

**ERZURUM KARASU NEHRİ'NDE YAŞAYAN
Leuciscus cephalus'UN (TATLISU KEFALİ)
KARYOTİP ANALİZİ**

Derya KILIÇ

**Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Ana Bilim Dalı
Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN
2013
Her hakkı saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM KARASU NEHRİ'NDE YAŞAYAN *Leuciscus
cephalus*'UN (TATLISU KEFALİ) KARYOTİP ANALİZİ

Derya KILIÇ

BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

ERZURUM
2013

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**ERZURUM KARASU NEHRİ'NDE YAŞAYAN *Leuciscus cephalus*'UN
(TATLISU KEFALİ) KARYOTİP ANALİZİ**

Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN danışmanlığında, Derya KILIÇ tarafından hazırlanan bu çalışma 15/08/2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fatime GEYİKOĞLU

İmza :

Üye : Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan AŞKIN

İmza :

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum


Prof. Dr. İhsan EFEÖĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2012/477

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ERZURUM KARASU NEHRİ'NDE YAŞAYAN *Leuciscus cephalus*'UN (TATLISU KEFALİ) KARYOTİP ANALİZİ

Derya KILIÇ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN

Bu çalışmada *Leuciscus cephalus*'un (Tatlısu Kefali) karyotipik özellikleri solungaç ve böbrek dokularından elde edilen metafaz kromozomları incelenerek araştırıldı. Çalışmada kullanılan balıklar Karasu Nehri'nin ana kollarından olan Dumlu Deresi'nden serpmeye ağ kullanılarak yakalandı. Balıklar canlı olarak laboratuvara getirildi ve analizden önce havalandırılmış akvaryumlara yerleştirildi. Balığın vücut ağırlığının her gramı için 0.01 ml %6'lık kolşisin solüsyonu balıkların karın boşluğuna enjekte edildi. Balık işleme alınmadan önce 190 dakika beklendi. Balıkların solungaç ve böbrek epitel hücreleri karyotip analizi için kullanıldı. Bu hücrelerden en iyi metafaz kromozom yayılımları 50 dakika hipotonik (0.075 M KCl) uygulama, 3:1 oranında (metanol:glasiyal asetik asit) hazırlanmış Carnoy solüsyonu ile fiksasyon ve %5'lik Giemsa ile 35 dakika boyama sonucu elde edildi. Hazırlanan preparatlarda yapılan incelemeler sonucunda *Leuciscus cephalus*'un $2n=50$ kromozoma sahip olduğu anlaşıldı. Karyotip analizi sonucunda *Leuciscus cephalus*'ta 5 metasentrik, 11 submetasentrik, 5 subtelosentrik ve 4 akrosentrik kromozom çifti olduğu belirlendi (10M+22SM+10ST+8A). Kol sayısı ise FN=82 olarak tespit edildi. Karyotipin balığın solungaç ve böbrek hücrelerinde aynı olduğu görüldü. İncelenen türde sitolojik olarak cinsiyete bağlı herhangi bir kromozom tespit edilmedi.

2013, 49 sayfa

Anahtar Kelimeler: Karasu Nehri, *Leuciscus cephalus*, tatlısu kefali, kromozom, karyotip analizi

ABSTARCT

KARYOTYPE ANALYSIS OF *Leuciscus cephalus* (CHUB) FROM KARASU RIVER, ERZURUM

Derya KILIÇ

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Danışman: Assoc. Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN

The karyotypic characteristics of *Leuciscus cephalus* (Chub) have been investigated by examining metaphase chromosomes spreads obtained from gill and kidney tissues. The fish used in the study were caught with fishing nets from Dumlu Stream, one of the main tributaries of the Karasu River. The live fish were transported to the laboratory, and kept in a well aerated aquaria before analysis. Fish were injected intraperitoneally with doses of 0.01 ml/g body weight of 6% solution of colchicine and left for 190 minutes before sacrifice. Kidney and gill epithelia of fish were used for karyotype analysis. The best treatment parameters for preparing good metaphase chromosome spreads from the cells were optimized as hypotonic 50 minutes (0.075 M KCl) treatment, fixation with carnoy solution at 3:1 ratio (methanol: acetic acid) and a concentration of 5% Giemsa for 35 minutes. It was determined that *Leuciscus cephalus* had $2n=50$ chromosomes by investigation of the chromosome spreads. *Leuciscus cephalus* karyotypes were determined as being composed of 5 metacentric, 11 submetacentric, 5 subtelocentric and 4 acrocentric chromosome pairs (10M+22SM+10ST+8A). The fundamental arm number of chromosomes was determined as FN=82. Karyotype of gill and kidney cells was the same. No sex chromosomes were cytologically detected in the investigated species.

2013, 49 pages

Keywords: Karasu River, *Leuciscus cephalus*, chub, chromosome, karyotype analysis

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu çalışma Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hayvan Fizyolojisi ve Histolojisi Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Çalışmamın her aşamasında bilgisini ve deneyimlerini cömertçe bizlerle paylaşan, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek teşkil eden, yanında çalışmaktan onur duyduğum, ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam, Sayın Doç. Dr. Turgay ŞİŞMAN'a sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Balık tür teşhislerinde ve yakalamada bana büyük yardımı dokunan hocalarım Sayın Doç. Dr. Ümit İNCEKARA'ya ve Sayın Arş. Gör. Dr. Yahya TEPE'ye teşekkür ederim.

Tez yazımında bana yardımcı olan arkadaşım Sayın Dr. Mustafa ÖZAY'a, çalışmalarımda bana yardımcı olan, korkumu yenmemi sağlayan sevgili arkadaşım Zehra YAZICI'ya ve laboratuvarıda nazımı çeken tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ve maddi manevi her türlü desteği bana sunan, her zaman yaptıklarımla gurur duyan ve bende sayısız emekleri olan herşeyim aileme sonsuz teşekkürü kendime borç bilirim.

Derya KILIÇ

Ağustos 2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTARCT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kromozom ve Karyotip.....	3
1.1.1. Balık Karyotipleri.....	6
1.2. Çalışmada Kullanılan Balık Türüne Ait Bilgiler.....	7
1.2.1. Cyprinidae (Sazangiller).....	8
1.2.2. <i>Leuciscus</i> Cinsi.....	9
1.2.3. <i>Leuciscus cephalus</i> (Tatlısu Kefali)	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1. Çalışma Bölgesi.....	19
3.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analizleri	22
3.3. Karyotip Analizi Yapılan Balık Türü	22
3.4. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar ve Çözeltilerin Hazırlanması.....	26
3.5. Kullanılan Aletler ve Cihazlar.....	27
3.6. Karyotip Çalışması	27
4. BULGULAR	32
4.1. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları	32
4.2. <i>Leuciscus cephalus</i> 'un Karyotip Analizi.....	33
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	38
KAYNAKLAR	42
EKLER.....	47
EK 1.....	47
EK 2.....	48

EK 3.....	49
ÖZGEÇMİŞ	50

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

mg	Miligram
mg/L	Miligram/litre
ml	Mililitre
M	Molar
pH	Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ifade.
µm	Mikrometre
µg/L	Mikrogram/litre
♂	Erkek
♀	Dişi

Kısaltmalar

A	Akrosentrik
D	Doğu
FN	Kromozom Kolu
K	Kuzey
M	Metasentrik
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
SM	Submetasentrik
ST	Subtelosentrik
T	Telosentrik

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Kromozom tipleri.....	4
Şekil 1.2. Balıkta kromozom kaynakları.....	6
Şekil 1.3. <i>Leuciscus cephalus</i> (Tatlısu Kefali).....	8
Şekil 3.1. Dumlu deresi: Erzurum-Artvin Karayolu 21. km, 40° 01' 52K, 41° 18' 49D. Rakım: 1763 m. Örnekleme yeri daire içinde gösterilmiştir.....	20
Şekil 3.2. Dumlu Deresi, örneklemenin yapıldığı alan.....	21
Şekil 3.3. <i>Leuciscus cephalus</i> (Tatlısu Kefali)♀.....	23
Şekil 3.4. <i>Leuciscus cephalus</i> (Tatlısu Kefali)♂.....	23
Şekil 3.5. Laboratuvara canlı olarak getirilen balıkların bekletildiği havalandırılmalı akvaryum.....	24
Şekil 3.6. Balıklarda ağırlık ölçümü.	25
Şekil 3.7. Balığın canlı olarak ağırlık ölçümü	28
Şekil 3.8. Balığa intra peritoneal enjeksiyon işlemi	28
Şekil 3.9. Hipotonik solüsyona konan böbrek ve solungaçlar.	29
Şekil 3.10. Giemsa boyanmış lamalar.....	30
Şekil 3.11. Giemsa boyanmış ve kurumaya bırakılan solungaç ve böbrek hücrelerinin bulunduğu lamalar.	30
Şekil 3.12. Karyotip fotoğraflarının çekildiği mikroskop ünitesi.	31
Şekil 4.1. <i>Leuciscus cephalus</i> 'un metafaz görüntüleri.....	34
Şekil 4.2. <i>Leuciscus cephalus</i> 'un giemsa ile boyanmış A) metafaz plağı ve B) karyotipi:10M+22SM+10ST+8A, FN=82.	36

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Karyotipi yapılmış balık türlerinin sayısı ve tarihsel gelişimi.....	7
Çizelge 3.1. Dumlu Deresi'nden yakalanan <i>Leuciscus cephalus</i> türü balıkların aylara göre ağırlıkları ve boy uzunlukları ($\text{Ort} \pm \text{S.H.}$).	25
Çizelge 3.2. Araştırmalar esnasında kullanılan aletler ve cihazlar	27
Çizelge 4.1. Dumlu Deresi'nden alınan su örneklerinin analiz sonuçları.....	32
Çizelge 4.2. <i>Leuciscus cephalus</i> 'un solungaç dokusundaki kromozom sayısının sıklık analizi.....	35
Çizelge 4.3. <i>Leuciscus cephalus</i> 'un böbrek dokusundaki kromozom sayısının sıklık analizi.....	35
Çizelge 5.1. <i>Leuciscus cephalus</i> ile ilgili yapılan kromozomal çalışmalar	40

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun çevresine duyduğu ilginin bir sonucu olarak canlıları araştırma ve tasnif etme olgusu, çok eski zamanlara dayanmaktadır. Bu nedenle serüven düşkünün beyinlerin ve meraklı araştırmacıların en popüler alanı biyoloji olmuştur. Canlıların biyosferde yayılışının anlaşılması ve coğrafi dağılıma bağlı olarak yeni türlerin ortaya çıkışı ise biyolojinin bir alt dalı olan taksonomi çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Yaklaşık 2 milyon canlı türünün olduğu Dünyamızda yapılan araştırmalar neticesinde her geçen gün yeni canlı türleri keşfedilmekte ve tür sayısı git gide artmaktadır.

