

***PSEUDOPHOXINUS FIRATI* (PISCES: CYPRINIDAE)'NİN
KARYOTİP ÖZELLİKLERİ**

Muradiye KARASU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2009
ANKARA**

***PSEUDOPHOXINUS FIRATI* (PISCES: CYPRINIDAE)'NİN
KARYOTİP ÖZELLİKLERİ**

Muradiye KARASU

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2009
ANKARA**

Muradiye KARASU tarafından hazırlanan *PSEUDOPHOXINUS FIRATI* (PISCES: CYPRINIDAE)'NİN KARYOTİP ÖZELLİKLERİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Eşref YÜKSEL

.....

Tez Danışmanı, Biyoloji Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Zekiye SULUDERE

.....

Biyoloji, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Eşref YÜKSEL

.....

Biyoloji, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Fatma ÜNAL

.....

Biyoloji, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Yusuf KALENDER

.....

Biyoloji, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. İbrahim ÖRÜN

.....

Biyoloji, Aksaray Üniversitesi

Tarih:18/06/2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü 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.

Muradiye KARASU

***PSEUDOPHOXINUS FIRATI* (PISCES: CYPRINIDAE)’NİN**

KARYOTİP ÖZELLİKLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Muradiye KARASU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2009

ÖZET

Bu çalışma; Tohma Çayı’ndan (Sivas ili, Gürün ilçesi, Yazyurdu köyü) alınan *Pseudophoxinus firati* Bogutskaya, Küçük ve Atalay, 2006 (Pisces: Cyprinidae) örneklerinin kromozom özelliklerinin sitogenetik (karyotip, C-bantlama ve nükleolus organizatör bölge-NOR) yöntemler ile tanımlanması amacıyla yapılmıştır. Örneklerin karyotip analizleri için Collares-Pereira (1992)’nın “Havada Kurutma” tekniği kullanılmıştır. Hazırlanan preparatlara C-bantlama yapmak için Sumner (1972)’in tekniği, gümüş boyama için ise Howell ve Black (1980)’in “a 1-step” tekniği kullanılmıştır. Diploid kromozom sayısı 19 çift meta-submetasentrik, 6 çift subtelosentrik olmak üzere $2n=50$ ve $NF=88$ bulunmuştur. Morfolojik olarak eşey kromozom farklılaşması gözlenmemiştir. C-bantlama ile 6 çift kromozom üzerinde konstitütif heterokromatin bölge tespit edilmiştir. Orta büyüklükte 2 çift submeta-subtelosentrik kromozomun kısa kollarında NOR gözlenmiştir. Bugüne kadar kromozomal bir çalışma yapılmamış olan *P. firati* türünden elde ettiğimiz bilgilerin; balık sitogenetiği ve taksonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bilim Kodu	: 203.1.048
Anahtar Kelimeler	: <i>Pseudophoxinus firati</i>, Cyprinidae, karyotip, C-bantlama, nükleolus organizatör bölge
Sayfa Adedi	: 43
Tez Yöneticisi	: Prof. Dr. Eşref YÜKSEL

KARYOTYPE PROPERTIES OF *PSEUDOPHOXINUS FIRATI***(PISCES: CYPRINIDAE)****(M.Sc. Thesis)****Muradiye KARASU****GAZI UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****June 2009****ABSTRACT**

This study was carried out on the chromosomal features of samples belonging to the *Pseudophoxinus firati* Bogutskaya, Küçük & Atalay, 2006 (Pisces: Cyprinidae) collected from Tohma Çayı (Sivas Province, Gürün district, Yazyurdu village) by cytogenetic studies (karyotype, C-banding and nucleolus organizer region-NOR). Air drying technique described by Collares-Pereira (1992) was used for karyotype analysis. Technique of Sumner (1972) was used for C-banding of sample preparations, whereas the a 1-step technique of Howell and Black (1980) was used for silver staining. The diploid chromosome complement was $2n=50$, consisting of 19 pairs of meta-submetacentric, 6 pairs of subtelocentric and $NF=88$. Sex chromosomes were morphologically undifferentiated. Constitutive heterochromatin region with C-banding was determined on the 6 pairs of chromosomes. NOR was observed on the short arms of 2 pairs of medium sized submeta-subtelocentric chromosomes. There was no chromosomal study on *P. firati*, thus this study may contribute to cytogenetic and taxonomy of this and related species.

Science Code : 203.1.048**Key Words : *Pseudophoxinus firati*, Cyprinidae, karyotype, C-banding, nucleolus organizer regions****Page Number : 43****Adviser : Prof. Dr. Eşref YÜKSEL**

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren büyük yardımlarını gördüğüm Sayın hocam Prof. Dr. Eşref YÜKSEL'e; laboratuvar çalışmalarımın yanı sıra, benden yardım, bilgi ve görüşlerini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Muhammet GAFFAROĞLU'na saygılarımla teşekkür ederim.

Ayrıca tecrübelerinden faydalandığım Yrd. Doç. Dr. S. Cevher ÖZEREN'e, Yrd. Doç. Dr. Fahrettin KÜÇÜK'e, Dr. M. Altuğ ATALAY'A, Araş. Gör. Yavuz KOÇAK'a, Doktora Öğrencisi Deniz DEĞER'e ve maddi ve manevi destekleri ile her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1.GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	6
2.1. Araştırma Konusu Familya, Altfamilya ve Türe Ait Genel Bilgiler.....	6
2.1.1. Cyprinidae familyasına ait genel bilgiler.....	6
2.1.2. Leuciscinae altfamilyasına ait genel bilgiler.....	6
2.1.3. Leuciscinae altfamilyasında <i>Pseudophoxinus</i> cinsinin yeri.....	7
2.1.4. <i>Pseudophoxinus firati</i> 'nin karakteristik özellikleri.....	7
2.2. Balıklarda Kromozom Analizleri.....	8
2.2.1. Karyotip.....	8
2.2.2. C-bantlama.....	12
2.2.3. Nükleolus organizatör bölge (NOR).....	14
3. MATERYAL VE METOT.....	18

Sayfa

3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Araştırma alanının özellikleri.....	18
3.1.2. Örneklerin toplanması ve değerlendirilmesi.....	20
3.1.3. Kullanılan kimyasal maddeler.....	20
3.2. Metotlar.....	20
3.2.1. Metrik ve meristik özelliklere göre tür teşhisi.....	20
3.2.2. Havada kurutma tekniği ve karyotip hazırlanması.....	20
3.2.3. C-bantlama tekniği.....	23
3.2.4. NOR boyama tekniği.....	23
4.DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Bulgular.....	24
4.1.1. Metrik ve meristik bulgular.....	24
4.1.2. Karyotip analizi.....	24
4.1.3. C-bant analizi.....	27
4.1.4. NOR analizi.....	28
4.2. Tartışma.....	28
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	33
KAYNAKLAR.....	36
ÖZGEÇMİŞ.....	43

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Sentromer pozisyonuna göre kromozomların sınıflandırılması.....	22
Çizelge 4.1. <i>Pseudophoxinus firati</i> 'nin karyotip analizi.....	24
Çizelge 4.2. <i>Pseudophoxinus firati</i> 'nin kromozom sayı analizi.....	26

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1.a. <i>Pseudophoxinus firati</i> 'nin metafaz plağı.....	25
b. <i>Pseudophoxinus firati</i> 'nin karyotipi.....	25
Şekil 4.2.a. <i>Pseudophoxinus firati</i> 'nin C-bantlı metafaz plağı.....	27
b. <i>Pseudophoxinus firati</i> 'nin C-bantlı metafaz plağı.....	27
Şekil 4.3. <i>Pseudophoxinus firati</i> 'nin metafaz plağında NOR	28

RESİMLERİN LİSTESİ**Resim****Sayfa**

Resim 2.1. <i>Pseudophoxinus firati</i> sp. n., holotype.....	8
---	---

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Örneklerin alındığı yer ve araştırma alanı.....	19
Harita 3.2. Örneklerin alındığı yer ve araştırma alanının ayrıntısı.....	19

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış 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
Kr	Kromozom
M	Metasentrik
NF	Kol sayıları
NOR	Nükleolus organizatör bölge
RNA	Ribonükleik asit
Rpm	Dakikadaki dönme hızı
SM	Submetasentrik
ST	Subtelosentrik

1.GİRİŞ

Sistematik her zaman biyolojinin en önemli dallarından biri olmuştur. Bazı biyoloji disiplinleri; biyo-dağılımın anlaşılması, populasyon biyolojisinin doğuşu ve genetik, sistematik çalışmaların sonucunda ortaya çıkmıştır. Gerçekten iki önemli bilimsel metot; deneysel ve karşılaştırmalı metotlar sistematik çalışmalarla desteklendiğinde anlam bulur [Başbüyük ve ark., 2000].

Biyo-ekolojik özelliklere ve çevre şartlarına bağlı olarak değişebilen dış morfolojik karakterlere göre yapılan sistematik ve taksonomik çalışmalarda bazen problemler ortaya çıkmaktadır [Amemiya ve Gold, 1990].

Kromozom çalışmaları sistematik, mutagenез, filogenetik ilişki ve deneysel melezleme alanlarındaki çalışmalara yardımcı olduğundan bu konudaki bilgilere ihtiyaç günden güne artış göstermektedir. Kromozom analizleri türlerin belirlenmesinde yararlı olabilir. Kromozom sayısı ve morfolojilerinin benzerlik derecesi türler arasındaki evrimsel akrabalığın hesaplanmasında kullanılabilir. Kromozom analizleri balıklarla da ilgili yararlı veriler sunmaktadır. Kromozom analizleri yardımıyla balık populasyonlarının genetik yapılarının belirlenmesi, populasyonlar arası ve populasyon içi kromozom polimorfizminin tespiti hususunda yapılmış çok sayıda çalışma mevcuttur. Balıklar üzerinde yapılan sitogenetik araştırmalar, çeşitli kimyasalların mutajenik etkilerinin ve biyolojik kirlilik düzeyinin test edilmesinde belirleyici olarak kullanılmaları açısından da önemli bir yere sahiptir. Balıklar su ile taşınan kirleticileri metabolize edebilen, toplayabilen ve depolayabilen organizmalar olduğundan, endüstriyel atıklar ve radyasyon balık kromozomlarında hatalara sebep olabilmektedir. Bu yüzden kromozom analizleri su kirliliği göstergesi olarak da kullanılabilmektedir [Değer, 2006].

Dünyada balık kromozom çalışmaları çok eski yıllara dayanmasına rağmen, balık sitogenetiğinde henüz istenilen başarı elde edilememiştir. Balık kromozomlarının boyca küçük olmaları, sayıca fazla olmaları ve her balığa uygulanabilecek standart

bir metodun olmaması bu başarıyı önemli ölçüde etkilemektedir [Gold ve ark., 1990]. Balıklarda metafaz kalitesini etkileyen faktörler mevsim, yaş, cinsiyet, balığın sağlık ve stres durumu olarak bildirilmiştir [Flajshans ve Rab, 1990].

