektedir. *L. cephalus* türünde ise farklı araştırıcılar farklı bulgular saptamıştır; Al-Sabti (1986) $2n=50$ olmak üzere, karyotip morfolojisini 17 çift M-SM, 8 çift ST-T ve NF=84 olarak bulurken, Boron ve ark. (2009) $2n=50$ olmak üzere, karyotip morfolojisini 5 çift M, 11 çift SM, 5 çift ST, 4 çift A ve NF=82 olarak tespit etmişlerdir. Boron ve ark. (2009)'larının çalışmasındaki karyotip morfolojisi bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir. Bu sonuçlar *Leuciscus cephalus* ile *Squalius anatolicus*'un aynı tür olabileceğini düşündürmektedir.

Barbus kerstenii'de kromozom sayısı $2n=50$, kromozom morfolojisi 17 çift M-SM, 8 çift A ve NF=84, *B. ablables*'de $2n=50$; 9 çift M, 15 çift SM, 1 çift ST-A ve NF=96, *B. macrops*'ta $2n=50$; 7 çift M, 14 çift SM, 4 çift ST-A ve NF=92 olarak tespit edilmiştir (Rab ve ark., 1995). Bu alışma *B. kerstenii*'nin kol sayısı ve A kromozomlarının azlığı ile çalışmamızdaki bulgulara benzerken, *B. macrops*'da ST ve A kromozomların ayrı verilmemesi bakımından farklılık göstermektedir.

Avrupa ile Rusya'da yaşayan *Aspius aspius*'ta 7 çift M, 14 çift SM, 4 çift ST-A olmak üzere $2n=50$ ve NF=92 olarak bulunmuştur (Rab ve ark., 1990). Kromozom morfolojisinde metasentrik ve subtelo-akrosentrik kromozom gruplarının takımın en az kromozom çiftlerine sahip olması bakımından bizim çalışmamıza benzemektedir. Bununla birlikte bizim çalışmamızda subtelosentrik ve akrosentrik kromozom gruplarının ayrımı yapılmıştır.

Vervoort (1980)'un yaptığı bir çalışmada *Caecobarbus geertsii*'nin kromozom sayısı $2n=50$, kromozom morfolojisi ise 6 çift M, 14 çift SM ve 5 çift ST olarak

tespit edilmiştir. Bu çalışmadaki SM kromozom sayısının M ve ST kromozomlardan fazla olması bulgularımıza benzerken, akrosentrik kromozom bulundurmaması bizim çalışmamız ile farklılık göstermektedir.

Scardinus erythrophthalmus'da kromozom sayısı $2n=50$ olmak üzere 24 çift M-SM ve 1 çift M kromozomdan oluştuğu bulunmuştur (Koehler ve ark., 1995). Bu çalışmadaki kromozom sayısı bulgularımızla aynı iken kromozom morfolojileri farklılık göstermektedir. Bizim çalışmamızda ST ve A kromozomlar da bulunmaktadır.

John ve ark. (1993)'ları *Labeo* türünde yaptıkları bir çalışmada *Labeo rohita*'da 5 çift M, 7 çift SM, 3 çift ST ve 10 çift A kromozom olmak üzere $2n=50$, *L. calbasu*'da 5 çift M, 5 çift SM, 7 çift ST ve 8 çift A olmak üzere $2n=50$, *L. bata*'da ise 9 çift M, 6 çift SM, 4 çift ST ve 6 çift A olmak üzere $2n=50$ olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmadaki kromozom morfolojileri, metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik kromozomların takım içindeki sayıca dağılımları bakımından bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Ancak bizim çalışmamızda subtelosentrik kromozomlar akrosentrik kromozomlardan fazladır.

Gaffaroğlu (2003) bazı cyprinid türlerinde yaptığı karyolojik analizler sonucu *Acanthobrama marmid*'in kromozom sayısının 6 çift M, 7 çift SM, 9 çift ST, 3 çift A olmak üzere $2n=50$ ve $NF=94$ olduğunu, *Chalcalburnus mossulensis*'in kromozom sayısını $2n=50$ olmak üzere 6 çift M, 8 çift SM, 5 çift ST, 6 çift A kromozomdan oluştuğunu ve $NF=88$ olduğunu, *Cyprinion macrostomus*'un kromozom sayısını 3 çift M, 12 çift SM, 6 çift ST, 4 çift A olmak üzere $2n=50$ ve $NF=92$ olduğunu tespit etmiştir. Çalışılan örneklerin karyotip morfolojileri bizim bulgularımıza benzemektedir.