Bugün yaşayan tüm organizmaların ataları yaşamın açığa çıktığı yaklaşık 3,8 milyar yıl öncesine dayanmaktadır. O günden bu yana popülasyonların bölünmesi ve yeni türler oluşturmak üzere farklılaşması şeklinde milyonlarca dallanma olayı meydana gelmiştir. Yeni canlı formların oluşması türlerin ortaya çıkması, evrim teorisinin odak noktasıdır. Biyolojik çeşitliliğin ortaya çıkması da yeni türler sayesinde olur (Karahan 2007).

Türlerin sistematik yerinin tayin edilmesinde eskiden beri morfolojik ve anatomik karakterler kullanılmaktadır. Ancak son 50 yıldır gelişen araştırma ve görüntüleme teknikleriyle hücre çekirdeğinde bulunan kromozomların ince yapısı hakkında çok fazla çalışma yapılmıştır. Yapılan bu sitogenetik çalışmalar hayvan ve bitki taksonomisinin gelişimine önemli yararlar sağlamıştır. Sitogenetik araştırmalar, kromozomların sayısının, şeklinin ve yapısının her canlının kendine has bazı karakterler taşıdığını göstermiştir. Kromozomlar üzerindeki çalışmaların taksonomiye uygulanmasıyla ortaya yeni bir araştırma metodu olan sitotaksonomi bilim dalı çıkmıştır. Sitotaksonomistler farklı türler ve yüksek taksonomik sınıflar arasındaki genetik ve sitolojik farklılıkları göz önüne alarak, morfolojik olarak ayrılmayan türlerin sınıflandırılmasında ve evrimsel yönden akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde sağlıklı tahminler oluşturabilmektedirler (Yılmaz 1997).

Taksonomik çalışmalarda sitolojik karakterler daha güvenilir kriterler olarak görülmektedir. Çünkü her canlının karyotipi farklıdır ve ortam koşullarından etkilenmemektedir. Taksonomide kullanılan sitolojik karakterler kromozomlarla ilgili karakterlerdir. Bunlar, kromozom sayısı, morfolojisi ve kromozomların mayozdaki davranışlarıdır (Elçi 1994). Bir türün karyotipi denildiğinde ise, kromozom sayısı ve büyüklüğü, sentromerin pozisyonu, kromozom kollarının birbirine oranı, satellitin bulunup bulunmaması gibi özellikler akla gelmektedir (Stebbins 1971). Karyotipler hazırlanırken, kromozom çiftleri büyükten küçüğe doğru boy olarak sıralanarak karyogramlar oluşturulur. Ayrıca idiogram adı verilen kromozomların şematik diyagramları da hazırlanmaktadır. Bir taksonun idiogramı diğerlerinden çok az farklılık göstermektedir (Elçi 1994).

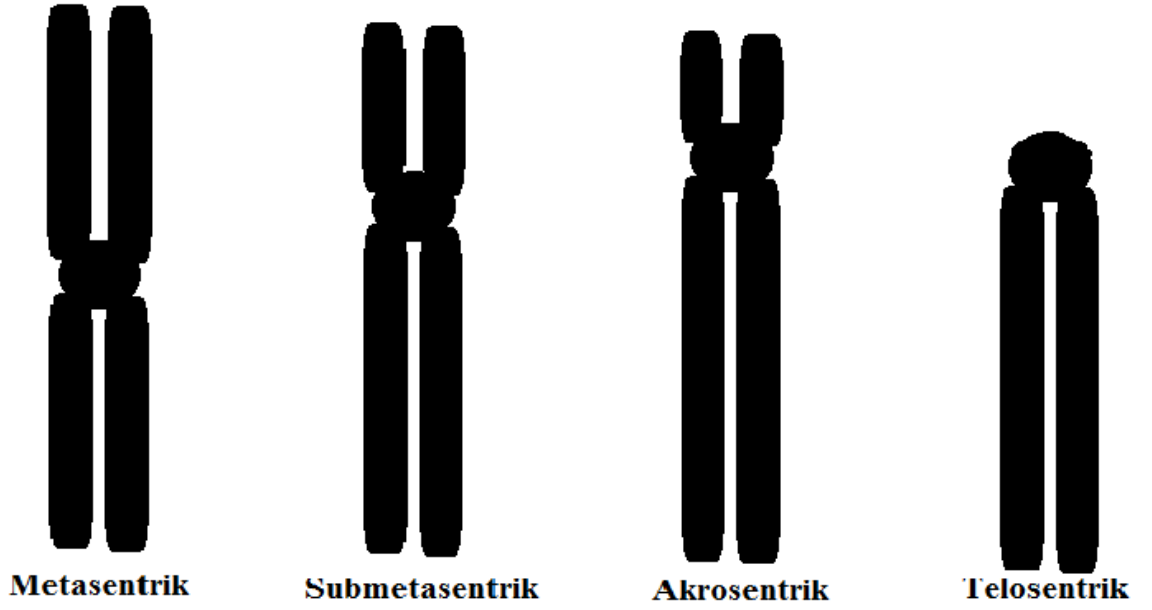
Kromozom çalışmaları sistematik çalışmalarına ilaveten mutagenез, filogenetik ilişki ve deneysel melezleme alanlarındaki çalışmalara da yardımcı olduğundan bu konudaki bilgilere ihtiyaç günden güne artış göstermektedir. Kromozom analizleri türlerin belirlenmesinde yararlı olabilir. Kromozom sayısı ve morfolojilerinin benzerlik derecesi türler arasındaki evrimsel akrabalığın hesaplanmasında kullanılabilir. Kromozom analizleri balıklarla ilgili yararlı veriler sunmaktadır. Kromozom analizleri yardımıyla balık popülasyonlarının genetik yapılarının belirlenmesi, popülasyonlar arası ve popülasyon 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. Küresel ısınma, yoğun pestisit kullanımı, aşırı av baskısı gibi nedenlerden dolayı biyolojik çeşitliliğin ciddi bir tehdit altında olduğu günümüzde var olan türlerin tanınması, tanıtılması ve korunması gerekmektedir. 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 kullanılabilir (Değer 2006).

1.1. Kromozom ve Karyotip

Her canlı hücre veya hücrelerden meydana gelir. Hücre bitkisel ya da hayvansal her türlü yaşam biçiminin en küçük birimidir. Her hücre bir sitoplazma ve çekirdekten oluşur. Çekirdekteki genetik materyal olan kromozom, hem anne ve babaya ait kalıtsal karakterlerin bir sonraki nesle aktarılmasında görev alır, hem de karyotip analizlerinde kullanılmaktadır. Kromozomlar hücre bölünürken görünür olurlar. Onun dışında kromatin materyali denen halde bulunurlar. Kromozomlar hücre bölünmesinin metafaz ve anafaz safhalarında net olarak belirirler. Her türün kendine özgü sayısı ve morfolojiye sahip karakteristik kromozom yapısına ise karyotip denir.

Karyotipte kromozomlar kol uzunluğu veya kısalığı, sentromerin bulunduğu yer gibi bazı özelliklerine göre tasnif edilirler. Buna kromozom morfolojisi de denir. Çoğunlukla kromozomlar bir tane sentromer içerirler ve monosentrikler. Bununla beraber iki (disentrik) veya daha fazla sayıda (polisentrik) sentromer içeren kromozomlar olduğu gibi sentromeri bütün kromozom boyunca yayılmış halde (diffuzholosentrik) olan kromozomlara da rastlanmaktadır. Sentromerin bulunduğu yere göre kromozomlar şöyle sıralanabilir (Şekil 1.1):

- a) Sentromeri ortada olan ve iki kolu birbirine eşit uzunlukta olan kromozomlara metasentrik kromozomlar denir.
- b) Sentromeri bir uca daha yakın olan ve bu nedenle iki kolunun uzunluğu birbirine eşit olmayan kromozomlara submetasentrik kromozomlar denir.
- c) Sentromeri bir uca çok yakın olan ve kollarından biri diğerinden çok küçük olan kromozomlara akrosentrik kromozomlar denir.
- d) Sentromerleri uçta bulunan ve çubuksu bir yapı gösteren kromozomlara telosentrik kromozomlar denir.
- e) Türe özgü sentromeri olmayan kromozomlara holosentrik kromozomlar denir (Yüce vd 2010).