Ülkemizde günümüze değin balıklar üzerinde yapılan araştırmaların başında sistematik, morfolojik, anatomik, balık hastalıkları ve yetiştiricilik çalışmaları gelmektedir. Yapılan çalışmalar daha çok sistematik ağırlıklı olmakla beraber büyüme performansları ve yumurta verimliliği üzerinde de yoğunlaşmıştır. Az olmakla beraber sitogenetik, biyokimyasal, toksikolojik ve histolojik alanlarda da çalışmalar mevcuttur. Ülkemizde balık sitogenetiğine son yıllarda ilgi duyulmaya başlanmış, ancak bu konudaki çalışmalar yetersiz kalmıştır [Gaffaroğlu, 2003].

Tatlı su balıklarının en büyük ailesi olan Cyprinidae üyeleri dünyada geniş bir yayılım göstermektedir. Bu ailenin 210 cinsine ait 2010 türü bulunmaktadır [Rab ve Collares-Pereira, 1995]. Birçok endemik balık türünü barındıran ülkemiz iç sularında 26 familyaya ait 236 balık tür ve alttürü bulunmaktadır. Bunların 116'sı Cyprinidae familyasındandır [Kuru, 2004]. Yeni kayıt türlerle bu sayı muhtemelen daha da fazladır.

Günümüzde Cyprinidae familyasından *Pseudophoxinus* Bleeker, 1860 (Yağ balıkları) cinsinin polifiletik durumu açık değildir. Bu cinsin üyeleri küçük boylu türler olup, su kaynaklarında, küçük sığ derelerde, durgun su ve kanallarda bulunurlar. Bunlar yazın nehirlerin çekilmesi ile geride kalan küçük havuzlarda yaşayabilirler. Küçük boylu balıklar oldukları için birçok araştırmacının gözünden kaçmış ve sistematikteki yerlerine tam olarak yerleştirilememiştir [Atalay, 2005].

Pseudophoxinus cinsinin otuz iki kadar türü tanımlanmıştır. Cinsin morfolojik açıdan heterojenik olduğu ve en az dört farklı gruba ayrılabilceği ileri sürülmüştür [Bogutskaya ve ark., 2006]. *Pseudophoxinus* cinsinin Yakın Doğu'da (Türkiye, Lübnan, Suriye, Balkan Yarımadası, İsrail, Ürdün, İran, Azerbaycan) yayılım gösterdiği bildirilmektedir [Atalay, 2005]. Orta Anadolu'daki *Pseudophoxinus*'ların

çeşitlenmeye başladığı zamanın yaklaşık, on beş milyon yıl önce olduğu tahmin edilmektedir. Anadolu *Pseudophoxinus* türlerinin, iyi yalıtılmış olan jeolojik bölgelerle sınırlanmış oldukları görülmektedir [Hrbek ve ark., 2004]. Ülkemiz tatlı sularında bugüne kadar on beş *Pseudophoxinus* türü tespit edilmiştir. Bunlar;

Pseudophoxinus alii Küçük, 2007 Aksu Çayı ile Ilıca ve Kömürcüler derelerinde (Antalya) yayılış gösterir [Küçük, 2007].

Pseudophoxinus anatolicus (Hanko, 1924) Beyşehir Gölü'nde ve Akgöl'de yayılış gösterir [Bogutskaya, 1992]. Nesli tehlike altında olan bir türdür [Özuluğ ve Öztürk, 2007].

Pseudophoxinus antalyae Bogutskaya, 1992 Kırkgöz kaynaklarının bağlantılı olduğu kanal ve akarsularda yayılış gösterir. Düden Çayı'nda oldukça yoğun popülasyonlarının olduğu bildirilmektedir [Küçük ve İkiz, 2004].

Pseudophoxinus battalgili Bogutskaya, 1997 Oymapınar Barajı/Manavgat (Antalya) bölgesinde, Göynük köyü/Seydişehir (Konya) yakınlarında yayılış gösterir [Atalay, 2005].

Pseudophoxinus crassus (Ladiges, 1960) Tuz Gölü sistemi, Konya, Aksaray, Niğde illerinin bulunduğu, Orta Anadolu bölgesinde yayılış gösterir [Atalay, 2005].

Pseudophoxinus egridiri (Karaman, 1972) Eğirdir'de yayılış gösterir [Bogutskaya, 1992].

Pseudophoxinus elizavetae Bogutskaya, Küçük ve Atalay, 2006 Kızılırmak Havzası'na bağlı Sultansazlığı/Develi kaynaklarında yayılış gösterir [Bogutskaya ve ark., 2006].

Pseudophoxinus fahirae (Ladiges, 1960) Karamusa köyü (Tefenni/Burdur) yakınlarındaki Kırkpınar kaynağında ve bu kaynağın oluşturduğu dere ve kanallarda yayılış gösterir [Atalay, 2005].

Pseudophoxinus firati Bogutskaya, Küçük ve Atalay, 2006 Fırat Nehir sistemine bağlı Tohma Çayı'nın yukarı havzasında bulunan, Yazyurdu köyü (Gürün/Sivas) yakınlarındaki, su kaynağında yayılış gösterir [Bogutskaya ve ark., 2006].

Pseudophoxinus handlirschi (Pietschmann, 1933) Sudak balığının (*Sander lucioperca*) baskısı nedeni ile Eğirdir Gölü'nde yok olduğu düşünülmektedir [Atalay, 2005]. Küçük ve İkiz (2004)'e göre bu türün yayılış alanı, Köprüçay Nehri'nin Köpülü Kanyon yakınlarındaki Değirmenözü kaynağı ve Bağlı köyü (Eğirdir) yakınlarında, akarsuyun yavaş aktığı kesimlerdir [Küçük ve İkiz, 2004].

Pseudophoxinus cf. kervillei (Pellegrin, 1911) Yayılış alanı Ceyhan ve Seyhan havzaları, Litani, Ürdün ve Asi nehirleridir [Atalay, 2005].

Pseudophoxinus maeandri (Ladiges, 1960) Bu türün yayılış alanı Orta Anadolu'nun güneybatı kesimlerinde, Büyük Menderes, Tefenni, Dinar, Söğüt ve Salda gölleridir [Atalay, 2005].

Pseudophoxinus maeandricus (Ladiges, 1960) Büyük Menderes Nehri'nin üst havzalarında, Beyşehir Gölü'nde, Konya, Aksaray ve Niğde'nin doğusundaki su kaynaklarında yayılış gösterir [Bogutskaya, 1992].

Pseudophoxinus ninae Freyhof ve Özuluğ, 2006 Onaç Deresi'nde yayılış gösterir [Freyhof ve Özuluğ, 2006].

Pseudophoxinus zekayi Bogutskaya, Küçük ve Atalay, 2006 Çöçelli köyü (Pazarcık/Kahramanmaraş) sularında yayılış gösterir [Bogutskaya ve ark., 2006].

Bu türlerin çoğu ülkemize endemiktir. Fırat Nehir sistemine bağlı Tohma Çayı'nın yukarı havzasında bulunan, Yazyurdu köyü (Gürün/Sivas) yakınlarından tanımlanmış *Pseudophoxinus firati* türü de endemik bir türdür.

Pseudophoxinus türlerinin genellikle doğal yapısı bozulmamış temiz su kaynaklarında, hemen su kaynağının başında olduğu gibi kaynak suyu ile dolmuş küçük göletlerde ve bunlara bağlı kanallarda yayılış gösterdiği belirlenmiştir. Ancak Anadolu'nun bir çok bölgesinde yayılış gösteren *Pseudophoxinus* türlerinin, birbirlerinden ayrı nehir ve göl sistemlerinde, türlerin farklı ekolojik istek ve çevre koşullarına bağlı olarak, oldukça farklı ortamlara uyum sağladıkları gözlenmiştir. Çok küçük kaynak göletlerinde bulundukları gibi, Beyşehir ve Eğirdir gibi büyük göllerin pelajik bölgelerinde veya bu göllere bağlı akarsularda da yaşayabildikleri belirlenmiştir [Atalay, 2005].

Bu çalışmada, yağ balıklarından *Pseudophoxinus firati*'nin karyolojik özelliklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Balık kromozomlarının incelenmesi genetik ve taksonomi çalışmalarında pek çok avantaj sağlamaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

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

2.1.1. Cyprinidae familyasına ait genel bilgiler

Birincil 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 yapı ve birbirlerinden çok farklı türler bulunmaktadır. Cyprinidler kısmen yavaş akan ya da durgun suları tercih ederler. Besinlerini alg, büyük su bitkileri, plankton, çamur içindeki organik maddeler ve küçük hayvanlar oluşturur [Atalay, 2005]. Bu familya birçok kaynakta on altfamilyaya ayrılmaktadır. Ancak, altfamilyaların sınırları hala tam olarak belirlenememiştir. Bu ayrımındaki genel taksonomik ölçütler, dudakların şekli, bıyıklarının dizilimi ve sayısı, yutak kemikleri, yutak dişlerinin yapısı ve dizilimi, birinci solungaç yayındaki solungaç dikişi sayısı ve yapısı, hava kesesi, pullar, yüzgeçlerin konumu ve omur yapıları gibi özellikleridir [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].

2.1.2. Leuciscinae altfamilyasına ait genel bilgiler

Leuciscinae altfamilyasının 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].

2.1.3. Leuciscinae altfamilyasında *Pseudophoxinus* cinsinin yeri

Anadolu'da bulunan küçük sazancık türlerinin, tahmin edilenden daha fazla sayıda olduğu düşünülmektedir. Çünkü bunların, taksonomik durumları ve filogenetik ilişkileri hakkındaki bilgiler yetersizdir. *Pseudophoxinus* cinsine dahil edilmiş türler, Leuciscinae alt familyasının en ilginç kollarından birisidir [Bogutskaya, 1992]. *Pseudophoxinus* cinsi ile bugüne kadar yapılan çalışmalar müze materyalleri kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmalar, cinsin günümüzdeki yayılış alanları ve populasyon durumlarına açıklık getirememiştir [Atalay, 2005]. Birbirlerine birçok özellik yönünden benzeyen bu grupla ilgili taksonomik çalışmalarda genel morfolojik özelliklerin yanı sıra türe özgü daha belirleyici olan özelliklere, sitogenetik, biyokimyasal ve moleküler çalışmalara da önem verilmelidir.

2.1.4. *Pseudophoxinus firati*'nin karakteristik özellikleri

Vücut yanlardan basıktır. Kuyruk sapı oldukça kalındır. Başın üst kesimi düzdür. Baş vücuda oranla kısa ve küçük, burun ucu kısmen sivridir. Baş ve sırt arasında belirgin bir çıkıntı bulunur. Ağız, uç konumludur ve ağız açıklığı yukarıya dönüktür. Alt dudak ile üst dudak birbirine yakın kalınlıktadır. Baş kısa ve kalın yapılıdır. Karın yüzgeci, sırt yüzgecinin önünde başlar. Sırt yüzgecinin serbest kenarı düz, anal yüzgecin ise içbükey şekillidir. Pullar orta büyüklüktedir. Arka kesimden ön tarafa doğru bir miktar genişler. Pulun arka tarafında büyüme halkaları ön kesime oranla biraz daha sık yapılıdır. Yanal organ genellikle baştan kuyruğa kadar devam eder. Bu türe gri renk hakimdir. Sırt tarafı açık yeşil renklidir. Yüzgeçlerde de gri tonlar baskındır (Resim 2.1) [Atalay, 2005; Bogutskaya ve ark., 2006].