Cyprinidae familyasında çeşitli kromozomal çalışmalara sık rastlansa da C-bantlama çalışmaları az sayıdadır. C-bantlama ile belirlenen heterokromatin farklılığı cyprinidlerin kromozom evölüsyonunda ve türlerin farklılaşmasında kullanılabilir. Sentromerik C-bantlar üç farklı tipe ayrılır: Birinci tipteki sentromerik C-bantlar tüm kromozomlarda benzer büyüklüklerde bulunur. İkinci tipteki sentromerik C-bantlar

çok az sayıda kromozomda bulunur ya da kromozomların hiçbirinde bulunmaz. Üçüncü tipteki sentromerik C-bantlar ise birçok kromozomda bulunmaktadır. Ayrıca bu bantlar farklı büyüklüğe ve boyanabilme özelliğine sahiptir. Birinci tip, çok sayıda salmonid balıklarında, *Oryzias* türlerinde, *Fundulus* türlerinde ve balistitlerde görülmüştür. İkinci tip bazı *Oryzias* türlerinde, *Beryx splendens*'de rapor edilmiştir. Üçüncü tip ise *Conger myriaster*, *Anago anago* ve *Parapercis sexfasciata*'da gözlenmiştir (Takai ve Ojima, 1988; Karasu, 2009). Bizim bulgularımızda C-bant birçok kromozomun sentromer bölgesinde tespit edilmiş olup üçüncü tipe dahil olmaktadır.

Leuciscus borysthenicus'un metasentrik kromozomlarının hepsinde ve SM-ST 4 kromozom çiftinin (9., 11., 19. ve 22.) perisentromerik bölgelerinde (Rab, 1996); *L. idus*, *L. cephalus* ve *L. leuciscus*'da kromozomların çoğunun sentromer bölgelerinde heterokromatik bloklar tespit edilmiştir (Boron ve ark., 2009). Bizim çalışmamız C-bantların sentromer bölgesinde olması bakımından Rab ve ark. (1996b)'ın çalışmasına, kromozomların çoğunda bulunması bakımından ise Boron ve ark. (2009)'larının çalışmasına benzemektedir.

Takai ve Ojima (1998)'nın 6 cyprinid türünde yaptığı C-bantlama çalışmasında; *Zacco platypus*'da bütün kromozomların sentromer bölgelerinde; *Z. temmincki*'de çok sayıda kromozom çiftinde, *Z. platypus*'a göre daha zayıf boyalı C-bantlar gözlenmiştir. *Ischilcavia steenackeri*'de bazı kromozomların sentromer bölgelerinde C-bant gözlenmiştir. *Sarcocheilichthys variegatus*'da en uzun metasentrik kromozomun uzun kolunda ve bazı kromozomların sentromer bölgelerinde C-banda rastlanmıştır. *Acheilognathus rhombeus*'da bütün metasentrik kromozomların ve küçük akrosentrik kromozomun sentromer kısımlarında C-bantlar belirlenmiştir. *Puntius conchoni*'de bütün kromozomların sentromerik kısımlarının C-bant içerdiği bildirilmiştir. Bu çalışmanın genelinde olduğu gibi bizim bulgularımızda da kromozomların çoğunda C-bant gözlenmiştir.

Iberchondrostoma lusitanicum'da heterokromatik bölgeler, bazı istisnalar dışında genel olarak bizim bulgularımızda olduğu gibi sentromerik bölgelere lokalize olmuştur (Monteiro ve ark., 2009).

NOR, genellikle subtelosentrik ve submetasentrik kromozomların kısa kollarının ucunda görülmesine rağmen, bazen subtelosentrik ve submetasentrik kromozomların uzun kollarının ucunda, metasentrik ve akrosentrik kromozomların kollarında, ayrıca telomer ile sentromerler arasında, sentromere bitişik durumda görülebilmektedir (Galetti ve ark., 1984). Bizim çalışmamızda da NOR'ların submetasentrik kromozomların kısa kollarında bulunması Galetti ve ark. (1984)'larının çalışmasını desteklemektedir.