Şekil 1.1. Kromozom tipleri

Bir türün karyotipi o türün genetik sisteminin fiziksel olarak gösterimidir. Morfolojik, anatomik ve biyokimyasal özelliklere göre yapılan çalışmaların taksonomik ve filogenetik açıdan yeterli olmadığı, aynı cinse ait tür ve alt türlerin ayırt edilmesinde ve aralarındaki akrabalıkların belirlenmesinde karyolojik çalışmaların ne kadar önemli olduğunu daha önce yapılan çalışmalar ortaya koymaktadır. Karyolojinin taksonomi ve sistematige 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 ve Gülkaç 1992).

Karyotipik tanımlamalar, taksonlar arasındaki filogenetik çalışmalarda da yararlıdır. Ancak, karyolojinin balık taksonomisi ve sistematigine olan katkısı azdır. Dünyada ilk karyotip çalışmalarına 1970'li yıllarda başlanmıştır. Balıklarda kromozom çalışmaları, heteromorfik kromozomların karyotip tanımlanmalarına dayalı kalmıştır. Son 50 yılda balık kromozomları ile ilgili genetik çalışmalar hızlı bir gelişim göstermiştir.

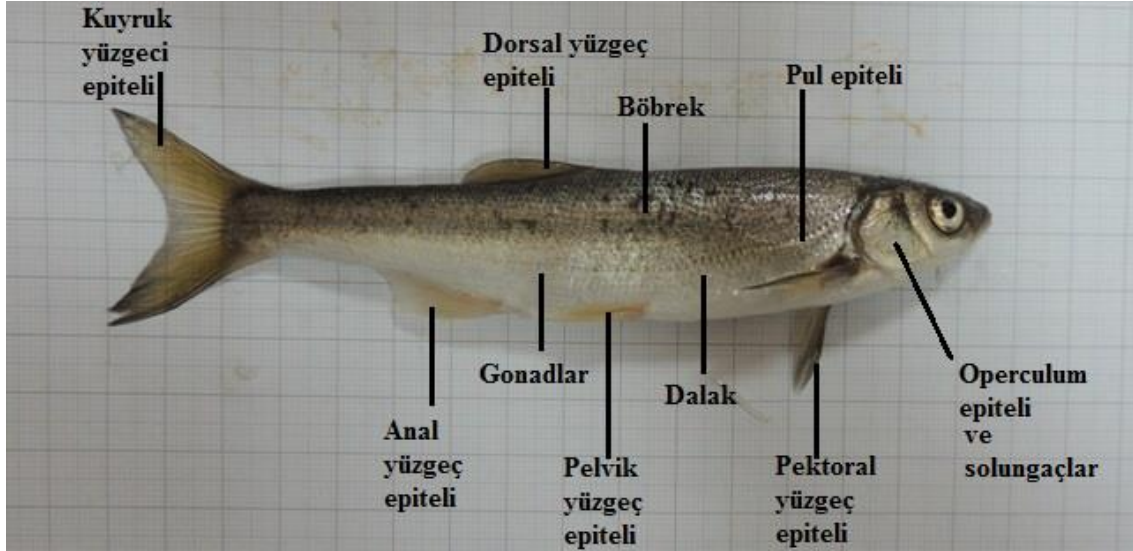
Kromozom analizi çalışmaları ile, balıkların gelişim basamakları, türlerin filogenetik ve taksonomik durumları, popölasyon içi, popölasyonlar arası ve eşeyler arası varyasyonlar hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir ve balık genetiğine ait pek çok soru bu bilgiler sayesinde aydınlatılmıştır.

Karyolojik çalışmalarda direkt ve dolaylı şeklinde iki metot uygulanmaktadır. Nispeten kolay olan direkt teknikler, ucuz kimyasal madde ve cihazların kullanıldığı, sonuçların hızlı elde edildiğı 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 olduğı dokulardan kolşisinin mitostatik etkisi kullanılarak elde edilir. Kolşisin, hücredeki iğ ipliğı oluşum mekanizmasını ortadan kaldırır ve hücreyi metafazda durdurur. Kolsemid de aynı işlem için kullanılır. Kolşisin enjeksiyonundan sonra balık disekte edilir, çalışılacak doku çıkartılır, hipotonizasyon ve fiksasyon işlemlerinden sonra hücre örnekleri lam üzerine damlatılır. Direkt yöntem çeşitli araştırıcılar tarafından balıklar üzerinde kullanılmış ve geliştirilmiştir. Dolaylı teknik doku kölürü tekniğı olup iyi sonuç vermesine rağmen, pahalı ve zaman alması bakımından tercih edilmeyebilir.

Balık karyolojisinin ortaya çıkarılmasının çeşitli güçlükleri bulunmaktadır. Bunların başında kromozomların çok sayıda ve küçük olması, aynı zamanda balık kromozom preparasyonu için standart bir teknik bulunmaması gelmektedir. Balıkların diğeri omurgalı türlerine göre sayı ve morfoloji olarak daha düzensiz bir kromozom içeriğine sahip olması ve özellikle memeliler için geliştirilmiş olan sitogenetik analiz tekniklerinin balık türleri için kullanılabilirliğinin kısıtlı olması da karyolojik analizleri güçleştirmektedir. Bununla birlikte balıklarda kromozom kaynaklarının zenginliğı ise bir avantaj olarak görülebilir.

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 elde etmek için kullanılmaktadır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Balıkta kromozom kaynakları (orijinal).

Balıkların hemapoietik 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 (Karasu 2009).

1.1.1. Balık Karyotipleri

İçinde kıkırdaklı balıklar, çenesiz balıklar, ışın yüzgeçli ve lop yüzgeçli balıkların da olduğu 3.425 tür/alt tür balığın karyotipi tanımlanmıştır (Çizelge 1.1). Bu rakam 62 takım, 515 familya ve 27.977 tür olan balık üst sınıfının sadece %12.2'sine karşılık gelmektedir. Tanımlanan karyotip balık grupları arasında eşit oranda da değildir. Bu sayı Cypriniformes'te 747 (%21.8), Characiformes'de 341 (%10.0), Siluriformes'de 362 (%10.6), Cyprinodontiformes'de 345 (%10.1) ve Cichlidae'de 130 (%3.8) tür şeklindedir. Diğer taraftan kıkırdaklı balıklardan 30 familya ve 4 takım (Orectolobiformes, Echinorhiniformes, Pristiophoriformes, Pristiformes), ışın yüzgeçli

balıklardan (Actinopterygii) 5 takıma (Albuliformes, Saccopharyngiformes, Ateleopodiformes, Lampriformes, Polymixiiformes) ait herhangi bir karyotip analizi henüz yapılmış değildir (Arai 2011).

Çizelge 1.1. Karyotipi yapılmış balık türlerinin sayısı ve tarihsel gelişimi (Arai 2011).

Yazar(lar)	Denton 1973	Park 1974	Ojima <i>et al.</i> 1976	Sola <i>et al.</i> 1981	Ojima <i>et al.</i> 1983	Vasiliev 1985	Klinkhardt <i>et al.</i> 1994	Arai 2011
Myxini	4	2	3	0	3	5	0	8
Petromyzontida	7	6	8	0	7	13	14	14
Chondrichthyes								
Holocephali	1	2	0	0	2	2	2	2
Elasmobranchii	15	8	4	0	13	17	52	68
Actinopterygii								
Cladistia	2	2	2	4	7	6	7	7
Chondrostei	1	4	0	5	7	12	12	21
Neopterygii								
Holostei	2	2	2	2	3	1	3	3
Teleostei	446	505	417	798	1035	1258	2182	3296
Sarcopterygii	3	1	0	1	2	5	5	6
Total	481	532	436	810	1079	1318	2277	3425

Balık karyotip çalışmaları 1970'lerden sonra hızlı bir artış göstermektedir. Örneğin 1973'te 481 türün karyotipi biliniyorken 1981'de bu sayı 1318'e kadar çıkmıştır (Çizelge 1.1). Günümüzde ise bu rakam 3425 tür olarak kayıtlarda yer almıştır (Arai 2011).

1.2. Çalışmada Kullanılan Balık Türüne Ait Bilgiler

Çalışmada Karasu Nehri'nin doğal faunası oluşturan balıklardan *Leuciscus cephalus* (Tatlısu Kefali) türü seçilmiştir (Şekil 1.3). Bu tür Cyprinidae familyasına aittir ve yayılışı çok geniştir.



Şekil 1.3. *Leuciscus cephalus* (Tatlısu Kefali).

1.2.1. Cyprinidae (Sazangiller)

Cyprinidler Avrasya'nın ılıman tatlı su balık faunaları içindeki önemli elemanlardandır. Bu yüzden bu familyanın tatlı su ekosistemindeki rolü oldukça önemlidir. Farklı habitatlara yerleşmelerinden kaynaklanan çok çeşitli morfolojilere sahip olduklarından, grubun filogenisi, uyumsal açılımı, evrimsel oranları ile ilgili birçok soru bulunmaktadır (Briolay *et al.* 1998).

Birincil olarak insan besini, daha sonra akvaryum balıkçılığı ve biyolojik araştırmalar açısından dünyanın en önemli tatlı su balık türlerini içeren Cyprinidae tür ve alt tür çeşitliliği açısından en zengin omurgalı familyasıdır. Familyada değişik yapılı ve birbirlerinden çok farklı türler bulunmaktadır. Bu familyanın üyeleri 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). Familya birçok kaynaktan on alt familyaya ayrılmaktadır. Ancak, alt familyaların sınırları hala tam olarak belirlenememiştir. Bu ayrımındaki genel taksonomik ölçütler dudakların şekli, bıyıklarının dizilimi ve sayısı, farinks kemikleri, farinks dişlerinin yapısı ve dizilimi, birinci solungaç yayındaki solungaç dikeninin 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).