Resim 2.1. *Pseudophoxinus firati* sp. n., holotype [Bogutskaya ve ark., 2006]

Karın yüzgeçleri dişilerde genital açıklığa kadar ulaşmaz. Toplam omur sayısı 37-38'dir. Solungaç dikenleri, kısa, kalın ve birbirlerine yakın konumludur. Birinci solungaç yayında 6-7 solungaç dikenini bulunur. Yutak dişleri 5-4 şeklindedir [Bogutskaya ve ark., 2006].

2.2. Balıklarda Kromozom Analizleri

2.2.1. Karyotip

Karyolojinin taksonomi ve sistematığe katkısı, her türde karyotipin kalıtsal bir karakter olmasına dayanır. Bu yüzden karyotip, türlerin taksonomik olarak ayırt edilmesine (sitotaksonomi) yardımcı olur [Amemiya, 1987].

Karşılaştırmalı sitoloji ve sitogenetiğin gelişmesi evrimin anlaşılmasına büyük katkı sağlamaktadır. Genel olarak familyalar, cinsler ve türler farklı genetik sistemlerle karakterize olurlar. Farklı türlerin karyotiplerinin incelenmesi canlılar arasındaki ilişkilerin ortaya çıkmasını sağlayabilir [Yüksel, 1984; Yüksel ve Gülkaç, 1992].

Karyotipik tanımlamalar, taksonlar arasındaki filogenetik çalışmalarda da yararlıdır. Ancak, karyolojinin balık taksonomisi ve sistematığıne olan katkısı azdır. Balıklarda kromozom çalışmaları, heteromorfik kromozomların karyotip tanımlanmalarına

dayalı kalmıştır. Az sayıda balıkta kromozom çalışmaları taksonomik problemlerin giderilmesinde kullanılmıştır [Amemiya, 1987]. Populasyonlar arası ve içindeki varyasyonlar balıklardaki polimorfizmin ortaya çıkarılmasında ve diğer amaçlar için kullanılabilir [Değer, 2006].

Karyolojik çalışmalarda direkt ve dolaylı şeklinde iki metot uygulanmaktadır. Nispeten kolay olan direkt teknikler, ucuz kimyasal madde ve cihazların kullanıldığı, sonuçların hızlı elde edildiği yöntemlerdir. Karyolojik analizlerde direkt metotların; preparasyonun kolay olması, fazla zaman almaması ve ucuz olması gibi avantajları olmasına rağmen, metafazların az olması gibi dezavantajı da gözlenebilmektedir. Metotta kromozomlar mitoz bölünmenin çok olduğu dokulardan kolşisinin mitostatik etkisi kullanılarak elde edilir. Kolşisin enjeksiyonundan sonra balık disekte edilir, çalışılacak doku çıkartılır, hipotonizasyon ve fiksasyon işlemlerinden sonra hücre örnekleri lam üzerine damlatılır. Direkt yöntem çeşitli araştırmacılar tarafından balıklar üzerinde kullanılmış ve geliştirilmiştir. Balıklarda sitogenetik yöntemlerde böbrek, dalak, solungaç epitelleri, barsak epitelleri, pul epitelleri, yüzgeç, kan, fibroblastlar, embriyo, gonatlar, kornea, beyin, hava kesesi, karaciğer, kas gibi bütün doku ve organlar kromozom eldesi için kullanılmaktadır. Balıkların hemapoiyetik organı olan böbrek direkt yöntemlerde en çok tercih edilen organdır. Böbrek aktif bölünmeyle bol miktarda kan hücresi üretir. Fakat balığın yaşı ve çevresel faktörler bu aktiviteyi değiştirebilmektedir. Bu durum genellikle çok sayıda kromozoma sahip olan balıklarda sitogenetik analizler için dezavantajdır. Dolaylı metot çeşitli doku hücrelerinin, özellikle kan doku, kültürlerinin yapılması esasına dayanır. Metotta kolşisinin yanında pHA (phytohemagglutinin) gibi mitotik uyarıcılar da kullanılabilir. Dolaylı metotların çok fazla sayıda metafaz elde edilebilmesi, canlının disekte edilmesine gerek kalmaması, aynı örneğin defalarca kullanılabilmesi gibi avantajları vardır. Ancak dolaylı metotlar zordur, çok pahalıdır, fazla zaman alır, kontaminasyon riski yüksektir, ayrıca kromozom sayısı ve morfolojisinde değişimlere sebep olabilir [Denton, 1973; Tüfek, 1993; Pekol, 1999; Gaffaroğlu, 2003].

Dünyada ilk karyotip çalışmalarına 1970’li yıllarda başlanmıştır. Genellikle balıkların büyük çoğunluğu 50 (48–52) kromozoma sahipken, bir kısmı 100 (98–104) kromozoma ve bir kısmı da 150 (148–150) kromozoma sahiptir [Rab ve Collares-Pereira, 1995; Kılıç-Demirok, 2000; Gaffaroğlu, 2003; Gül ve ark., 2004; Gaffaroğlu ve ark., 2009]. Balıkların büyük çoğunluğu diploid olmakla birlikte triploid, tetraploid ve hekzaploidler de yaygındır [Gaffaroğlu, 2003]. Günümüze kadar cyprinidler üzerinde yapılan sitogenetik çalışmalardan bazılarını örnek verecek olursak;

Gobio gobio’nun diploid kromozom sayısının ($2n$) 50, kromozom morfolojisinin 11 çift metasentrik (M), 12 çift submetasentrik (SM), 1 çift subtelosentrik (ST) ve 1 çift akrosentrik (A) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca *G. kessleri banaticus*’un kromozom sayısını $2n=50$: 12 çift M, 10 çift SM, 2 çift ST, 1 çift A ve kol sayısı (NF) 98, *G. albipinnatus vladkovi*’nin kromozom sayısını ise $2n=50$: 14 çift M, 10 çift SM, 1 çift A ve NF=98 bulmuşlardır [Raicu ve ark., 1973].

Barbus holotaenia’nın kromozom sayısını $2n=50$: 12 çift M, 13 çift SM ve NF=100 bulmuştur [Rab, 1981].

Aspius aspius’da kromozom morfolojisi 7 çift M, 14 çift SM, 4 çift ST-A olmak üzere $2n=50$ ve NF=92 bulmuşlardır [Rab ve ark., 1990].

Pseudaspius leptcephalus’da kromozom sayısını $2n=50$: 7 çift M, 13 çift SM-ST, 5 çift ST-A ve NF=90 bulmuştur [Rab, 1991].

Barbus ablabes’de kromozom sayısını $2n=50$: 9 çift M, 15 çift SM, 1 çift ST-A ve NF=96 bulmuşlardır [Rab ve ark., 1995].

Avrupa cprinidlerinden; Leuciscine cyprinidlerinin (*Abramis*, *Alburnoides*, *Alburnus*, *Anaocypris*, *Aspius*, *Blicca*, *Chondrostom*, *Alburnus*, *Anaocypris*, *Chondrostoma*, *Leucaspius*, *Leuciscus*, *Pelecus*, *Phoxinus*, *Rutilus*, *Scardinius*, *Tropidophoxinellus*

ve *Vimba*) kromozom sayısını $2n=50-52$ ile karakterize olduğunu ve karyotip morfolojilerini 6–8 çift M, 12–14 çift SM ve 2–4 çift ST-T bulmuşlardır. *Pachychilon*, *Pararhodeus* ve *Phoxinellus* grubunun kromozom sayısını $2n=50$ fakat karyotip morfolojilerinin bir dereceye kadar yukarıdaki gruptan farklı olduğunu bildirmişlerdir. Gobionine cyprinidlerinin, Avrupa’da *Gobio* genusuyla temsil edilen, kromozom sayısını $2n=50$, karyotip morfolojisini 12 çift M, 12 çift SM-ST ve 1 çift A olduğunu bulmuşlardır [Rab ve Collares-Pereira, 1995].

Leuciscus cephalus’da kromozom sayısını $2n=50$: 18 M, 12 SM, 20 ST-A ve NF=80 bulmuştur [Pekol, 1999].

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, 6 çift ST, 4 çift A ve NF=92 olduğu bildirilmiştir [Gaffaroğlu, 2003].

Alburnoides bipunctatus’da kromozom sayısını $2n=50$: 16 M, 22 SM, 12 ST-A NF=88 bulmuştur [Kılıç-Demirok ve Ünlü, 2004].

Alburnus heckeli (Battalgil, 1943)’de kromozom sayısını $2n=50$: 7 çift M, 9 çift SM, 9 çift A ve NF=82 bulmuşlardır [Gül ve ark., 2004].

Petroleuciscus persidis (Coad, 1981)’de kromozom sayısını $2n=50$: 29 M, 18 SM, 3 ST ve NF=97 bulmuşlardır [Esmaeili ve Pravar, 2006].

Garra gotyla gotyla’da kromozom sayısını $2n=50$: 12 M, 8 SM, 8 ST, 22 telosentrik (T) ve NF=70, *G. kempi*’de $2n=50$: 14 M, 14 SM, 10 ST, 12 T ve NF=78, *G. lissorhynchus*’da $2n=50$: 16 M, 16 SM, 6 ST, 12 T ve NF=82 bulmuşlardır [Sahoo ve ark., 2007].

Pseudorasbora parva (Temminck and Schlegel 1846)'da kromozom sayısını $2n=50$: 7 çift M, 10 çift SM, 8 çift ST ve NF=100 bulduklarını bildirmişlerdir [Gaffaroğlu ve ark., 2009].

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].

2.2.2. C-bantlama

Kromozom kolları, kromozomların birbirinden ayrılmasında rol oynayan bir özelliktir. Bu kollar, kromozoma özgü boyalarla aynı konsantrasyonda boyanmazlar. 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. Ökromatik kısma göre farklı bir yoğunlaşma/çözülme devresi gösteren kromatin, heterokromatindir. 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 ya 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 (bp) daha kısa fakat 10^5 - 10^7 kez peş peşe tekrarlandığı çok tekrarlayan DNA'dır. Diğeri ise en az 1000 bp

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 markerları olarak faydalıdır. Bu bantların dağılışı türler için karakteristik bir özelliktir [Yüzbaşıoğlu, 1996].

Birçok C-bant metodu hafif asit muamelesi, baz denatürasyonu ve sıcak tuzda inkübasyona dayalıdır [Zhang, 1996].

Balık kromozomlarında rutin olarak kullanılan bantlamalardan birisi C-bandı metodudur [Gaffaroğlu ve Yüksel, 2009]. 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 [Zhang, 1996].

Altı cyprinid türünde yapılan C-bantlama çalışmasında; *Zacco platypus*'da bütün kromozomların sentromer bölgelerinde; *Zacco temminckii*'de çok sayıda kromozom çiftinde, *Z. platypus*'a göre daha zayıf boyalı, C-bantlar gözlenmiştir. *Ischikavia steenackeri*'de bazı kromozomların sentromer bölgelerinde C-bant gözlenmiştir. *Sarcocheilichthys variegatus 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*'da bütün kromozomların sentromerik kısımlarının C-bant içerdiği bildirilmiştir [Takai ve Ojima, 1988].