Leuciscus borysthenicus'da orta büyüklükteki submeta-subtelosentrik kromozomun kısa kollarının ucunda (Rab ve ark. 1996a), *L. idus*'ta ise 2. en büyük submetasentrik kromozom çiftinin uzun kolunda 1 çift NOR gözlenmiştir (Boron ve ark., 2009). *L. idus*'ta NOR'ların submetasentrik kromozom çiftinde bulunması bakımından bizim bulgularımıza benzemektedir.

Amemiya ve Gold (1990) 7 Kuzey Amerikan Cyprinidinde NOR çalışması yapmıştır. *Notropis buchanani*, *N. maculatus*, *N. stramineus* ve *N. volucellus*'da 1 çift NOR'un, orta büyüklükte submetasentrik bir kromozomun ucuna, *Pteronotropis hubbsi*'de büyük bir subtelo-akrosentrik kromozomun kısa kolunun ucuna yerleştiği bulunmuştur. *P. signipinnis* ve *P. welaka*'da ise NOR'un orta büyüklükteki submetasentrik bir kromozomun kısa kolunun ucunda ve büyük bir subtelo-akrosentrik kromozomun kısa kolunun ucunda 1 çift bulunması bakımından NOR sayısınınca bu çalışma ile aynıdır.

Labeo rohita, *L. calbasu* ve *L. bata*'da 1 çift NOR orta büyüklükte submetasentrik kromozomun kısa kolunun ucunda lokalize olduğu tespit edilmiştir (John ve ark., 1993). Bu çalışmadaki *Labeo* türlerinde NOR'ların submetasentrik kromozom üzerinde bulunması bizim bulgularımızla benzerlik göstermektedir.

Boron (1995b) *Noemacheilus barbatulus*'da 1 çift NOR'u en büyük metasentrik kromozomun ucunda gözlerken, Polonya'da yaşayan *Cobitis taenia*'da orta büyüklükteki submetasentrik 1 çift kromozomun kısa kollarının ucunda olduğunu tespit etmiştir. Boron'un bu çalışmasındaki NOR sayıları bizim

bulgularımızla aynı iken *N. barbatulus* NOR'ların bulunduğu kromozom grubu bakımından farklılık göstermektedir.

Pseudochondrostoma polylepis'de genellikle sadece 1 çift submetasentrik kromozomda NOR gözlenmiştir (Pereira ve ark., 2009). Bu çalışma NOR sayısı ve NOR'un submetasentrik kromozom üzerinde bulunması bakımından bizim çalışmamıza oldukça benzemektedir.

Leporinus obtusidens ve *L. striatus*'un 1 büyük metasentrik çift homologunda; *L. fredirici*, *L. octofasciatus* ve *L. lacustrite*'nin büyük bir meta-submetasentrik kromozom çiftinde; *L. elongatus*'un 5. (submetasentrik kromozomun terminalinde), *Leporellus vittatus*'un 6. (metasentrik kromozom), *Schizodon nasutus*'un 12. kromozomunda (küçük metasentrik kromozomun ucunda) NOR tespit edilmiştir. Analiz edilen bütün türlerde 2 NOR gözlenmesine rağmen, NOR büyüklüğünde bazı varyasyonlar tespit edilmiştir. Bazı bireylerde NOR, homologunun 2 katı büyüklüğünde bulunmuştur (Galetti ve ark., 1984). Bizim çalışmamızda da 2 homolog kromozom arasında büyüklük farkı gözlenmiştir ve ölçümler sonucu NOR'ların büyüklük farkı oranının ortalaması yaklaşık olarak 1,6 olarak bulunmuştur. Bu nedenle bu çalışma bulgularımızla benzer niteliktedir.