1.2.2. *Leuciscus Cinsi*

Bu cinste vücut iğ şeklinde, az çok uzamış olup, nispeten iri sikloid pullarla kaplanmıştır. Baş yan taraflardan hafif yassılaştırmış, ağız terminal veya yarı ventral konumdadır. İyi gelişmemiş ince dudakları vardır ve alt dudağın ortası kesiktir. Farinks dişleri iki sıralıdır ve dizilişleri genellikle 2. 5 -5. 2 şeklinde ise de, nadiren 3. 5-4. 2 tarzında dizilişleri de görülebilir. Söğ konusu dişler yanlardan hafifçe basılmış olup, uçları kıvrık ve tırtıklı görünüştedir. Dorsal yüzgeç 3, basit 7-9 dallanmış ışın taşır ve genellikle pektoral yüzgeçlerin hizasında veya biraz gerisinde yer alır.

Ağızda bıyık yoktur. Hiçbir zaman ventralin gerisinde yassılaştırmış, pul içermeyen karina görülmez. Peritoneum siyahtır. Yanal çizgi tam olup 35-93 pul ihtiva eder ve genellikle karın kısmına doğru belirgin bir kavis yapar.

Esas yayılış alanı Avrupa, Kuzey ve Batı Asya, Kuzey Amerika, Azak Denizi, Karadeniz ve Hazer Denizi havzalarını kapsamakta olup, Anadolu'da da çok yaygındır. Sözü edilen yayılış alanlarında çok sayıda türü varsa da ülkemizde 3 türle temsil edilmektedir. Bunlar; *Leuciscus cephalus*, *Leuciscus borysthenticus*, *Leuciscus lepidus*'dur. *Leuciscus cephalus*'un diğer *Leuciscus* türlerinden ayırt edici özellikleri şunlardır: Vücut kalın yapılı olup maksimal yüksekliği standart boydan 3-3.5 kat fazla olabilir. Anal yüzgecin serbest kenarı özellikle yaşlı bireylerde yuvarlaktır ve pulların kenarları küçük noktalar şeklindeki siyah pigment taneleri ile çevrelenmiştir. Dudaklar iyi gelişmemiştir.

1.2.3. *Leuciscus cephalus* (Tatlısu Kefali)

Vücut kalın yapılı ve yanlardan çok hafif basıktır. Maksimal vücut yüksekliği standart boyda 3- 3.5 kat vardır. Baş büyük, geniş ve üstten bakıldığında yuvarlığımsı görünüştedir. Genellikle baş boyu vücut yüksekliğine eşit veya daha küçüktür. Gözler küçük ve çapı baş boyunda 4.5-5.5 defa vardır. İnterorbiter mesafe göz çapından 2-2.5 defa daha büyüktür. Ağız geniş ve hafif eğik yapıda olup arka köşeleri gözlerin anterior kenarına kadar uzanmaz. Çeneleri birbirine eşit uzunluktadır. Farinks dişlerinin uç kısımları çengel şeklinde kıvrık ve hafif tırtıklıdır. Dorsal yüzgecin serbest kenarı düz veya çok hafif yuvarlaktır ve daima 8 dallanmış ışın taşır. Anal yüzgeç kuyruğa kadar uzanmaz ve özellikle ergin fertlerde serbest kenarı daima yuvarlaktır. Kuyruk yüzgeci hafif girintili ve loplara ucu kısmen yuvarlaktır. Boyları en fazla 80 cm, ağırlığı ise 4 kg kadar olabilir.

Diagnostik Özellikler:

D : III 8

A : III 8-9

P : I 15-17

V : I-II 8-9

L.lat : 43-47

L. tran. : 7-8 / 3-4

Farinks dişleri : 2.5-5.2

Omur sayısı : 43-45

Solungaç dikenini : 8-10

Renk, vücudun sırt kısmında koyu olup, mavi-yeşil renkte metalik yansımalar gösterir. Bu koyu renk yan taraflara doğru gittikçe açılır ve karın kısmında sarı- beyaz bir görünüş kazanır. Genellikle dorsal, kaudal ve pektoral yüzgeçler renksiz; pelvik ve anal yüzgeçler ise portakal sarısı rengindedir. Vücudu örten her bir pulun özellikle posterior kısımlarında küçük ve siyah renkli pigment taneleri bulunur.

Bu tür, genellikle suların yüzeyine yakın bölgelerinde büyük gruplar halinde yaşayan bir akarsu balığıdır. Temiz suları bulunan ve nispeten hızlı akan çayları tercih ederlerse de bazen göllere ve hatta acı sulara da girebilirler. Omnivor karakterli olan bu balıklar genellikle her çeşit sucul böcekleri, kurtları, molluskları, balık yumurtalarını, çeşitli su bitkilerini ve tohumlarını yiyerek beslenirler. Çok yaşlı fertler ise tamamen predatör özellik kazanır ve bilhassa çeşitli balıkların genç yavrularıyla beslenirler.

Yumurtlama mevsimsi Nisan-Haziran ayları arasına rastlar. Bu mevsimde özellikle erkeklerin başları üzerinde küçük tüberküller meydana gelir. Cinsel olgunluğa erişme 3-4 yaşında gerçekleşir. Her bir dişi balık 0.7 mm çapında 200.000 kadar yumurta verebilir. Bu yumurtalar genellikle taşlar ve odun parçaları üzerine yapıştırılır. Eti taze iken lezzetli olmasına karşılık fazla kılçıklı olduğu için pek fazla aranmaz. Bununla beraber kırsal kesimde yaşayan halk tarafından özellikle ilkbahar ve yaz mevsiminde küçük dere ve çaylardan bol miktarda avlanır ve besin olarak tüketirler.

Bütün Avrupa, Karadeniz, Hazar Denizi ve Azak Denizi havzaları ile Kafkasya'da geniş bir yayılış gösteren bu tür, Anadolu'daki bütün iç sulara dağılmış bulunmaktadır. Ülkemizde iki alt türün olduğu iddia edilmektedir. Battalgil bunlardan *Leuciscus cephalus orientalis*'in Doğu Anadolu'da; *Leuciscus cephalus cepholopsis*'in ise Orta ve Batı Anadolu'da yayılış gösterdiğini ifade etmiştir. Türkiye'den eski ve yeni kayıtlar şöyledir:

Leuciscus cephalus orientalis Tanyolaç 1968, Hamam Çayı, Ova Çayı, Kızılırmak, Hirfanlı, Sarıyer Barajı.

Leuciscus cephalus orientalis Kuru 1971, Murat suyu, Karasu, Munzur suyu, Kura-Aras, Çoruh nehirleri ve Karadeniz'e dökülen dereler.

Leuciscus cephalus Geldiay ve Balık 1972, Pınarbaşı (İzmir).

Leuciscus cephalus Sarıhan 1973, Seyhan Barajı.

Leuciscus cephalus Balık 1984, Kavak Suyu (Gelibolu), Yassıgeçit Deresi (Keşan), Ergene Nehri, Şeytan Deresi (Kırklareli), Pabuç Dere (Midye), Çınarlı Dere (Tekirdağ), Kozlu Deresi (Çatalca), Saha Gölü (İğneada), Bulanık Dere (Demirköy), Tunca Nehri, Süloğlu Deresi (Kırklareli), Çavuş Dere (İğneada), Mert Gölü (İğneada), Lale Dere, Kazan Dere (Geldiay ve Balık 2007).

Karyotip çalışmaları tür seçiminde, verimli tür üretiminin yönlendirilmesinde ve sitotoksik kimyasalların izlenebilmesinde önemli katkılar sağlamaktadır (Al-Sabti 1991). Balık kromozomlarının sayı ve morfolojileri üzerine yapılan çalışmaların hibritleme, sınıflandırma ve evrim araştırmalarına yararlı olduğu bilinmektedir (Nishikawa 1971; Çolak, 1985). Balıklarda genetik yapının bilinmesi, ıslah çalışmaları yanında, sistematik kategorilerin belirlenmesi ve canlının çevresel etkilerden özellikle de kirleticilerden ne ölçüde etkilendiğinin ortaya çıkarılmasını sağlaması bakımından da önemlidir. Ayrıca balıklarda sitogenetik çalışmalar su kirliliğinin indikatörü olarak mutasyonlar ve mutajenlerin belirlenmesinde ve bunların yanında evrimsel anlamda filogenetik ilişkilerin ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak balıkların karyolojik karakterlerinin ortaya konulması daha verimli bireylerin üretilmesine de olanak sağlayabilmektedir (Karahan 2007). Bu çalışma ile Karasu Nehri'nde yaşayan *Leuciscus cephalus*'un kromozom sayı ve tiplerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ergene vd (1998), Erzurum'un çeşitli lokalitelerinden yakalanan *Barbus plebejus lacerta* örnekleri üzerinde karyolojik inceleme yapmışlardır. Yapılan kromozom analizleri sonucunda, *B. plebejus lacerta*'nın $2n=48$ kromozom sayısına ve 32 metasentrik ve 16 akrosentrik kromozom morfolojisine sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışma ile *Barbus plebejus lacerta*'nın karyotipinin ilk kez belirlendiği de vurgulanmıştır.