Phoxinus phoxinus ve *Eupallasella percnurus*'da çok sayıda kromozomun bir kolunda ya da her iki kolundaki NOR bölgelerinde ve sentromerlerinde C-bant gözlenmiştir [Boron, 2001].

Vimba vimba ve *V. elongata*'nın tüm kromozom çiftlerinin perisentromer bölgelerinde heterokromatik bölge gözlenmiştir. İki kromozom çiftinin (en uzun metasentrik kromozomu ve subtelo-akrosentrik kromozomu) heterokromatin bölgelerinde farklılık tespit edilmiştir [Rabova ve ark., 2003].

Aspius aspius'da en uzun akrosentrik kromozom çiftinin perisentromerik kısmında heterokromatin bloğu, diğer kromozomların ise zayıf boyalı heterokromatin bölge içerdiği bildirilmiştir [Ocalewicz ve ark., 2004].

Oligosarcus cinsinde yapılan çalışmada, *O. paranensis*'in; *O. pinto*i ve *O. longirostris*'e göre daha zengin heterokromatik bölgeler içerdiği belirlenmiştir. *O. paranensis*'in 16., 17., 18., 19., 20., 21. ve 22. akrosentrik kromozomların uzun kollarında heterokromatin bölgeler gözlenmiştir. *O. pinto*i'de akrosentrik 21. kromozom ve 2. kromozom çiftinde, *O. longirostris*'da 21. akrosentrik kromozomunda heterokromatik bölge tespit edilmiştir [Rubert ve Margarido, 2007].

Acanthobrama marmid ve *Cyprinion macrostomus* türlerinin bütün kromozomlarının perisentromerik bölgelerinde C-bant gözlenmiştir. *A.marmid*'de iki çift submetasentrik kromozomun kısa kollarında ve *C.macrostomus*'da iki çift submeta-subtelosentrik kromozomun kısa kollarında C-bant tespit edilmiştir. Ayrıca iki tür arasındaki C-bant kalıplarında benzerlik olduğu belirtilmiştir [Gaffaroğlu ve Yüksel, 2009].

Leuciscus idus, *L. cephalus* ve *L. leuciscus*'da kromozomların çoğunda sentromer bölgelerinde C-bant görülmüştür [Boron ve ark., 2009].

2.2.3. Nükleolus organizatör bölge (NOR)

Hücre bölünmesi sırasında nükleolus devirsel değişiklikler gösterir. Işık mikroskobu incelemeleri, nükleolusun, profaz başlarken kaybolduğunu ve bölünme tamamlanınca tekrar ortaya çıktığını göstermektedir. Herbir nükleolus sadece bir çift kromozomla

temas halindedir. Bu kromozomlara nükleolus kromozomları ve temas yerine nükleolus organizatörü denir. Telofazda bu nükleolus kromozomlarının nükleolus organizatörü olan bölgelerinden nükleoluslar teşekkül etmektedir. Nükleolus organizatörü bölgeleri rRNA transkripsiyonu yapan genlere sahiptir [Karol ve ark., 2000].

NOR'un ayırt edilmesi gümüş nitrat metodu ile başırlır. Bu boyamanın mekanizması iyonik gümüşün metalik gümüşe redüksiyonu ($Ag^+ \rightleftharpoons Ag^0$) ve transkripsiyonel aktif NOR bölgelerinde üretilen proteinlerle gümüşün etkileşmesine dayanır. Boyama reaksiyonu gerçekleştiğinde, NOR bölgeleri siyaha boyanırken, kromozomun diğer kısımları sarıya boyanmaktadır. Birçok omurgalı grubunda; memelilerde, kuşlarda, sürüngenlerde, iki yaşamlılarda ve balıklarda kromozomal NOR'un gözlenmesi için bu metottan yararlanılmıştır. Kromozomal NOR boyama çok sayıda sitogenetik araştırmanın başında gelir. Bunlar; NOR yapısındaki çalışmalar, NOR'un fonksiyonu ve kalıtımı, NOR'da genetik düzenlenme ve NOR'un tür içi ve türler arasındaki değişkenliğidir [Jenkin, 1992].

Yapılan NOR çalışmalarında farklı homolog kromozomlar üzerinde bulunan NOR'lar farklı büyüklükte olabilmektedir. Hatta bazı balıklarda, aynı homolog kromozom üzerinde bulunan NOR'lar arasında hemen hemen iki katına varan büyüklük farklılıkları görülebilir. NOR'ların bu ölçüde farklılık göstermesinin sistron sayısından ve transkripsiyonel aktivitedeki farklılıklardan kaynaklandığı bildirilmektedir. Balık türlerinde NOR fenotiplerinin belirlenmesinin yanı sıra özellikle tür içi ve türler arası NOR varyasyonlarının ortaya çıkarılması konusunda çalışmalar yoğunlaşmıştır. Tür içi ve türler arasındaki heteromorfizmin dört kategoride değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Bunlar;

- a) Genom başına mutlak NOR sayısı
- b) NOR'ların pozisyon veya 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 kullanılır) [Jenkin, 1992; Pekol, 1999; Gaffaroğlu, 2003].

Hybopsis storeriana, *Nocomis asper* ve *Notropis atherinoides*, *N. bellus*, *N. fumeus*, *N. roseipinnis*'da NOR kısımları belirlenmiştir. *N. asper* ve *H. storeriana*'da iki çift kromozom üzerinde, *N. atherinoides*, *N. bellus*, *N. fumeus*'da büyük bir çift subtelo-akrosentrik kromozomun kısa kollarının ucunda NOR gözlenmiştir. Ayrıca *N. atherinoides*'de küçük bir submetasentrik kromozomun kısa kolunun ucunda ikinci bir NOR çifti gözlenmiştir. *N. bellus* ve *N. fumeus*'da ikinci NOR orta büyüklükteki metasentrik kromozomda tespit edilmiştir [Amemiya ve Gold, 1990].

Barbus cyclolepis'de iki küçük subtelosentrik kromozomun kısa kollarında NOR belirlenmiştir [Rab ve ark., 1996].

Champscephalus gunnari'de iki çift metasentrik kromozom üzerinde NOR belirlenmiştir [Ozouf-Costaz ve ark., 1996].

Eupallasella percnurus ve *Phoxinus phoxinus* gibi türlerin iki çift NOR taşıdığı bilinmektedir [Boron ve ark., 1997; Boron, 2001].

Huso huso'da NOR bir küçük metasentrik kromozomun (19. kr.) kollarının ucunda ve bir submetasentrik kromozomun (30. kr.) uzun kollarının ucunda olmak üzere iki çift kromozom üzerinde tespit edilmiştir [Fontana ve ark., 1998].

Chalcalburnus mossulensis'de birisi büyük, diğeri orta büyüklükte olmak üzere iki çift submetasentrik kromozomun kollarının ucunda, *Cyprinion macrostomus*'da orta büyüklükteki iki çift submetasentrik kromozomun kısa kollarının ucunda, *Acanthobrama marmid*'de, birisi büyük, diğeri orta büyüklükte iki çift submetasentrik kromozomun kısa kollarının ucuna yerleşmiş olarak NOR tespit edilmiştir [Gaffaroğlu, 2003].

Cyprinus carpio'da homolog olmayan iki çift submeta-metasentrik kromozomun kısa kollarının uçlarında NOR tespit edilmiştir [Anjum, 2005].

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının özellikleri

Araştırma alanımız, Sivas ili Gürün ilçesi Yazıyurdu köyü $38^{\circ} 47' 13.81''$ kuzey enlemleri ile $36^{\circ} 57' 13.89''$ doğu boylamları arasında yer alan Tohma Çayı'nın yukarı havzasında bulunan, su kaynağının kollarından birisidir (Harita 3.1, Harita 3.2).

Fırat Nehir sisteminin önemli kollarından Tohma Çayı, her ikisi de Tohma adını taşıyan iki büyük kolun birleşmesiyle meydana gelir. Bunlardan Kangal Tohması, Şarkışla sınırları içinde bulunan Karatonus dağlarından doğar. Kangal topraklarından geçerken Havuz yazısından geçen Havuzlu suyunu da alır. Bu suya Çamurlu da denir. Gürün Tohması, Tahtalı dağlarının eteklerinden doğar. Gürün ilçe merkezi önlerinden geçerken Gökpınar ve Sazcağız derelerini de alarak yoluna devam eder. Malatya sınırları içinde Kangal Tohması ile birleşerek Fırat Nehri'ne dökülmek üzere yoluna devam eder.



Harita 3.1. Örneklerin alındığı yer ve araştırma alanı



Harita 3.2. Örneklerin alındığı yer ve araştırma alanının ayrıntısı

3.1.2. Örneklerin toplanması ve değerlendirilmesi

Ekim 2007 ve Ekim 2008 tarihlerinde yapılan arazi çalışmalarında, Cyprinidae familyasına mensup *Pseudophoxinus firati* türünden 20 örnek toplandı. Balık örneklerinin toplanmasında 12x12 mm ebatında, 10 m uzunluğunda ağ kullanıldı. Ağdan çıkarılan balıklar, 20 litrelik havalandırılmalı taşıma bidonlarına konuldu ve en kısa sürede laboratuvara getirildi. Balıkların bir kısmı alkol ve formaldehit içeren farklı kaplarda saklandı. Bir kısmı ise 40x50x90 cm ebatlarında havalandırılmalı ve sıcaklığı ayarlanmış akvaryumlara aktarıldı.

3.1.3. Kullanılan kimyasal maddeler

Kolşisin çözeltisi, KCl çözeltisi, fiksasyon çözeltisi, Söransan fosfat tamponu, Giemsa boya çözeltisi, HCl çözeltisi, Ba(OH)₂ çözeltisi, 2 X SSC çözeltisi, kolloidal geliştirici çözelti, sulu gümüş nitrat çözeltisi.

3.2. Metotlar

3.2.1 Metrik ve meristik özelliklere göre tür teşhisi

Balıkların bir kısmı laboratuvara getirildikten sonra metrik ve meristik karakterlere göre tür teşhisi yapıldı. Arazide sadece ön teşhisi yapıldı, tam teşhis laboratuvarda yapıldı. Teşhiste Atalay (2005) ve Bogutskaya ve ark. (2006)'dan yararlanıldı [Atalay, 2005; Bogutskaya ve ark., 2006]. Ayrıca balıkların gonatlarından eşey tayini yapıldı.

3.2.2. Havada kurutma tekniği ve karyotip hazırlanması

Balıkların karyolojik analizleri için Collares-Pereira (1992)'nin "Havada Kurutma" tekniği çok az modifiye edilerek kullanıldı [Collares-Pereira, 1992]. Öncelikle balıklar laboratuvar ortamına uyum sağlamaları için bir hafta akvaryumda bekletildi.