Yapılan NOR çalışmalarında türler arası, tür içi hatta bireyler arası varyasyonlar olabildiği bildirilmiştir. Hatta farklı homolog kromozomlar üzerinde bulunan NOR'lar farklı büyüklükte olabilmektedir. Hatta bazı balıklarda aynı homolog kromozom üzerinde bulunan NOR'lar arasında hemen hemen 2 katına varan büyüklük farklılıkları görülebilir. NOR'ların bu ölçüde farklılık göstermesinin sistron sayısından ve transkripsiyonel aktivitedeki farklılıklardan kaynaklandığı bildirilmektedir (Galetti ve ark., 1984).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Canlı biliminin en önemli dallarından biri olan genetik, sitogenetik çalışmalarla türleşme ve populasyonlar arası akrabalık ilişkilerinin belirlenmesi; kromozom evolüsyonu; döllenmeden itibaren oluşacak yeni bireylerin doku, organ yapısı ve işleyişinin genlerin kontrolünde olması ile; sistematik, taksonomi, anatomi ve fizyoloji gibi alanlara katkı sağlamaktadır. Karyolojik çalışmalar sonucu kromozomal bozuklukların tespit edilip nedenlerinin belirlenmesi de genetiğin konusudur. Bütün bu çalışmalar teknolojinin bilimi desteklemesi ile doğruluk ve güvenilirlik kazanmaktadır. Bu nedenle genetik çalışmalarda kullanılmak üzere sitometri, elektroforez, sekans analizi, RFLP, RAPD, PCR ve kromozom bantlama gibi yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin her canlı grubu için uygulanabilirliği farklılık göstermektedir.

Yüksek omurgalı gruplarında, özellikle de memeliler üzerinde kromozomal filogeni çalışmaları uygulanmıştır. Sistematik ve taksonomide kullanılan bu karyotip uygulamalarının amacı, her türün kromozom özelliklerini ortaya koyabilmektir. Böylece türler arasındaki taksonomik farklılıklar karyotip çalışmaları ile açığa çıkarılmaktadır. Bu çalışmalar memeliler dışında birçok canlı grubunda uygulanmış ve son yıllarda da balıklar için aktif bir alan oluşturmuştur (Gaffaroğlu, 2003).

Kromozom analizi ile balıklar hakkında evrimsel ve genetik bilgilere ulaşılabilmektedir. Elde edilen kromozomların sayısı ve morfolojisi türlerin kolay bir şekilde tanımlanmasında, populasyon içi ve populasyonlar arasındaki yakın ilişki ve farklılıkların ortaya konmasında, populasyonlar arası varyasyonların açıklanmasında, genetik kontrolde, balık yetiştiriciliği ve genotoksikolojide birçok gelişme sağlamıştır. Kromozom analizleri ise türler, alttürler, populasyonlar içi ve arası, eşeyler ve hatta bireyler arası polimorfizmin tespitinde, ploidi çalışmalarında, kalıtsal hastalıkların tespitinde ve akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çevrenin zararlı etkilerinin ortaya çıkarılmasında karyotip ve bantlama teknikleri bir indikatör gibi kullanılmaktadır. Yani çevresel kirleticilerin canlılar üzerindeki etkilerinin araştırılmasında kromozomlar biyobelirteçler olarak kullanılabilir. Kanalizasyon atıkları, endüstriyel atıklar, tarım ilaçları ve ağır metaller gibi çevresel

kirleticiler; kromozom kayıplarına, kollarda açıklıklara (gap), kardeş kromatid değişmelerine (SCE), inversiyonlara, sentrik ve asentrik füzyonlara ve anafazda ayrılmama gibi kromozomal bozukluklara neden olabilmektedir (Gaffaroğlu, 2003).

Sitogenetik çalışmalarda bantlama teknikleri kullanıldığında kromozomların yapıları daha iyi belirlenebilmektedir. Bantlama teknikleri, kromozom sayısı veya kol sayısı aynı olan türler arasında ya da birbirine yakın olan özellikle tartışmalı türler arasında kromozomal benzerlikler ve farklılıkların ortaya çıkarılmasında belirleyici rol oynamaktadır. Canlılardaki farklı karyotiplerin araştırılması ile türler, cinsler ve başlıca sistematik grupların evolüsyonunda kromozom mekanizmasının rol oynadığı görülmektedir (Gaffaroğlu ve Yüksel, 2005). Kromozomları tanımayı amaçlayan yeni boyama yöntemlerine rağmen kromozom sayısının yüksek, kromozomların çok küçük olması, B kromozomlarının ve mikrokromozomların bulunabilmesi ve bilinmeyen nedenlerle özellikle G ve R bantlamada olumsuzluklar gözlenmektedir (Gaffaroğlu, 2003). Bunun yanı sıra bazı istisnalar dışında kromozomlarda eşey farklılaşması olmaması nedeni ile eşey kromozomları belirlenmemektedir.