Ergene vd (1998), Türkiye'de kültür balıkçılığı yapılan, *Oreochromis niloticus*'un karyolojik analizini yapmışlardır. Bu çalışmada kromozom analizi için, modifiye edilmiş havada kurutma tekniğinin kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda *O. niloticus*'un diploit kromozom sayısının $2n=46$ olarak bulunduğunu ifade edilmiştir.

Woznicki et al. (1998), *Salmo trutta morpha lacustris*'in kromozomal tespitlerini yapmışlardır. Sonuçta bu türün kromozom sayısının $2n=80$, kromozom kol sayısının FN=100-102 arasında olduğunu ve karyotipinin 20M-SM+2SM+58ST-A şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Ergene vd (1999), Göksu Deltasında bulunan kedibalığı *Clarias lazera*'nın karyolojik analizini ve vücut oranlarını incelemişlerdir. Havada kurutma tekniği modifiye edilerek yapılan bu çalışma sonucunda, *C. lazera*'nın 18 metasentrik, 26 submetasentrik ve 12 akrosentrik kromozoma sahip olduğu belirtilmiştir.

Ergene ve Çavaş (1999), Cichlidae familyasından *Tilapia zilli*'nin karyolojik analizini yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, *T. zilli*'nin 4'ü metasentrik, 8'i submetasentrik, 8'i subtelosentrik ve 24'ü akrosentrik olmak üzere $2n=44$ kromozoma sahip olduğu belirtilmiştir.

Ergene vd (1999), *Oreochromis aureus*'un karyolojik analizini yaptıkları çalışma sonucunda, *O. aureus*'un 6 submetasentrik, 10 subtelosentrik, 28 akrosentrik $2n=44$ diploit sayıda kromozoma sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Kılıç-Demirok (2000), Dicle Nehri'nde yaşayan 8 Cyprinid türü üzerinde yaptığı karyolojik çalışmalarda *Alburnoides bipunctatus*'ta kromozom sayısını $2n=50$; 16 metasentrik, 22 submetasentrik, 12 subtelosentrik ve FN=88, *Barbus rajanorum mystaceus*'da $2n=100$; 22 metasentrik, 30 submetasentrik, 48 subtelosentrik ve FN=152, *Capoeta trutta*'da $2n=150$; 20 metasentrik, 54 submetasentrik, 76 subtelosentrik ve FN=224, *C. capoeta umbla*'da $2n=150$ ve 26 metasentrik, 58 submetasentrik, 66 subtelosentrik ve FN=234, *Cyprinion macrostomus*'ta $2n=50$; 6 metasentrik, 26 submetasentrik, 18 subtelosentrik ve FN=82, *Garra rufa obtusa*'da $2n=44$; 16 metasentrik, 26 submetasentrik, 1 subtelosentrik, 1 akrosentrik ve FN=87 ve *Leuciscus cephalus orientalis*'te $2n=50$; 14 M, 20 SM, 16 ST-A ve kol sayısının 84 olduğunu bildirmiştir.

Gül vd (2000), Kızılırmak'tan yakalanan *Chalcalburnus mossulensis* (Gümüş Balığı)'nın karyotip analizini yapmışlardır. Araştırma sonrasında kromozom sayılarının $2n=48$ olduğu belirlemişlerdir. Bu balığın karyotipini ise 12M+20SM+16A olarak tespit etmişlerdir.

Kılıç-Demirok ve Ünlü (2001), Dicle Nehri'ndeki *Capoeta trutta* ve *Capoeta capoeta umbla*'nın karyotip incelemesini yapmışlardır. Sonuçta *Capoeta trutta*'nın $2n=150$ kromozom ve kol sayılarının FN=220 olduğunu gözlemlemişlerdir. Karyotipinin 70M-SM+80ST-A olduğunu tespit etmişlerdir. *Capoeta capoeta umbla*'nın sonucunda $2n=150$ kromozom olduğunu ve kol sayısının FN=236 olduğunu belirlemişlerdir. Karyotipi ise 86M-SM+64ST-A şeklinde olduğunu gözlemlemişlerdir.

Borin et al. (2002), toplamda 50 erkek bireyin incelenmesi sonucunda *Trichomycterus davisi*'nin 60'ı M, 18'i SM, 3'ü ST olan 81 kromozomunun olduğunu belirtmişlerdir.

Ergene vd (2002), Berdan ayı ve Berdan Barajından yakalanan 12 *Rutilus tricolor* rneğinde karyolojik analiz sonucunda, *R. tricolor*'un $2n=50$ kromozom sayısına ve 14 Metasentrik, 8 Submetasentrik, 28 Akrosentrik kromozom yapısına sahip olduğu belirtilmistir. Bu alışma ile *Rutilus tricolor*'un karyotipinin ilk kez tanımlandığı belirtilmiştir.

Hamalosmanoğlu ve Kuru (2003), Mogan Gölü'nden toplanan *Cyprinus carpio*'nun kromozom sayısını araştırmıştır. Sonuçta bu balığın $2n=100$ kromozoma sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

rs (2003), *Oncorhynchus mykiss* (Gökkuşağı Alabalığı)'ın böbrek dokusunda karyotip çalışması yapmış ve sonuçta $2n=58$ kromozoma sahip olduğunu tespit etmiştir.

Gül vd (2004), Hazer Gölü'nden ağlarla yakalanan İnci Balığı (*Alburnus heckeli*)'nin kromozom sayılarını ve kromozom yapılarını incelemiş ve karyotip analizini yapmışlardır. Metafaz incelemeleri sonucunda bu balığın $2n=50$ kromozoma sahip olduğunu belirlemişlerdir. Karyotipi $14M+18SM+18A$ şeklinde, kol sayısının $FN=82$ olduğunu tespit etmişlerdir.

Gaffaroğlu ve Yüksel (2004), Karakaya Baraj Gölü'nden yakalanan *Cyprinion macrastomus*'un karyotipini incelemişlerdir. Araştırmaları sonucunda $2n=50$ kromozom kol sayısının $FN=92$ olduğunu gözlemlemişlerdir. Karyotipi ise $6M+24SM+12ST+8A$ olarak tespit etmişlerdir.

Naran et al. (2005), *Pseudobarbus* cinsinin *P. afer*, *P. asper*, *P.burchelli*, *P. burgi*, *P. phlegethon* ve *P. tenuis* türlerinin kromozom ve karyotip analizini yapmıştır. Sonuçta $2n=100$ kromozoma sahip oldukları görülmüştür. Karyotip ise $10M+76SM-ST+14A$ olarak tespit edilmiştir.

Gaffaroğlu ve Yüksel (2005), Karakaya Baraj Gölü'nden toplanan *Chalcalburnus mossulensis* 'in karyolojik incelemisini yapmışlardır. 3 ayrı bölgeden toplanan bu balıkların kromozom sayısını $2n=50$ olarak tespit etmişlerdir. Karyotipini ise $12M+16SM+10ST+12A$ olarak gözlemlemişlerdir.

Merlo *et al.* (2007), *Halobatrachus didactylus*'un kromozomal haritalaması yapmışlardır. Sonuçta bu türün $2n=46$ kromozoma sahip olduğunu belirlemişlerdir. Karyotipinin de $8M+18SM+4ST+16A$ şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Karahan (2007), yaptığı çalışmasında *Garra rufa* ve *Garra variabilis*'in kromozom sayılarını ve karyotip analizini araştırmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Mersin ili *G. rufa* örneklerinin kromozom sayısının $2n=50$ (FN=86), kromozom dağılımının $26M+10SM+8ST+6A$; Hatay ili *G. rufa* örneklerinin kromozom sayısı $2n=46$ (FN=80), kromozom dağılımı $22M+12SM+8ST+4A$ (dişi), $22M+12SM+7ST+5A$ (erkek); Kahramanmaraş ili *G. rufa* örneklerinin kromozom sayısı $2n=46$ (FN=84, dişi) (FN=82, erkek), kromozom dağılımı $32M+6SM+6ST+2A$ (dişi), $31M+6SM+6ST+3A$ (erkek); Sivas ili *G. rufa* örneklerinin kromozom sayısı $2n=50$ (FN=92dişi), kromozom dağılımı $28M+14SM+4ST+4A$ (dişi); Mardin *G. variabilis* örneklerinin kromozom sayısı $2n=102$ (FN=162 dişi, FN=160 erkek), kromozom dağılımını $42M+18SM+24ST+18A$ (dişi), $41M+18SM+24ST+19A$ (erkek) olarak belirlemiştir.

Tanrikulu (2008), Kars Kura-Aras Havzası'nda yakalanan Çöpçü Balığı (*Orthios panthera*)'nın karyotip analizini yapmış, sonuçta bu balığın $2n=50$ kromozoma sahip olduğunu tespit etmiştir. Balığın karyotipini $14M+18A+18SM$ şeklinde ve kol sayısını (FN=82) olarak rapor etmiştir.

Karasu (2009), yaptığı çalışmada Fırat Nehri'ndeki *Pseudophoxinos firati*'nin karyotipini incelemişlerdir. Kromozom sayısı $2n=50$ kol sayısını ise FN=88 olduğunu tespit etmişlerdir. Karyotipinin ise $38M-SM+12ST$ şeklinde olduğunu belirlemişlerdir.

Esmaili *et al.* (2009), İran'da *Garra persica*'nın karyotip analizini yapmışlardır. Sonuçta kromozom sayısı $2n=48$, kol sayısı $FN=94$ ve karyotipi de $30M+16SM+2ST$ olarak tespit etmişlerdir.