Balıklara intraperitoneal olarak 1 g vücut ağırlığı için 0,01 ml, % 0,1'lik kolşisin enjekte edildi. Enjeksiyondan 2,5 saat sonra balıklar disekte edildi ve böbrekleri 0,075 M KCl'de 37°C'de 35–40 dakika bekletildi. İnkübasyondan sonra tüpler 1200 rpm'de 10 dakika santrifüj edildi. Elde edilen doku asetik alkol tesbit (fiksatif) çözeltisi (Farmer'ın formülü) ile yıkanarak santrifüj işleri tekrarlandı. Süpernatant atılıp, çökelti kısmı kullanıldı. Çökeltiden lamalar üzerine damlatıldı. Her örnekten 10 preparat hazırlandı. Preparatlar kurutulduktan sonra bir kısmı pH 6,8'deki Söransan tamponuyla hazırlanmış % 10'luk Giemsa boyasında 15 dakika bekletildi. Yıkanan ve havada kurutulan preparatlar Entellan ile kapatılarak daimi preparat haline getirildi.

Karyotip için “Havada Kurutma” yöntemine göre hazırlanan preparatlar, Leica Araştırma mikroskopunda tarandı ve 100'lük objektifte 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 kromozomların sentromerleri, kısa kollar üstte kalacak şekilde, kromozom morfolojilerine göre gruplandırılarak resim kağıdı üzerinde, soldan sağa ve büyükten küçüğe doğru eşleştirilip yapıştırıldı. Sentromer indeksleri (CI), kol oranları, nispi uzunlukları, kol sayıları (NF) hesaplandı. Kromozomlar Levan ve ark. (1964)'na göre sınıflandırıldı [Levan ve ark., 1964]. Ayrıca kromozomların sınıflandırılmasında Gülkaç (2001)'dan da yararlanıldı [Gülkaç, 2001].

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 [Gülkaç, 2001].

Nispi uzunluk ise şu şekilde hesaplandı.

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

Çizelge 3.1. Sentromer pozisyonuna göre kromozomların sınıflandırılması [Gülkaç, 2001]

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

3.2.3. C-bantlama tekniği

Hazırlanmış olan preparatlardan C-bantlama yapmak için Sumner (1972)'ın tekniği kısmen modifiye edilerek kullanıldı [Sumner, 1972]. Preparatlar oda sıcaklığında şale içerisindeki 0,2 N HCl'de 30 dakika bekletildi. Preparatlar 37°C'de Ba(OH)₂'de 15 dakika inkübe edildi. Preparatlar 2 X SSC'de 2 saat inkübe edildi. İnkübasyondan sonra preparatlar pH 6,8'deki Söransan tamponuyla hazırlanmış % 10'luk Giemsa boyasında 15 dakika bekletildi. Yıkanan ve kurutulan preparatlar Entellan ile kapatılarak daimi preparat haline getirildi.

C-bandı için, daha önce hazırlanmış olan preparatlar, yukarıda bahsedilen işlemlerden geçirildikten sonra, preparatların taranması yapıldı. Uygun metafazların fotoğrafları çekildi ve C-bandı 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 [Howell ve Black, 1980]. Preparatların üzerine 70 mikrolitre koloidal geliştirici çözelti ve 140 mikrolitre sulu gümüş nitrat çözeltisinden damlatıldı. Preparatların üzeri lamelle kapatıldıktan sonra 70 °C'deki etüve kondu. Preparatın rengi altın kahverengiye dönüşünce etüvden çıkarıldı ve üzerindeki lamel kaldırıldı. Preparat önce çeşme suyunda daha sonra distile suda iyice yıkandı ve kurumaya bırakıldı. Preparatlar pH 6,8'deki Söransan tamponuyla hazırlanmış % 10'luk Giemsa boyasında 15 dakika bekletildi. Yıkanan ve kurutulan preparatlar Entellan ile kapatılarak daimi preparat haline getirildi.

NOR boyama için, daha önce hazırlanmış olan preparatlar, yukarıda bahsedildiği gibi gümüş boyama yöntemiyle boyandıktan sonra, preparatların taranması yapılarak NOR sayısında güvenilirlik sağlandı. Uygun metafazların fotoğrafları çekildi ve NOR taşıyan kromozomlar işaretlendi.

4.DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

4.1.1. Metrik ve meristik bulgular

Balıkların gonatlarından yapılan eşey tayininde 20 örneğin, 15'i dişi, 5'i erkek olarak tespit edildi.

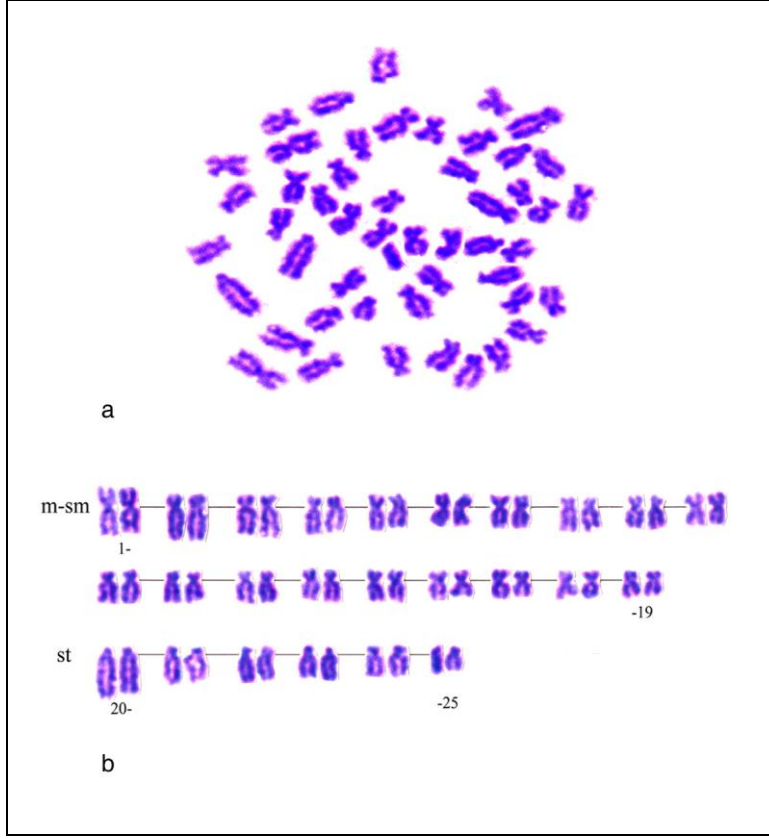
4.1.2. Karyotip analizi

Pseudophoxinus firati türünün karyolojisini belirlemek amacıyla bu türün bireylerinden elde edilen preparatlardan iyi kalitede olan toplam 100 metafaz plağı incelenmiştir. İncelenen metafaz plaklarında bu türün diploid kromozom sayısı $2n=50$ olarak tespit edilmiştir. Kromozom morfolojisi; 19 çift meta-submetasentrik, 6 çift subtelosentrik ve NF=88 bulunmuştur (Çizelge 4.1, Şekil 4.1.a, Şekil 4.1.b). Eşey kromozomları farklılaşması görülmedi.

Çizelge 4.1. *Pseudophoxinus firati*'nin karyotip analizi

Tür	Örnek sayısı	Metafaz sayısı	Diploid sayı (2n)	NF	Kromozom morfolojisi	
					M-SM	ST
<i>Pseudophoxinus firati</i>	12	100	50	88	19 çift	6 çift

12 örnekte sayılan 100 metafaz plağındaki 50 kromozomlu hücre oranı % 87, 48 kromozomlu hücre oranı % 4, 47 kromozomlu hücre oranı % 2, 46 kromozomlu hücre oranı % 3 ve 45, 44, 43, 42 kromozomlu hücre oranları ise % 1 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2).



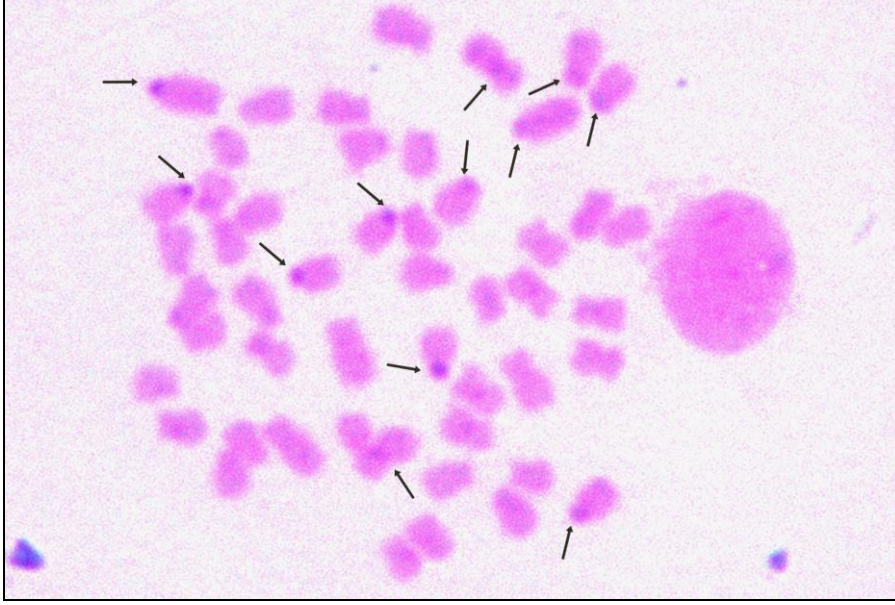
Şekil 4.1.a. *Pseudophoxinus firati*'nin metafaz plağı

b. *Pseudophoxinus firati*'nin karyotipi

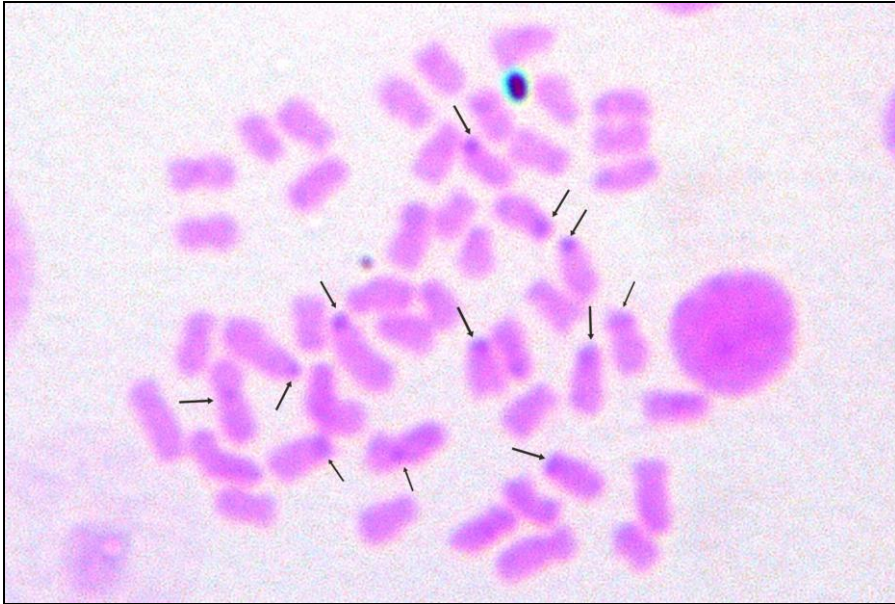
Çizelge 4.2. *Pseudophoxinus firati*'nin kromozom sayı analizi