Mevcut çalışmada Giemsa boyama, C-bant ve AgNOR boyama ile birlikte karyotip yapılmış ve kromozomlarda eşey farklılaşması gözlenmemiştir. AgNOR boyama ile homolog kromozomlarda ortaya çıkan NOR büyüklük farkının belirli bir sabiteye sahip olduğu belirlenmiştir.

Pekol (1999)'un yaptığı bir çalışma göstermiştir ki; NOR'ların büyüklüğü ve hücre başına aktif NOR'ların dağılımı değerlendirilerek tür içi ve türler arası heteromorfizm belirlenebilmektedir. NOR büyüklüğü esasına göre bizim çalışmamızda homolog kromozomlar üzerindeki NOR büyüklüklerinin farklı olması nedeniyle tür içi NOR heteromorfizmi gözlenmiştir.

Tür içi NOR heteromorfizminin değerlendirildiği bir çalışmada ise tür içi NOR heteromorfizmi kapsamında NOR boyu heteromorfizmi, NOR silinmesi ve NOR aktivite heteromorfizmi esas alınmıştır (Pekol, 1999). NOR boyu heteromorfizminin açıklaması olan homolog kromozom NOR'larının farklı

büyükte olması ilkesine dayalı olarak, bizim bulgularımızdaki NOR büyüklük farkı sabitesi, tür içi NOR boyu heteromorfizmini göstermektedir.

Tespit ettiğimiz NOR büyüklük heteromorfizmine duplikasyonun ya da sistron sayısındaki farklılıkların sebep olabileceği düşünülmektedir. Homolog kromozomlardaki NOR aktivite farklılığı NOR büyüklük heteromorfizmine neden olabilir. Ancak yaptığımız CMA₃ boyama sonucu bu çalışmadaki heteromorfizmin NOR aktivitesinden kaynaklanmadığı belirlenmiştir (CMA₃ boyama tez çalışması dışında yaptığımız bir çalışmadır).

Amemiya ve Gold (1990)'un Kuzey Amerika Cyprinidlerinde yaptıkları bir çalışma ise NOR'ların metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik kromozomların kısa kollarının terminal bölgesinde, sentromer ile terminal bölge arasında kalan kısmında ve uzun kollarının terminal bölgesinde tespiti ile NOR'ların pozisyon ve kromozomal yerleşimi esasına dayalı türler arası kromozomal NOR heteromorfizmine örnek teşkil etmektedir.

Yaptığımız karyotip çalışmasındaki kromozomlar, takım içerisinde metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik kromozom dağılımına göre Boron ve ark. (2009)'nın *Leuciscus cephalus*'da saptadığı kromozomlarla sayıca aynı olarak tespit edilmiştir. Doadrio ve Carmona (1998)'nin *Leuciscus*'un *Squalius*'un sinonimi olduğunu belirttikleri yayınları da esas alındığında, bizim çalışmamız *L. cephalus*'un *Squalius anatolicus*'un sinonimi olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Sadece morfolojik, anatomik ve biyokimyasal özelliklere göre yapılan çalışmaların taksonomik ve filogenetik açıdan yeterli olmadığını, aynı cinse ait tür ve alttürlerin ayırt edilmesinde ve aralarındaki akrabalıkların belirlenmesinde karyolojik çalışmaların ne kadar önemli olduğu bir kez daha ortaya konmuştur (Gaffaroğlu ve Yüksel, 2004).

Yaptığımız karyolojik analiz sonucu Beyşehir Gölü'ne endemik olan türün genetik özelliklerinin ve karyotip karakterinin ilk kez belirlenmesi balık sitogenetiği açısından önem arz etmektedir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan yöntemlere ek olarak

moleküler çalışmalar ve farklı kromozom bantlamaları da sitogenetik çalışmaların gelişmesi için faydalı olacaktır.

Bu çalışmanın Cyprinidae familyasına ait tür ve alttürlerin taksonomi ve türleşmelerinin izahına ve *Squalius* türlerinde yapılacak sitogenetik çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Al-Sabti, K. *Karyotypes of Cyprinus carpio and Leuciscus cephalus*, *Cytobios* **1986**, 47, 19-25.

Amemiya, C. T.; Gold, J. R. *Chromomycin A₃ stains nucleolus organizer regions of fish chromosomes*, *Copeia* **1986**, 1986, 226-231.