Boron *et al.* (2009), yaptıkları çalışmada *Leuciscus* türlerinin karyotip analizlerine de yer vermişlerdir. Sonuçta *Leuciscus idus*'un karyotip sayısı $2n=50$, kromozom kol sayısı $FN=86$, karyotipi $10M+26SM+6S+8A$; *L. cephalus*'un kromozom sayısı $2n=50$, kol sayısı $FN=82$, karyotipi $10M+22SM+10ST+8A$; *L. leuciscus*'un kromozom sayısı $2n=50$, kol sayısı $FN=86$, karyotip $12M+24SM+8ST+6A$ olduğunu tespit etmişlerdir.

Mani *et al.* (2009), Mahseer türleri için kromozom ve karyotip analizi yapmışlardır. Bu türler için kromozom sayısı $2n=100$ olarak gözlemlemişlerdir. Sonuçta *Tor khudree* karyotip $20M+14SM+22ST+44T$ şeklinde, kol sayısı $FN=134$; *Tor mussullah* karyotip $22M+24SM+24S+30T$ şeklinde, kol sayısı $FN=144$; *Tor putitora* karyotip $12M+22SM+14ST+52T$ şeklinde, kol sayısı $FN=134$; *Tor tor* karyotip $20M+24SM+24ST+32T$ şeklinde, kol sayısı $FN=144$; *Tor chelynoidea* karyotip $20M+30SM+24ST+26T$ şeklinde, kol sayısı $FN=150$; *Tor progeneius* karyotip $20M+20SM+20ST+40T$ şeklinde, kol sayısı $FN=140$; *Neolissochilus hexagonolepis* karyotip $20M+18SM+14ST+48T$ şeklinde, kol sayısını $FN=138$ olarak tespit etmişlerdir.

Nasri *et al.* (2010), çalışmalarında *Cyprinion kais*'in karyotip incelemesini de yapmışlardır. Sonuçta kromozom sayısını $2n=50$, kol sayısını $FN=86$, karyotipini de $16M+14SM+6ST+14T$ olarak tespit etmişlerdir.

Esmaili *et al.* (2010), *Chondrostoma regium* karyotip analizini yapmışlardır. Bu türün diploid kromozom sayısı $2n=52$ ve kromozom kol sayısını $FN=58$ olarak tespit etmişlerdir. Karyotipinin $42SM+10ST$ şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Uysal (2011) Büyük Menderes Nehri'nde yayılış gösteren *Chondrostoma meandrense* (Elvira 1987) ve *Acanthobrama mirabilis* (Ladiges 1960)'in karyotiplerini belirlediği

alışmasında *Chondrostoma meandrense*'nin $2n=52$ diploid kromozom sayısına sahip olduğu ve karyotipinin 18 adet metasentrik, 6 adet submetasentrik, 6 adet subtelosentrik ve 22 adet akrosentrik kromozomdan oluştuğu ve kol sayısının $FN=82$, *Acanthobrama mirabilis*'in ise $2n=50$ diploid kromozom sayısına ve karyotipinin 10 adet metasentrik, 6 adet submetasentrik, 10 adet subtelosentrik ve 24 adet akrosentrik kromozomdan oluştuğu ve kol sayısının $FN=76$ olduğunu belirlemiştir. Örnekler üzerinde yapılan karyotipik incelemelerde, kromozom takımında eşey kromozomu farklılaşması olmadığı da tespit edilmiştir.

Kılıç vd (2011), Kura- Aras Havzası'nda yaşayan *Orthrias tigris*'de kromozomal çalışmalar yapmışlardır. Metafaz incelemeleri sonucunda bu türde $2n=50$ kromozomun, $FN=86$ kol sayısının olduğunu gözlemlemişlerdir. Karyotiplerinin de $18M+18SM+14A$ şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir.

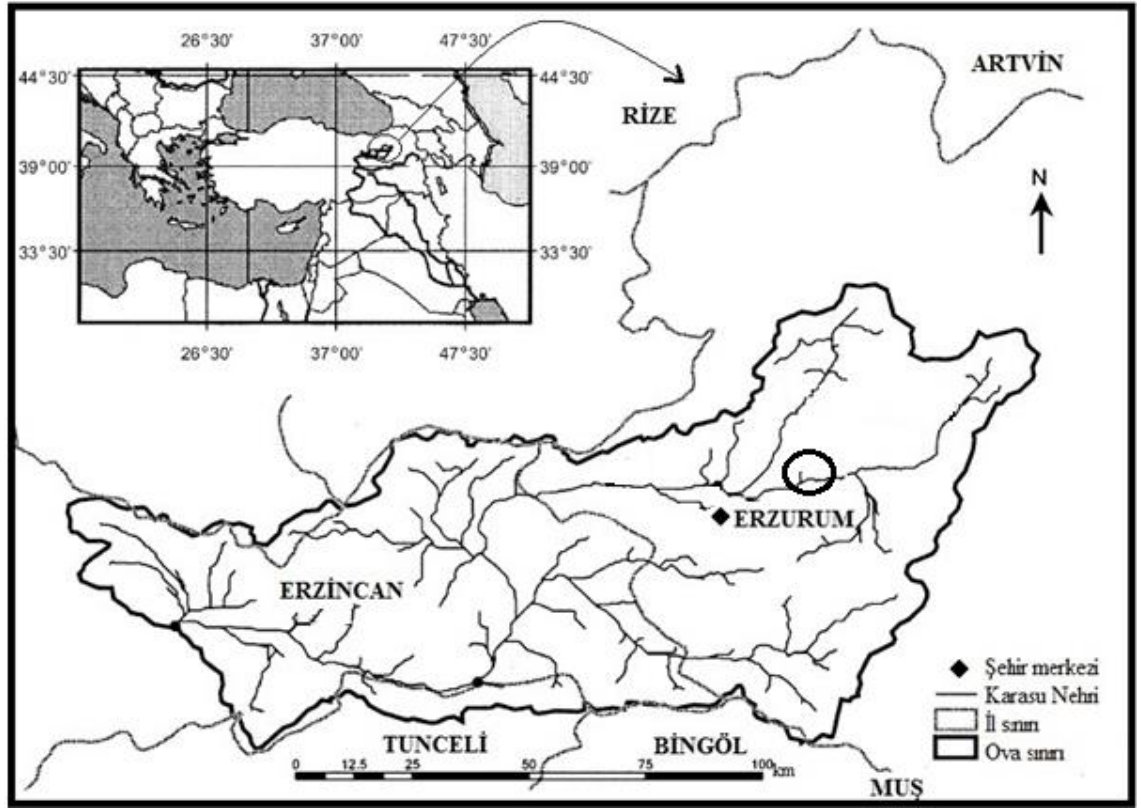
Pereira et al. (2012), yaptıkları çalışmalarında, *Pseudochondrostoma willkommii*'nin kromozom sayısını incelemişlerdir. Sonuç olarak, kromozom sayısını $2n=50$, kromozom kol sayısını 94 ve karyotipini de $14M+30SM+6T-A$ olarak tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Çalışma Bölgesi

Fırat Nehri'nin önemli iki kolundan biri olan Karasu Nehri, Erzurum sınırları içinde Dumlu Dağı'nın eteklerinden doğar ve Erzurum Ovası'nı doğu-batı yönünde geçerek ovanın kuzeydoğusundaki 3000-3500 m yükseklikteki Karacağız, Güvercin ve Kandil Dağları'ndan gelen Köşk, Karagöbek ve Dumlu Derelerinin birleşmesinden sonra Karasu adını alır. Önce güneybatıya doğru akar, sonra batıya yönelir. Ilıca ilçesinden Pulur Çayı'nı alır ve İspir yolu üzerinde bulunan Serçeme Deresi'yle de birleşerek ovayı terk eder. Suyunu Fırat Nehri üzerine kurulmuş Elazığ'da bulunan Keban Baraj Gölü'ne ulaştırmaktadır. Karasu Nehri'nin Erzurum ili içindeki drenaj alanı 1642 km² ve ortalama akımı 4,304 m³/sn'dir (Sönmez 2011).

Araştırmamızda kirliliğin az olma durumu göz önüne alınarak tek istasyon seçilmiştir. Seçilen bu istasyon gerisinde çok az yerleşim yeri olan ve nehri besleyen ana kollardan biri olan Dumlu Deresi olup Dumlu Beldesi'nin 3 km gerisi örnekleme yeri olarak seçilmiştir (Şekil 3.1 ve 3.2). Bu istasyondan belirli aralıklarla balık örnekleri ve su numuneleri alınmıştır.



Şekil 3.1. Dumlu deresi: Erzurum-Artvin Karayolu 21. km, 40° 01' 52K, 41° 18' 49D. Rakım: 1763 m. Örnekleme yeri daire içinde gösterilmiştir (Tekeli *et al.* 2005).



Şekil 3.2. Dumlu Deresi, örneklemenin yapıldığı alan.

3.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analizleri

2012 yılının Ekim, 2013 yılının Mayıs ve Haziran aylarında belirtilen istasyondan alınan su örnekleri yüzeyden 0,5 m derinlikten alınmıştır. Örnekler kimyasal değerlerin ölçümü için Erzurum Halk Sağlığı Müdürlüğü'ne gönderilmiştir. Bu kimyasal değerlendirmede inorganik kirlilik parametreleri (14 çeşit metal) üzerinden ölçümler alınarak sulama suyu bakımından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre sınıflandırması yapılmıştır (Resmi Gazete 2004).