Örnek sayısı	Kromozom sayısı (2n)										Toplam metafaz sayısı
	42	43	44	45	46	47	48	50	51	52	
1	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	8
2	-	-	-	-	1	-	-	7	-	-	8
3	-	-	-		-	1	1	6	-	-	8
4	-	-	-	1	1	-	1	10	-	-	13
5	-	-	1	-	-	1	-	7	-	-	9
6	1	-	-	-	-	-	-	7	-	-	8
7	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	5
8	-	-	-	-	1	-	1	8	-	-	10
9	-	1	-	-	-	-	-	7	-	-	8
10	-	-	-	-	-	-	1	9	-	-	10
11	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	7
12	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	6
Toplam	1	1	1	1	3	2	4	87	-	-	100

4.1.3. C-bant analizi



(a)



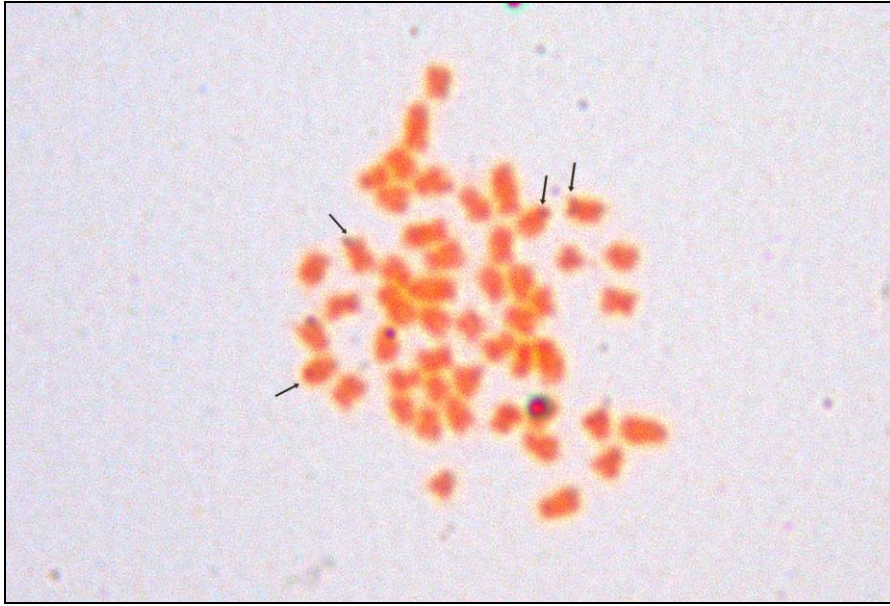
(b)

Şekil 4.2.a. *Pseudophoxinus firati*'nin C-bantlı metafaz plağı

b. *Pseudophoxinus firati*'nin C-bantlı metafaz plağı

C-bantlama ile altı çift kromozomun sentromerlerinde konstitütif heterokromatin bölge tespit edildi. Bunlardan beş çift kromozom koyu boyalı iken bir çift kromozom zayıf boyalıdır (Şekil 4.2.a, Şekil 4.2.b).

4.1.4. NOR analizi



Şekil 4.3. *Pseudophoxinus firati*'nin metafaz plağında NOR

Orta büyüklükte iki çift submeta-subtelosentrik kromozomun kısa kollarında NOR tespit edildi (Şekil 4.3).

4.2. Tartışma

Pseudophoxinus türlerine ait ülkemizde bugüne kadar yapılmış sitogenetik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yaptığımız çalışmada *Pseudophoxinus firati*'nin karyotip özellikleri belirlenmiştir. Diploid kromozom sayısı ve kromozom morfolojisinin yanı sıra C-bant ve NOR boyama özellikleri de tespit edilmiştir. *Pseudophoxinus firati*'nin kromozom sayısı 19 çift meta-submetasentrik, 6 çift subtelosentrik olmak üzere $2n=50$ ve $NF=88$ bulunmuştur. Tür ve populasyon içinde, eşeyler ve bireyler arasında karyotip çeşitliliğine rastlanmamıştır. B-kromozomları gözlenmemiştir.

Genel olarak cyprinidlerde karyotip median pozisyonundan terminal pozisyona doğru derece derece küçülerek sıralanır [Rab ve Collares-Pereira, 1995]. Bizim bulgularımızda da karyotip bu şekilde sıralanmıştır.

Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan üç cyprinid türünün karyotip analizini yapan Gaffaroğlu (2003), *Acanthobrama marmid*'in kromozom sayısını 6 çift M, 7 çift SM, 9 çift ST, 3 çift A olmak üzere $2n=50$ ve $NF=94$ bulmuştur. *Chalcalburnus mossulensis*'in kromozom sayısını $2n=50$: 6 çift M, 8 çift SM, 5 çift ST, 6 çift A ve $NF=88$ bulmuştur. *Cyprinion macrostomus*'un kromozom sayısını 3 çift M, 12 çift SM, 6 çift ST, 4 çift A olmak üzere $2n=50$ ve $NF=92$ bulmuştur [Gaffaroğlu, 2003]. Bu çalışmadaki kromozom sayıları bulgularımızla aynı iken kromozom morfolojileri farklılık göstermektedir. Bizim çalışmamızda akrosentrik kromozom çiftine rastlanmamıştır.

Gaffaroğlu ve ark. (2009)'nın yaptıkları bir çalışmada, *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel 1846)'da kromozom sayısını $2n=50$: 7 çift M, 10 çift SM, 8 çift ST ve $NF=100$ bulmuşlardır [Gaffaroğlu ve ark., 2009]. *P. parva*, meta-submetasentrik kromozomlarının fazla sayıda, subtelosentrik kromozomlarının az sayıda olması bakımından bulgularımıza benzerlik gösterir.

Avrupa cyprinidlerinden Leuciscine cyprinidlerinin (*Abramis*, *Alburnoides*, *Alburnus*, *Anaocypris*, *Aspius*, *Blicca*, *Chondrostoma*, *Alburnus*, *Anaocypris*, *Chondrostoma*, *Leucaspius*, *Leuciscus*, *Pelecus*, *Phoxinus*, *Rutilus*, *Scardinius*, *Tropidophoxinellus* ve *Vimba*) kromozom sayısının $2n=50-52$ ile karakterize olduğunu ve karyotip morfolojilerinin 6-8 çift M, 12-14 çift SM ve 2-4 çift ST-T olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki M-SM ve ST kromozomların sayıları bulgularımızla benzerlik gösterir [Rab ve Collares-Pereira, 1995].

Caecobarbus geertsii'de kromozom sayısı $2n=50$, kromozom morfolojisi 6 çift M, 14 çift SM ve 5 çift ST bulunmuştur [Vervoort, 1980]. *Leuciscus cephalus*'un kromozom sayısı $2n=50$: 17 çift M-SM, 8 çift ST-T ve $NF=84$ bulunmuştur [Al

Sabti, 1986]. Bu çalışmalar, bizim bulgularımızla kromozom morfolojileri bakımından oldukça benzeşmektedir.

Eupallasella percnurus'da kromozom sayısını $2n=50$: 5 çift M, 15 çift SM, 5 çift ST-A ve NF=90 bulmuşlardır [Boron ve ark., 1997]. Bizim çalışmamızda da M-SM kromozom çiftleri fazla sayıda, ST kromozom çiftleri az sayıdadır. Ancak bizim bulgularımızda akrosentrik kromozom çiftine rastlanmamıştır.

Cyprinidae familyasında çeşitli kromozomal çalışmalara çok sık rastlansa da C-bantlama çalışmaları az sayıdadır. Karakteristik C-bant kalıpları çoğunlukla cyprinidlere ve diğer düşük teleostean gruplara özgüdür. Heterokromatin farklılığı cyprinidlerin kromozom evolüsyonunda ve türlerin farklılaşmasında kullanılabilir. Sentromerik C-bantlar üç farklı tipe ayrılabilir. 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]. Bizim bulgularımızda konstitütif heterokromatin altı çift kromozomda tespit edilmiş olup üçüncü tipe girmektedir.

Ictalurus punctatus'da C-bant kalıplarının sentromer bölgesiyle sınırlı olduğu ve *Oncorhynchus mykiss*'e benzer olduğu bildirilmiştir [Zhang, 1996]. *Acanthobrama marmid* ve *Cyprinion macrostomus*'da kromozomların perisentromerik bölgelerinde C-bant gözlenmiştir [Gaffaroğlu ve Yüksel, 2009]. Bizim bulgularımızda da C-bant sentromerde gözlenmiştir.

Bazı balıklarda ise konstitütif heterokromatinin telomerde gözleendiği bildirilmiştir [Zhang, 1996].

Noemacheilus barbatulus'da NOR taşıyan en uzun metasentrik kromozom çiftinin C-bant için de pozitif olduğu bildirilmiştir. Büyük heterokromatin bloğunun kromozom kollarında sentromerin bir tarafında yer aldığı bildirilmiştir. Ayrıca ikinci metasentrik kromozom çiftinin kollarında, sentromerin bir tarafında lokalize olarak da gözlenmiştir. Diğer kromozomların çoğunun bir kolunda ya da her iki kolunda sentromerik C-bantlar olduğu gözlenmiştir [Boron, 1995b]. *Sabanejewia aurata balcanica*'da en uzun metasentrik kromozomun perisentromerik kısımlarında geniş heterokromatik blok ve çok sayıda kromozom çiftinin perisentromerlerinde C-bant gözlenmiştir [Rab ve ark., 1991b]. Geniş heterokromatin bloğunun çok sayıda cyprinid türünde de olduğu rapor edilmiştir [Takai ve Ojima, 1988]. *Cobitis taenia*'da kromozomların çoğunda sentromerde ve bazı metasentrik ve submetasentrik kromozomların perisentromerik kısımlarında C-bant gözlenmiştir. Üç kromozom çiftinde heterokromatin bloğu olduğu bildirilmiştir. Bazı kromozomlarda büyük heterokromatin bloğunun perisentromerik inversiyonlar ve sentrik füzyon gibi kromozom içi düzenlemeler sonucu oluştuğu düşünülmektedir [Boron, 1995a].

Aspius aspius'da en uzun akrosentrik kromozom çiftinin perisentromerik kısmında heterokromatin bloğu, diğer kromozomların ise zayıf heterokromatin bölge içerdiği bildirilmiştir [Ocalewicz ve ark., 2004]. Bizim bulgularımızda ise bir çift kromozomda zayıf heterokromatin gözlenmiştir.

Acanthobrama marmid'de iki çift submetasentrik kromozomun kısa kollarının ucunda, *Chalcalburnus mossulensis*'de iki çift submetasentrik kromozomun kollarının ucunda, *Cyprinion macrostomus*'da ise iki çift submetasentrik kromozomun kısa kollarının ucunda NOR tespit edilmiştir. Türler arasında NOR taşıyan kromozomların büyüklüklerinde farklılıklar gözlenmiştir. *C. macrostomus*'da NOR'un orta büyüklükteki iki çift kromozom üzerinde olduğu bildirilmiştir [Gaffaroğlu ve ark., 2006; Yüksel ve Gaffaroğlu, 2008a; Yüksel ve Gaffaroğlu,

2008b]. Bizim çalışmamızda da NOR, iki çift orta büyüklükte kromozom üzerinde gözlenmiştir.