Amemiya, C. T.; Gold, J. R. *Chromosomal NOR Phenotypes of Seven Species of North American Cyprinidae, with Comments on Cytosystematic relationships of the Notropis volucellus Species-group, Opsopoeodus emiliae, and the Genus Pteronotropis*, *Copeia* **1990**, 1, 68-78.

Amemiya, C. T.; Gold, J. R. *Cytogenetic studies in the North American minnows (Cyprinidae)*, *Hereditas* **1990**, 112, 231-247.

Atalay, M. A. *Pseudophoxinus (Pisces, Cyprinidae) Genusu'nun Anadolu'da yayılışı ve taksonomik özelliklerinin belirlenmesi*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 120s, **2005**.

Bogutskaya, N. G. *Contribution to the knowledge of leuciscine fishes of Asia Minor. Part 2. An annotated check-list of leuciscine fishes (Leuciscinae, Cyprinidae) of Turkey with descriptions of a new species and two new subspecies*, *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.* **1997**, 94, 161-186.

Boron, A.; Porycka, K.; Ito, D.; Abe, S.; Kirtiklis, L. *Comparative molecular cytogenetic analysis of three Leuciscus species (Pisces, Cyprinidae) using chromosome banding and FISH with rDNA*, *Genetica*, **2009**, 135, 199-207.

Boron, A. *Chromosome banding studies of Noemacheilus barbatulus (Linnaeus, 1758) from Poland*, *Caryologia* **1995b**, 48, 239-246.

Boron, A. *Chromosome banding studies of spined loach Cobitis taenia (L.)*, *Cytobios*, **1995a**, 81, 97-102.

Collares-Pereira, M. J.; Propero, M. I.; Bileu, R. I.; Rodrigues, E. *Leuciscus (Pisces, Cyprinidae) karyotypes: Transect of Portuguese populations, Genetics and Molecular Biology* **1998**, 21, 63-69.

Collares-Pereira, M. J. *In vivo direct chromosome preparation (protocol for air drying) technique, First International Workshop on Fish Cytogenetic Techniques, France, 15-20, 1992.*

Çolak, A.; Sezgin, İ.; Süngü, Y. S. *Sazangiller Familyasına (Cyprinidae) ait Beni Balığında (Cyprinion macrostomus HECKEL, 1843) Kromozomal Araştırmalar, Doğa Bilim Dergisi* **1985**, A2, 2-9.

Değer, D. *Dicle Nehri'nde yaşayan Cyprinidae familyası dışındaki bazı balık türlerinin karyolojik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 33s, 2006.*

Demirsoy, A. *Yaşamın Temel Kuralları, Omurgalılar / Anamniyota, Cilt-III/Kısım-I, Düzeltilmiş II. Baskı, Meteksan Matbaacılık, Ankara, 370-372, 1993.*

Doadrio, I.; Carmona, J. A. *Genetic divergence in Greek populations of the genus Leuciscus and its evolutionary and biogeographical implications* **1998**, 53, 591-613.

E. Gözükar, S.; Çavaş, T. *A Karyological Analysis of Garra rufa (Heckel, 1843) from the Eastern Mediterranean River Basin in Turkey, Turk. J. Vet. Anim. Sci.* **2004**, 28, 497-500.

Ergene, S.; Karahan, A.; Kuru, M. *Cytogenetic Analysis of Pseudophoxinus antalyae, Bogutskaya, 1992 (Pisces: Cyprinidae) From the Eastern Mediterranean River Basin, Turkey* **2008**, 34, 111-117.

Ergene, S.; Portakal, E.; Karahan, A. *Karyological Analysis and Body Proportion of Catfish (Claridae, Clarias Lazera, Valenciennes. 1840) in Göksu Delta, Turkey, Turkish Journal of Zoology* **1999**, 23, 423-426.

Gaffaroğlu, M. *Karakaya Baraj Gölünde yaşayan Cyprinidae familyasına ait bazı türlerin karyolojik analizleri*, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 65s, **2003**.

Gaffaroğlu, M.; Yüksel, E. *Cyprinion macrostomus Heckel, 1843 (Pisces: Cyprinidae)'un Karyotip Analizi*, Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi **2004**, 5, 235-239.

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

Galetti Jr., P. M.; Foresti, F.; Bertollo, L. A. C.; Moreria F, O. *Characterization of Eight Species of Anostomidae (Cypriniformes) Fish on the Basis of the Nucleolar Organizing Region*, Caryologia **1984**, 37, 401-406.