3.3. Karyotip Analizi Yapılan Balık Türü

Çalışmada seçilen merkezin doğal faunasını oluşturan balıklardan Tatlısu Kefali (*Leuciscus cephalus*) olarak bilinen balıklar kullanılmıştır. Balıklar 2012 yılının Ekim, 2013 yılının Mayıs ve Haziran ayları içinde gidilen istasyondan, her ay en az 2 sefer gidilerek serpmeye ağla yakalanmıştır. Dumlulu Deresi'nden toplamda 52 adet balık (32♀, 20♂) yakalanmış ve araştırmada kullanılmıştır. Bunun için gerekli izinler olan Etik Kurulu İzni Atatürk Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan (EK 1), araştırma izinleri Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (EK 2) ile Orman ve Su İşleri Bakanlığı'ndan (EK 3) çalışma başlamadan önce ilgili yerlere müracaat edilerek alınmıştır. Belirlenen istasyondan derenin doğal faunasını içinde olan *Leuciscus cephalus* türü dişi (Şekil 3.3) veya erkek (Şekil 3.4) balıklar yakalanmıştır. Dişi-erkek ayırımında morfolojik olarak baş bölgesi siğillerine, diseksiyondan sonra da gonadlarına bakılmıştır.



Şekil 3.3. *Leuciscus cephalus* (Tatlısu Kefali) ♀.



Şekil 3.4. *Leuciscus cephalus* (Tatlısu Kefali) ♂.

Yakalanan balıkların laboratuvara canlı ulaştırılması için 25 litrelik plastik bidonlar kullanılmış ve laboratuvara canlı olarak getirilmiş balıklar vakit kaybetmeden 50x70x80 cm ebatlarındaki havalandırılmalı akvaryumlara alınmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Laboratuvara canlı olarak getirilen balıkların bekletildiği havalandırmalı akvaryum

Balıkların tür tespiti Arş. Gör. Dr. Yahya Tepe tarafından yapılmıştır. Balıkların boyları metrik kağıt yardımıyla, ağırlıkları ise 6200 g kapasiteli hassas terazi (Şekil 3.6) ile ölçülmüştür. Yakalanan 52 adet balığın ortalama ağırlıkları, çatal ve total boyları belirlenmiştir (Çizelge 3.1).



Şekil 3.6. Balıklarda ağırlık ölçümü.

Çizelge 3.1. Dumlu Deresi'nden yakalanan *Leuciscus cephalus* türü balıkların aylara göre ağırlıkları ve boy uzunlukları (Ort±S.H).

Türler	Yaş Ağırlık	Çatal Boy	Total Boy
Ekim 2012	45,1 ± 3,6	14,8 ± 0,6	16,0 ± 1,5
Mayıs 2013	61,68 ± 12,2	17,83 ± 4,4	19,25 ± 3,0
Haziran 2013	58,15 ± 5,8	16,75 ± 1,6	17,75± 1,2

3.4. Çalışmada Kullanılan Kimyasallar ve Çözeltilerin Hazırlanması

Balıklarla yapılan işlemlerde kullanılan Fitohemaglutinin (Lot#013M4030V), Kolşisin (Lot#091M1528V), Asetik asit (Lot#SZBA0190) ve Metanol (Lot#SZBC040SV) Sigma®, KCl (Lot 21010) ve Na₂HPO₄ (Lot 22130) Riedel-deHaen®, KH₂PO₄ (Lot 418986) Fluka® ve Giemsa boyası (1.09204.0500) Merck® firmalarından temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan çözeltiler şöyle hazırlanmıştır:

%1'lik Fitohemaglutinin: 0.1 g fitohemaglutinin 100 ml saf suda çözünerek hazırlanır.

%6'lık Kolşisin: 0.6 g kolşisin 100 ml saf suda çözünerek hazırlanır.

0.075 M KCl: 0.5592 g KCl 100 ml saf suda çözünerek hazırlanır.

Carnoy fiksatif: 150 ml metanol 50 ml asetik asitle (veya 3:1 oranında) karıştırılarak elde edilir.

Fosfat tamponu: İki farklı çözeltinin değişik miktarlarda karıştırılması ile elde edilen tampondur. Karyotip analizlerinde Giemsa boyası pH 6.8 olarak hazırlanan tampon içinde hazırlanmalıdır. Tampon için 2 farklı çözelti hazırlanır.

Çözelti A: Na₂HPO₄ (Disodyum hidrojen fosfat)'ten 11.9 g alınır ve 1000 ml su içinde çözünür.

Çözelti B: KH₂PO₄ (Potasyum dihidrojen fosfat)'ten 9.1 g alınır ve 1000 ml su içinde çözünür.

%5'lik Giemsa: Çözelti A'dan 50 ml, Çözelti B'den 100 ml alınır. pH'sı 6.8 olan bu karışımdan 95 ml alınır ve üzerine 5 ml giemsa boyası eklenir.

3.5. Kullanılan Aletler ve Cihazlar

Araştırmalar esnasında kullanılan aletler ve cihazlarla ilgili bilgiler Çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Araştırmalar esnasında kullanılan aletler ve cihazlar

Aletler ve Cihazlar	Temin Edildikleri Firmalar
Saf su cihazı	Easypure RF compact ultarpure ws
Hassas terazi	Shimadzu TXB6201L
Mikroskop	Prior T-100 mA
Otomatik pipet	Finpipette Labsystems
Ultra santrifüj	Nüve NF 200
Dijital kamera destekli mikroskop	Leica DM750
Makroçekim dijital fotoğraf makinesi	Nikon coolpix P510

3.6. Karyotip Çalışması

Laboratuvara canlı olarak getirilen balıklar derhal havalandırılmalı akvaryumlara alınmıştır. Karyotipik analiz için kullanılan Collares-Pereira’nın (1992) havada kurutma tekniği modifiye edilerek uygulanmıştır. Canlı olarak ağırlıkları ölçülen balıklara (Şekil 3.7) önce fitohemaglutinin uygulaması yapılmıştır. Bunun için balığın vücut ağırlığının her bir gramı için 0.01 ml %1’lik fitohemaglutinin insülin iğnesi ile karın içine (intra peritoneal) enjekte edilmiştir (Şekil 3.8). Tekrar akvaryuma alınan balıklar yaklaşık olarak 44-48 saat yemlemeden bekletilmiştir. Kırksekizinci saatin sonunda %6’lık kolşisin her bir gram vücut ağırlığı için 0.01 ml olacak şekilde karın içine enjekte edilmiş ve akvaryuma alınan balıklar 190 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda balıklar eterle muamele edilerek dekapite edilmiş, solungaç ve böbrekleri çıkarılmıştır.



Şekil 3.7. Balığın canlı olarak ağırlık ölçümü



Şekil 3.8. Balığa intra peritoneal enjeksiyon işlemi

Çıkarılan solungaç ve böbrekler hemen 0.075 M KCl solüsyonuna alınmış ve hipotonize edilmeleri için oda sıcaklığında 60 dakika bekletilmiştir (Şekil 3.9). Solungaçlar hipotonik solüsyon içinde sıyrılarak, böbrekler ise bistüri ile parçalanarak bekletilmişlerdir.



Şekil 3.9. Hipotonik solüsyona konan böbrek ve solungaçlar.

Süre sonunda santrifüj tüplerine alınan hipotonik solüsyonlu dokular 10 dakika 2000 rpm’de santrifüj edilmiştir. Süpernatant atılarak tüp altında yaklaşık 2 ml solüsyon bırakılmış ve üzerine 7 ml soğuk carnoy fiksatif ilave edilmiştir. 10 dakika 2000 rpm’de santrifüj edildikten sonra süpernatant atılmış ve tekrar soğuk carnoy ilave edilmiştir. Bu işlem 2 kez tekrarlanmış (toplamda 3) ve son santrifüjden sonra tüp dibinde 1.5-2 ml solüsyon bırakılmıştır. Fiksatif ve doku karışımından oluşan bu solüsyona pipetaj yapılarak soğuk lamalar üzerine 40-50 cm yukarıdan damlatılarak içeriğin yayılması sağlanmıştır. Lamlar kurutulduktan sonra %5’lik Giemsa boyası

içinde 35 dakika boyanması için beklenmiştir (Şekil 3.10). Boyama işleminin sonunda lamalar saf suda yıkanarak tekrar kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.11).