Leporinus, *Notropis* ve *Nocomis* cinslerinin birçok türünde, *Schizodon nasutus*, *Hybopsis aestivalis*, *H. storeriana*, *Pimephales signipinnis*, *P. welaka*, *Coregonus albula*, *Champscephalus gunnari*, *Barbus cyclolepis*'de ve birçok türde bizim çalışmamızda olduğu gibi iki çift kromozomda NOR bulunmuştur [Galetti ve ark., 1984; Amemiya ve Gold, 1988; Amemiya ve Gold, 1990; Jankun ve ark., 1991; Ozouf-Costaz ve ark., 1996; Rab ve ark., 1996].

NOR, genellikle ST ve SM kromozomların kısa kollarının ucunda görülmesine rağmen, bazen submetasentrik ve subtelosentrik kromozomların uzun kollarının ucunda, metasentrik ve akrosentrik kromozomların kollarında, ayrıca telomer ile sentromerler arasında, sentromere bitişik durumda görülebilmektedir [Galetti ve ark., 1984; Amemiya ve Gold, 1990; Sola ve ark., 1993; Rab ve ark., 1996; Jankun ve ark., 1998]. Çok nadir de olsa eşey kromozomlarında NOR bulunabilmektedir [Bertollo ve ark., 1992].

Leporinus elongatus'un iki submetasentrik kromozomunun ucunda, *Pimephales signipinnis* ve *P. welaka*'nın orta büyüklükteki submetasentrik kromozomunun kısa kolunun ucunda ve büyük subtelo-akrosentrik kromozomunun kısa kolunun ucunda, *Silurus glanis*'in iki submetasentrik kromozomunun kısa kollarının ucunda, *Capros aper*'in iki küçük submetasentrik kromozomunun kısa kolunun ucunda, *Huso huso*'nun bir çift metasentrik kromozom kolunun ucunda ve bir çift submetasentrik kromozomunun uzun kolunun ucunda NOR tespit edildiği bildirilmiştir [Galetti ve ark., 1984; Amemiya ve Gold, 1990; Rab ve ark., 1991a; Vitturi ve Lafargue, 1992; Fontana ve ark., 1998]. Bizim çalışmamızda NOR, submeta-subtelosentrik kromozomların kısa kollarının ucunda bulunmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeryüzünde var olan biyolojik çeşitliliğin orijini ve sınıflandırılması ilk zamanlardan bu yana insanoğlunun üzerinde düşündüğü ve tartıştığı konulardan olmuştur. Araştırmacılar yüzyıllarca biyolojik dünyadaki çeşitliliği saptamaya, tanımlamaya ve açıklamaya çalışmışlardır. Her ne kadar biyolojik çeşitliliği tanımlamak ve sınıflandırmak için önceki yaklaşımlar filogenetik sistematikten bağımsız idiyse de, daha sonra gelen araştırmacılar sınıflandırmanın filogenetik ilişkiye dayandırılması gerektiği fikrini geliştirmişlerdir. Geleneksel olarak, filogenetik sistematik ve mikroevrim ise populasyon genetikçileri tarafından çalışılmıştır. Hiç şüphe yok ki, evrimin anlaşılması için populasyon genetiği ve populasyon genetiğinin anlaşılması için de evrim bilgisine ihtiyaç vardır [Karataş, 2005].

Ülkemiz zoocoğrafik açıdan incelendiğinde bir kıta özelliği göstermektedir ve tür çeşitliliği açısından oldukça zengin bir ülkedir. Özellikle iç sular ve burada yaşayan balık faunası bakımından zengin olan ülkemizde tatlı su balıklarının sistematğinde bazı türlerin birbirlerine yakınlıkları ve farklılıkları konusunda çeşitli sorunlar yaşanmaktadır. Hangi konuda çalışılırsa çalışılsın üzerinde inceleme yapılan canlının ne olduğunun kesin olarak bilinmesi gerekir ve bu nedenle de tür ayırımının mutlaka net olarak yapılması gerekmektedir [Atalay, 2005; Karahan, 2007].

Balıkların filogenetik incelenmesinde en uygun morfolojik özelliklerin seçimi bakımından büyük fikir ayrılıkları vardır; kimileri kranyal osteolojiyi, kimileri kaudal bölgenin osteolojisini, kimileri pulların, kimileri yüzgeçlerin yapısını, kimileri de vücudun yumuşak kısımlarının yapısını birinci derecede önemli saydıklarından, çok çeşitli sistemler ortaya çıkmıştır. Özellikle 1900'lü yıllarda yapılan çok sayıdaki taksonomik araştırma sonucu pek çok sınıflandırma ortaya çıkmıştır ve bunlardan birçoğu halen geniş çapta kullanılmaktadır [Demir, 2006].

Her türün kendine özel bir karyotipi vardır. Bu yüzden karyotipler, türler arasındaki taksonomik farklılıkların ortaya çıkarılmasına ışık tutabilmektedir. Kromozom

analizleri sonucunda kromozom sayı ve morfolojisi, türlerin kolay bir şekilde tanımlanmasında, farklı türler arasındaki yakın ilişki veya farklılıkların ortaya konmasında kullanılmaktadır. Balık türleri arasında kromozom sayısı ve morfolojisi çeşitlilik gösterebilir. Bu çeşitlilik, populasyon içi ve arasındaki evrimsel ilişkiyi araştırmada kullanılabilir [Karahan, 2007].

Bir canlının genetik yapısının bilinmesi; o canlının kültürü, ıslahı ve melezlenmesinde kolaylıklar sağlar. Bu bilgiler, su ürünlerinde ve balık yetiştiriciliğinde önemli yere sahiptir. Bu amaçla balık üretiminde artış sağlamak için, balıkların genetik yapısının bilinmesi ve uygun ıslah yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir [Gaffaroğlu, 2003].

Karyotip ve bantlama teknikleri, çevrenin zararlı etkilerinin belirlenmesinde bir gösterge olarak da kullanılmaktadır. Yani çevresel kirleticilerin üzerindeki etkilerinin araştırılmasında kromozomlar indikatör olarak kullanılabilir [Gaffaroğlu ve ark., 2006].

Kromozomal filogeni çok sayıda yüksek omurgalı grubunda, özellikle memelilerde kullanılmıştır. Bu filogeniler genellikle seri bantlı kromozom setlerinin kladistik analizi sonucu elde edilir. Seri bantlı kromozomlar büyük oranda ayırt edici ve faydalıdır. Balıklarda seri bantlı kromozomları elde etmedeki zorluklardan dolayı bu pek mümkün olmamıştır [Amemiya, 1987].

Cyprinidler Avrasya'nın ılıman tatlı su balık faunaları içindeki önemli balıklardır. Bu yüzden bu familyanın tatlı su ekosistemindeki rolü oldukça önemlidir. Farklı habitatlara yerleşmelerinden kaynaklanan çok çeşitli morfolojilere sahip olduklarından, grubun filogenisi ile ilgili birçok soru bulunmaktadır. *Pseudophoxinus* türlerinin Anadolu'daki dağılımının oldukça ilginç olduğu anlaşılmaktadır. *Pseudophoxinus* cinsi, büyük bir ekonomik değere sahip değildir. Bölgesel pazarlarda satışa sunulsa da, genellikle ekonomik gücü düşük çevreler tarafından yakalanıp sevilerek tüketilmektedir. Küçük vücutlu sazan türlerinin farklı sebeplerle

oluşmuş olumsuz çevre şartlarından etkilenmiş habitatlarında, birçok türün neslinin tükendiği, diğer birçok türün ise tükenmek üzere olduğu ve çok küçük kaynak veya kaynak havuzlarında sınırlı kaldığı belirlenmiştir. Bu sebeple dışarıdan gelebilecek olumsuz etkenlere karşı dirençsiz olan bu küçük kaynak suları ve göletlerin zaman geçirilmeden korunma altına alınması, birçok türün neslinin devamının sağlanması açısından son derece önemlidir [Atalay, 2005].

Anadolu'da zengin endemik potansiyele sahip *Pseudophoxinus* cinsinin genetik özelliklerinin belirlenerek türlerin korunmaya alınması biyolojik çeşitliliğimizin ve gen zenginliğimizin geleceği açısından önemlidir. Genotipik çeşitliliğin bulunması, ancak gen kaynaklarının korunmasıyla mümkündür. Ayrıca bu cinsin sınıflandırılmasında kullanılan geleneksel morfolojik karakterlerin yanı sıra sitogenetik ve moleküler çalışmalar da faydalı olacaktır.

Bu çalışmanın; balık sitogenetiği ve taksonomisine katkıda bulunacağı ve balıklar üzerinde yapılacak diğer sitogenetik çalışmalara kaynak teşkil edeceği düşünülmektedir. İlerleyen zamanlarda ülkemizde yaşayan diğer *Pseudophoxinus* türlerinde yapılacak karyotip çalışmalarla türler arasında sitogenetik açıdan karşılaştırmalar yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Al-Sabti, K., “Karyotypes of *Cyprinus carpio* and *Leuciscus cephalus*”, *Cytobios*, 47: 19-25 (1986).
- Amemiya, C. T., “Cytogenetic and cytosystematic studies on the nucleolus organizer regions of North American cyprinid fishes”, Doktora Tezi, *Graduate College of Texas A&M University*, Texas, 5-120 (1987).
- Amemiya, C. T., Gold, J. R., “Chromosomal NORs as taxonomic and systematic characters in North American Cyprinid fishes”, *Genetica*, 76: 81-90 (1988).
- Amemiya, C. T., Gold, J. R., “Cytogenetic studies in the North American minnows (Cyprinidae)”, *Hereditas*, 112: 231-247 (1990).
- Anjum, R., “Cytogenetic investigations on the wild common carp (*Cyprinus carpio* L.) from Vinh-Phu Province of Capital North Vietnam”, *International Journal of Agriculture & Biology*, 7 (5): 729-731 (2005).
- Atalay, M. A., “*Pseudophoxinus* (Pisces, Cyprinidae) Genusu’nun Anadolu’da yayılışı ve taksonomik özelliklerinin belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-120 (2005).
- Başbüyük, H. H., Bardakçı, F., Belshaw, R., Quiche, L. J. D., “Phylogenetic Systematics 1st ed.”, *Önder Matbaa*, Sivas, 1-20 (2000).
- Bertollo, L. A. C., Cavallaro, Z. I., “A highly differentiated ZZ/ZW sex chromosome system in a Characidae fish, *Triportheus guentheri*”, *Cytogenetics and Cell Genetics*, 60: 60-63 (1992).
- Bogutskaya, N. G., “A revision of species of the genus *Pseudophoxinus* (Leuciscinae, Cyprinidae) from Asia Minor”, *Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst.*, (89): 261-290 (1992).
- 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.*, 94: 161-186 (1997).
- Bogutskaya, N. G., Küçük, F., Atalay, M. A., “A description of three new species of the genus *Pseudophoxinus* from Turkey (Teleostei: Cyprinidae: Leuciscinae)”, *Zoosystematica Rossica*, 15 (2): 335-341 (2006).
- Boron, A., “Chromosome banding studies of spined loach *Cobitis taenia* (L.)”, *Cytobios*, 81: 97-102 (1995a).