Geldiay, R. ; Balık, S. *Türkiye Tatlısu Balıkları*, Ege Üniversitesi Basımevi, V. Baskı, İzmir, 269-279, **2007**.

Gül, S.; Çolak, A.; Sezgin, İ.; Kaloğlu, B. *Karyotype analysis in Alburnus heckeli (Battalgil, 1943) from Lake Hazer, Turk J. Vet. Anim. Sci.* **2004**, 28, 309-314.

Gülkaç, M. D.; Yüksel, E. *Malatya Yöresi Kör Fareleri (Rodentia: Spalacidae) üzerine sitogenetik bir inceleme*, Doğa Türk Biol. Derg. **1989**, 13, 63-71.

Gülkaç, M. D. *Malatya yöresi kör fareleri (Mammalia: Spalacidae) üzerinde sitogenetik bir inceleme*, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 50s, **2001**.

Hamalosmanoğlu, M. *Mogan Gölü (Ankara)'nde Yaşayan Tinca tinca (L., 1758) ve Cyprinus carpio (L., 1758)'nun Karyotip Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 38s, **1997**.

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

John, G.; Barat, A.; Lakra, W. S. *Localization of Nucleolar Organizer Regions in Labeo (Cyprinidae)* **1993**, 70, 2381-2384.

Karahan, A.; Ergene, S. *Cytogenetic Variation of Geographically Isolated Four Populations of Garra rufa [(Heckel, 1843) (Pisces, Cyprinidae)] in Turkey* **2009**, 62, 276-287.

Karahan, A. *Garra rufa ve Garra variabilis'in morfolojik ve Sitogenetik Yönünden Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Mersin, 101s, **2007**.

Karasu, M. *Pseudophoxinus firati (Pisces: Cyprinidae)'nin Karyotip Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 43s, **2009**.

Kılıç, B. *Kura-Aras Havzasından Orthrias tigris (Heckel, 1843)'de Kromozomal Çalışmalar*, Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Kars, 52s, **2006**.

Kılıç-Demirok, N. *Dicle Su Sistemi'nde Yaşayan Bazı Cyprinid Tür ve Alttürlerinin Kromozomları Üzerine Bir Araştırma*, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 71 s. **2000**.

Koehler, M. R.; Neuhaus, D.; Engel, W.; Schartl, M.; Schmid, M. *Evidence for an unusual ZW/ZW'/ZZ sex chromosome system in Scardinius erythrophthalmus (Pisces, Cyprinidae), as detected by cytogenetic and H-Y antigen analyses, Cytogenetics and Cell Genetics* **1995**, 71, 356-362.

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

Magtoon, W.; Arai, R. *Karyotypes of Three Cyprinid Fishes, Osteochilus hasselti, O. vittatus, and Labiobarbus lineatus, from Thailand* **1989**, 36, 483-487.

Mazik, E. Y.; Toktosunov, A. T.; Gnidenko, S. M. *Comparative karyology of dace (Leuciscus, Cypriniformes, Cyprinidae) from the northern Tien-Shan, Zoology* **1986**, 65, 1350-1355.

Monteiro, R.; Carvalho, C.; Collares-Pereira, M. J. *Karyotype and Genome Size of Iberochondrostoma almacai (Teleostei, Cyprinidae) and Comparison With The Sister-Species I. lusitanicum* **2009**, 32, 268-275.

Pekol, S. *Kastamonu Beyler ve Germeçtepe Barajlarındaki Cyprinus carpio (L., 1758) ve Leuciscus cephalus (L., 1758) populasyonlarının karşılaştırmalı karyotip analizi ve NOR fenotipleri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 68s, **1999**.

Pereira, C.; Neto, A.; Collares-Pereira, M. J. *Cytogenetic Survey of Species of Two Distinct Genere of Iberian nases (Cyprinidae, Leuciscinae) that Hybridize Extensively in Nature. I. Evidence of a Similar and Conserved Chromosome Pattern With Some Few Species-Specific Markers at Macro-Structural Level* **2009**, 137,285-291.

Rab, P.; Collares-Pereira M. J. *Chromosomes of European Cyprinid fishes (Cyprinidae, Cypriniformes): A review, Folia Zool.* **1995**, 44 (3), 193-214.