Boron, A., “Chromosome banding studies of *Noemacheilus barbatulus* (Linnaeus, 1758) from Poland”, **Caryologia**, 48 (3-4): 239-246 (1995b).

Boron, A., “Comparative chromosomal studies on two minnow fish, *Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758) and *Eupallasella percnurus* (Pallas, 1814); an associated cytogenetic-taxonomic considerations”, **Genetica**, 111: 387-395 (2001).

Boron, A., Jankun, M., Kuszniarz, J., “Chromosome study of swamp minnow *Eupallasella percnurus* Dybowski (1916) from Poland”, **Caryologia**, 50 (1): 85-90 (1997).

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**, 135: 199-207 (2009).

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).

Değer, D., “Dicle Nehri’nde yaşayan Cyprinidae familyası dışındaki bazı balık türlerinin karyolojik özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, **Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Diyarbakır, 1-33 (2006).

Demir, N., “İhtiyoloji”, **Nobel Yayın Dağıtım**, III. Baskı, Ankara, 1-62 (2006).

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

Denton, T. E., “Fish Chromosome Methodology 1st ed.”, **Charles C Thomass Publisher**, Springfield, 1-85 (1973).

Esmaeili, H. R., Pıravar, Z., “Karyotype of Persian Chub, *Petroleuciscus persidis* (Coad, 1981) (Actinopterygii: Cyprinidae) from Southern Iran”, **Turk J. Zool.**, 30: 137-139 (2006).

Flajshans, M., Rab, P., “Chromosome study of *Oncorhynchus mykiss kampllops*”, **Aquaculture**, 89: 1-8 (1990).

Fontana, F., Tagliavini, J., Congui, L., Lanfredi, M., Chicca, M., Laurente, C., Rossi, R., “Karyotypic characterization of the great sturgeon, *Huso huso*, by multiple staining techniques and fluorescent in situ hybridization”, **Marine Biology**, 132: 495-501 (1998).

Freyhof, J., Özuluğ, M., “*Pseudophoxinus ninae*, a new species from Central Anatolia, Turkey (Teleostei: Cyprinidae)”, **Ichtyol.**, 17 (3): 255-259 (2006).

Gaffaroğlu, M., “Karakaya Baraj Gölünde yaşayan Cyprinidae familyasına ait bazı türlerin karyolojik analizleri”, Doktora Tezi, **İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Malatya, 1-65 (2003).

Gaffaroğlu, M., Yılmaz, M., Yılmaz, M., “Karyotype of *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel 1846) (Pisces, Cyprinidae) in Kızılırmak River, Turkey”, **Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.**, 15 (3): 325-327 (2009).

Gaffaroğlu, M., Yüksel, E., “Constitutive heterochromatin in *Acanthobrama marmid* and *Cyprinion macrostomus* (Osteichthyes, Cyprinidae)”, **Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg.**, 15 (2): 169-172 (2009).

Gaffaroğlu, M., Yüksel, E., Rab, P., “Note on the karyotype and NOR phenotype of leuciscine fish *Acanthobrama marmid* (Osteichthyes, Cyprinidae)”, **Biologia**, 61 (2): 207-209 (2006).

Galetti, P. M. Jr., 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**, 37 (4): 401-406 (1984).

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

Gold, J. R., Li, Y. C., Shipley, N. S., Powers, P. K., “Improved methods for working with fish chromosomes with a review of metaphase chromosome banding”, **J. Fish Biol.**, 37: 563-575 (1990).

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

Gülkaç, M. D., “Malatya yöresi kör fareleri (Mammalia: Spalacidae) üzerinde sitogenetik bir inceleme”, Doktora Tezi, **İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Malatya, 1-50 (2001).

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

Hrbek, T., Stölting, K. N., Bardakci, F., Küçük, F., Wildekamp, R. H., Meyera, A., “Plate tectonics and biogeographical patterns of the *Pseudophoxinus* (Pisces: Cypriniformes) species complex of central Anatolia, Turkey”, **Molecular Phylogenetics and Evolution**, 32 (1): 297-308 (2004).

Jankun, M., Rab, P., Vuorinen, J., “A karyotype study of vendace, *Coregonus albula* (Pisces, Coregoninae)”, **Hereditas**, 115: 291-294 (1991).

Jankun, M., Woznicki, P., Dajnowicz, G., Demska-Zakes, K., Luczynski, M. J., “Heterochromatin and NOR location in northern pike (*Esox lucius*)”, *Aquat. Sci.*, 60: 17-21 (1998).

Jenkin, J. D., “Cytosystematic studies of North American Cyprinidae, with emphasis on the “Western” clade”, Doktora Tezi, *Office of Graduate Studies Texas A&M University*, Texas, 1-64 (1992).

Karahan, A., “*Garra rufa* ve *Garra variabilis*’in morfolometrik ve sitogenetik yönden karşılaştırmalı olarak incelenmesi”, Doktora Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin, 1-110 (2007).

Karataş, M., “Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri”, *Nobel Yayın Dağıtım*, I. Baskı, Ankara, 423-429 (2005).

Karol, S., Ayvalı, C., Suludere, Z., “Hücre Biyolojisi”, *Öğün Matbaacılık*, IV. Baskı, Ankara, 322-324 (2000).

Kılıç-Demirok, N., “Dicle su sisteminde yaşayan bazı cyprinid tür ve alttürlerinin kromozomları üzerine çalışmalar”, Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, 1-71 (2000).

Kılıç-Demirok, N., Ünlü, E., “Karyotype of the cyprinid fish *Alburnoides bipunctatus* (Cyprinidae) from the Tigris River”, *Folia Biologica*, 52 (1-2): 57-59 (2004).

Kuru, M., “Türkiye içsu balıklarının son sistematik durumu”, *G.Ü. Gazi Eğitim Fak. Derg.*, 24 (3): 1-21 (2004).

Küçük, F., “*Pseudophoxinus alii* (Teleostei: Cyprinidae), a new fish species from the Antalya Region, Turkey”, *Turk J. Zool.*, 31: 99-106 (2007).

Küçük, F., İkiz, R., “Antalya Körfezi’ne dökülen akarsuların balık faunası”, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 21 (3-4): 287-294 (2004).

Levan, A., Fredga, K., Sandberg, A. A., “Nomenclature for centromeric position on chromosomes”, *Hereditas*, 52: 201-220 (1964).

Ocalewicz, K., Jankun, M., Boron, A., “Karyotypic characterization of bream, *Abramis brama* (Pisces, Cyprinidae)”, *Folia Zool.*, 53 (3): 329-334 (2004).

Ozouf-Costaz, C., Pisano, E., Bonillo, C., Williams, R., “Ribosomal RNA location in the Antarctic fish *Champscephalus gunnari* (Notothenioidei, Channichthyidae) using banding and fluorescence in situ hybridization”, *Chromosome Research*, 4: 557-561 (1996).

Özuluğ, M., Öztürk M. O., “Threatened fishes of the world: *Pseudophoxinus anatolicus* (Hanko 1924) (Cyprinidae), Central Anatolia, Turkey”, **Environ. Biol. Fish.**, 83 (2): 183-184 (2007).

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, 1-68 (1999).

Rab, P., “Karyotypes of two African Barbels *Barbus bariloides* and *Barbus holotaenia*”, **Folia Zoologia**, 30 (2): 181-190 (1981).

Rab, P., “The karyotype of the Cyprinid fish *Pseudaspius leptcephalus*”, **Japanese Journal of Ichthyology**, 38 (3): 329-331 (1991).

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

Rab, P., Karakousis, Y., Rabova, M., “Karyotype, NOR phenotype and C-banding study of *Barbus cyclolepis* from Greece”, **Folia Zool.**, 45 (1): 77-83 (1996).

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**, 48 (3-4): 299-307 (1995).

Rab, P., Mayr, B., Roth, P., “Chromosome banding study of European catfish, *Silurus glanis* (Pisces, Siluridae)”, **Genetica**, 83: 153-157 (1991a).

Rab, P., Roth, P., Arefjev, V. A., “Chromosome studies of European Leuciscine fishes (Pisces, Cyprinidae) karyotype of *Aspius aspius*”, **Caryologia**, 43 (3-4): 249-255 (1990).

Rab, P., Roth, P., Vasileva, E. D., “Chromosome banding study of the golden loach, *Sabanejewia aurata balcanica* from Slovakia (Cobitidae)”, **Jap. J. Ichthyol**, 38 (2): 141-146 (1991b).

Rabova, M., Rab, P., Ozouf-Costaz, C., Ene, C., Wanzeböck, J., “Comparative cytogenetics and chromosomal characteristics of ribosomal DNA in the fish genus *Vimba* (Cyprinidae)”, **Genetica**, 118: 83-91 (2003).

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

Rubert, M., Margarido, V. P., “Cytogenetic studies in three species of the genus *Oligosarcus*”, **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 50 (1): 127-135 (2007).

Sahoo, P. K., Nanda, P., Barat, A., “Karyotypic diversity among three species of *Garra* (Family: Cyprinidae) from River Dikrong, Arunachal Pradesh, India”, **Cytologia**, 72 (3): 259-263 (2007).

Sola, L., Bressanello, S., Rossi, A. R., Iaselli, V., Crosetti, D., Cataudella, S., “A karyotype analysis of the genus *Dicentrarchus* by different staining techniques”, **Journal of Fish Biology**, 43: 329-337 (1993).

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

Takai, A., Ojima, Y., “Chromosomal distribution of C-banded heterochromatin in Cyprinid fishes”, **Proc. Japan. Acad.**, 64 (3): 49-52 (1988).

Tüfek, Ö. M., “Gökkuşığı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) kromozomların incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, 1-25 (1993).

Vervoort, A., “Karyotype of *Caecobarbus geertsii* Boulenger, (Teleostei; Cyprinidae)”, **Nucleus**, 23 (1-2): 76-77 (1980).

Vitturi R., Lafargue, F., “Karyotypes analyses reveal inter-individual polymorphism and association of nucleolus-organizer-carrying chromosomes in *Capros aper* (Pisces: Zeiformes)”, **Marine Biology**, 112: 37-41 (1992).

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

Yüksel, E., Gaffaroğlu, M., “NOR phenotype of *Cyprinion macrostomus* (Osteichthyes, Cyprinidae)”, **Journal of Fisheries Sciences**, 2 (2): 114-117 (2008a).

Yüksel, E., Gaffaroğlu, M., “The analysis of nucleolar organizer regions in *Chalcalburnus mossulensis* (Pisces: Cyprinidae)”, **Journal of Fisheries Sciences**, 2 (3): 587-591 (2008b).

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

Yüzbaşıoğlu, D., “Bazı *Sternbergia Wadst. & Kit.* türlerinin karyolojisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-41 (1996).

Zhang, Q., “Cytogenetic and molecular analysis of the channel catfish (*Ictalurus punctatus*) genome”, Doktora Tezi, ***Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College***, Baton Rouge, 1-76 (1996).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KARASU, Muradiye
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 17.06.1985 Salihli/Manisa
Medeni hali : Bekar
e-mail : muradiye.karasu@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi Çorum Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü	2007
Lise	Salihli Türk Birliği Lisesi (Y.D.A.)	2003

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tiyatroya gitmek, kitap okumak, tarihi yerleri ziyaret etmek