Rab, P.; Karakousis, Y.; Rabova, M.; Economidis, P. S. *Banded Karyotype of the Cyprinid Fish Leuciscus borysthenticus* **1996a**, 43, 463-468.

Rab, P.; Karakousis, Y.; Rabova, M. *Karyotype, NOR phenotype and C-banding study of Barbus cyclolepis from Greece, Folia Zool.* **1996b**, 45, 77-83.

Rab, P.; Machordom, A.; Perdices, A.; Guegan, J. F. *Karyotypes of three small Barbus species (Cyprinidae) from Republic of Guinea (Western Africa) with a review on karyology of African small Barbus, Caryologia* **1995**, 48 (3-4), 299-307.

Rab, P.; Machordom, A.; Rabova, M.; Doadrio, I. *Karyotype of African Bariliine Fish Raiamas steindachneri (Osteichthyes, Cyprinidae)* **2000**, 49, 75-80.

Rab, P.; Roth, P.; Arefjev, V. A. *Chromosome studies of European Leuciscine Fishes (Pisces Cyprinidae) Karyotype of Aspius aspius* **1990**, 43, 249-255.

Raicu, P.; Taisescu, E.; Banarescu, P. *A comparative study of the karyotype in the genus Gobio (Pisces, Cyprinidae), Cytologia* **1973**, 38, 731-736.

Sahoo, P. K.; Nanda, P.; Barat, A. *Karyotypic diversity among three species of Garra (Family: Cyprinidae) from River Dikrong, Arunachal Pradesh, India, Cytologia*, **2007**, 72, 259-263.

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

Takai, A.; Ojima, Y. *Chromosomal distribution of C-banded heterochromatin in Cyprinid fishes, Proc. Japan. Acad.* **1988**, 64, 49-52.

Thorgaard, G. H.; Disney, J. E. *Methods for Fish Biology Chapter 6. Chromosome Preparation and Analysis*, Edit. By Schrech, C.B. Moyle, P.B. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, pp. 171-190, **1990**.

Turan, D.; Yılmaz, B. T.; Kaya, C. *Squalius kottelati, A New Cyprinid Species (Teleostei: Cyprinidae) From Orontes River, Turkey* **2009**, 2270, 53-62.

Ueno, K.; Ojima, Y. *A Chromosome Study of Nine Species of Korean Cyprinid Fish* **1984**, 31, 338-344.

Ulupınar, M. ; Okumuş, İ. *Gökkuşığı alabalığında (Oncorhynchus mykiss): Kromozom Preparasyonu İçin Islah Edilmiş Bir Metot IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 17-19 Eylül 1997, Eğirdir, Isparta, 525-533, 1997b.*

Ulupınar, M. ; Alaş, A. *Balık Sitogenetiği ve Laboratuvar Teknikleri* Tuğra Matbaası, Isparta, 371s, **2002**.

Ulupınar, M.; Okumuş, İ. *Balıklarda Sitogenetik Yöntemler Yardımıyla Sulardaki Mutajenik ve Kanserojenik Kirleticilerin Belirlenmesi* IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 17-19 Eylül 1997, Süleyman Demirel Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Eğirdir, Isparta, **1997a**.

Vervoort, A. *Karyotype of Caecobarbus geertsii Boulenger, (Teleostei; Cyprinidae), Nucleus* **1980**, 23, 76-77.

Vicdanlı, S. M. *Sinop Yöresinde Avlanan Ekonomik Öneme Sahip Bazı Deniz Balıklarında Kromozom Çalışmaları*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 97s, **2007**.

Yüksel, E.; Gülkaç, M. D. *On the karyotypes in some populations of the subterranean mole rats in the lower Euphrates Basin, Turkey* *Caryologia* **1992**, 45, 175-190.

Yüksel, E. *Cytogenetics study in Spalax (Rodentia: Spalacidae), from Turkey, Communications, Serie C: Biologie* **1984**, 2, 1-12.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÜNAL, Sevgi
Doğum tarihi ve yeri : 04.03.1986 ANKARA
e-mail : sevgiunal@ymail.com

Eğitim Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lise	Yahya Kemal Beyatlı Lisesi (Y.D.A.)	2004
Lisans	Gazi Üniversitesi Kırşehir Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü	2009

Yabancı Dil

İngilizce