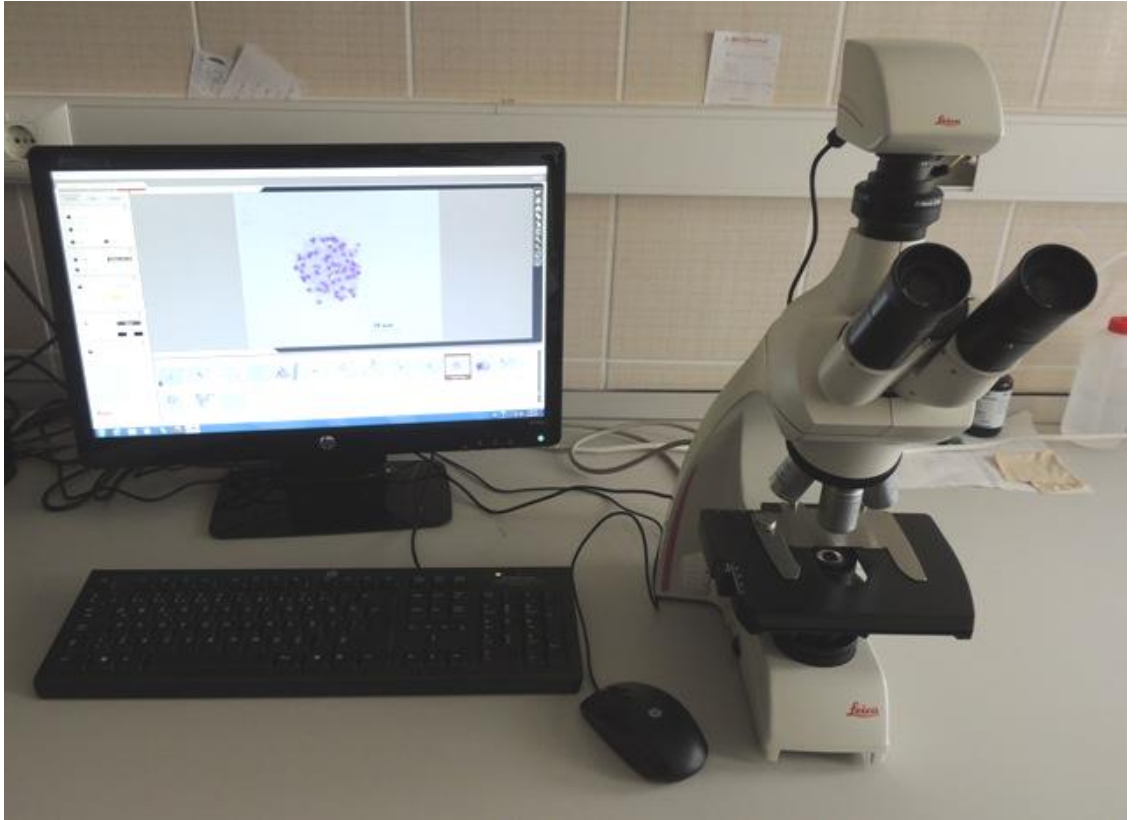


Şekil 3.10. Giemsa'da boyanan lamalar.



Şekil 3.11. Giemsa boyada boyanmış ve kurumaya bırakılan solungaç ve böbrek hücrelerinin bulunduğu lamalar.

Bu şekilde hazırlanan preparatlar dijital kamera destekli mikroskopta incelenmiştir (Şekil 3.12). Her bir doku için 10'ar preparat hazırlanmıştır. Bu preparatlardan iyi dağılım gösteren metafaz görüntülerindeki kromozom sayı ve yapıları Levan *et al.* (1964)'e göre sınıflandırılmıştır. Görüntülerin 10X40 ve 10X100 büyütmede fotoğrafları çekilmiş ve Adobe Photoshop programında karyotipleri hazırlanmıştır.



Şekil 3.12. Karyotip fotoğraflarının çekildiği mikroskop ünitesi.

4. BULGULAR

4.1. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Dumlu Deresi'nden alınan su örneklerinde toplam 14 tane metalin (Hg, Cd, Pb, As, Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn, B, Se, Ba, Al) seviyesi konsantrasyon cinsinden ölçülmüştür. 3 farklı ayda alınan örneklerden elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu metallerden alüminyum (84.723 µg/L) ve demirin (80.141 µg/L) diğerlerine göre oldukça fazla olduğu bulunmuştur. Ancak hiçbir metal seviyesinin belirtilen standardı aşmadığı hatta standardın yarısından daha az olduğu tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre inorganik kirleticiler yönünden Dumlu Deresi suyunun I. Sınıf Sulama Suyu kapsamında olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Dumlu Deresi'nden alınan su örneklerinin analiz sonuçları

İnorganik Parametreleri	Kirlenme	SKKY^a	Su örnekleri^b
Civa (µg Hg/L)		0.1	0.006
Kadmiyum (µg Cd/L)		3	0.010
Kurşun (µg Pb/L)		10	0.127
Arsenik (µg As/L)		20	3.302
Bakır (µg Cu/L)		20	0.001
Krom (µg Cr/L)		20	0.597
Nikel (µg Ni/L)		20	3.164
Çinko (µg Zn/L)		200	0.272
Demir (µg Fe/L)		300	80.141
Mangan (µg Mn/L)		100	18.905
Bor (µg B/L)		300	0.099
Selenyum (µg Se/L)		10	0.597
Baryum (µg Ba/L)		1000	8.170
Alüminyum (µg Al/L)		300	84.723

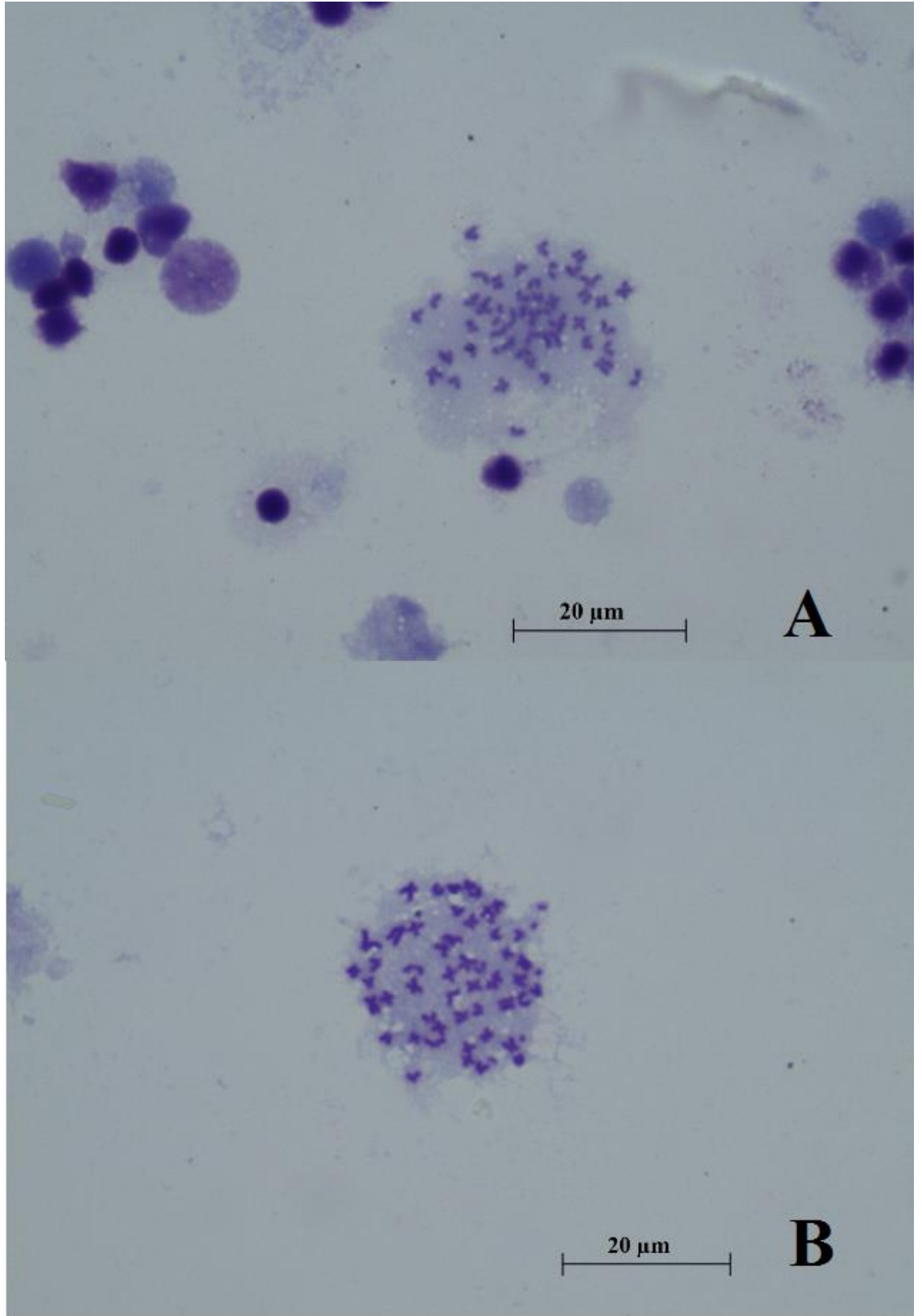
^a SKKY: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Değerler aynı yönetmeliğin "Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri" başlıklı tablodan alınmıştır (Resmi Gazete, 2004).

^b Ekim 2012, Mayıs 2013 ve Haziran 2013'te alınan su örneklerinin ortalama değerleri.

4.2. *Leuciscus cephalus*'un Karyotip Analizi

Dumlu Deresi'nden yakalanan her balığın ayrı ayrı karyotipleri çıkarılmış ve analiz edilmiştir. Bu türün hem solungaç hem de böbrek dokularından elde edilen metafaz plaklarında kromozom çiftleri sayılmış, kromozomlar sentromer bölgelerine göre ayrılmış, büyükten küçüğe doğru sıralanarak karyotipler oluşturulmuştur.

Tatlısu Kefali dişi ve erkek bireylerinin solungaç ve böbreklerinden hazırlanan preparatlarda solungaçta 467 ve böbrekte 378 adet metafaz plağı sayılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. *Leuciscus cephalus*'un metafaz görüntüleri

*A) Solungaç epitel hücrelerinde metafaz plağı, B) Böbrek epitel hücrelerinde metafaz plağı. 10X100.

Metafaz sıklığının solungaç dokusunda böbrekten daha fazla olduğu bulunmuştur. Metafaz plaklarında sayılan kromozom sayısı solungaçta %3 oranında $2n=46$, % 10 oranında $2n=48$, % 85 oranında $2n=50$ ve % 2 oranında $2n=52$ (Çizelge 4.2), böbrekte ise % 2 oranında $2n=46$, % 11 oranında $2n=48$, % 86 oranında $2n=50$ ve % 1 oranında $2n=52$ (Çizelge 4.3) olarak tespit edilmiştir. En çok tekrar eden değerin hem solungaçta hem de böbrekte $2n=50$ olduğu anlaşılmıştır.

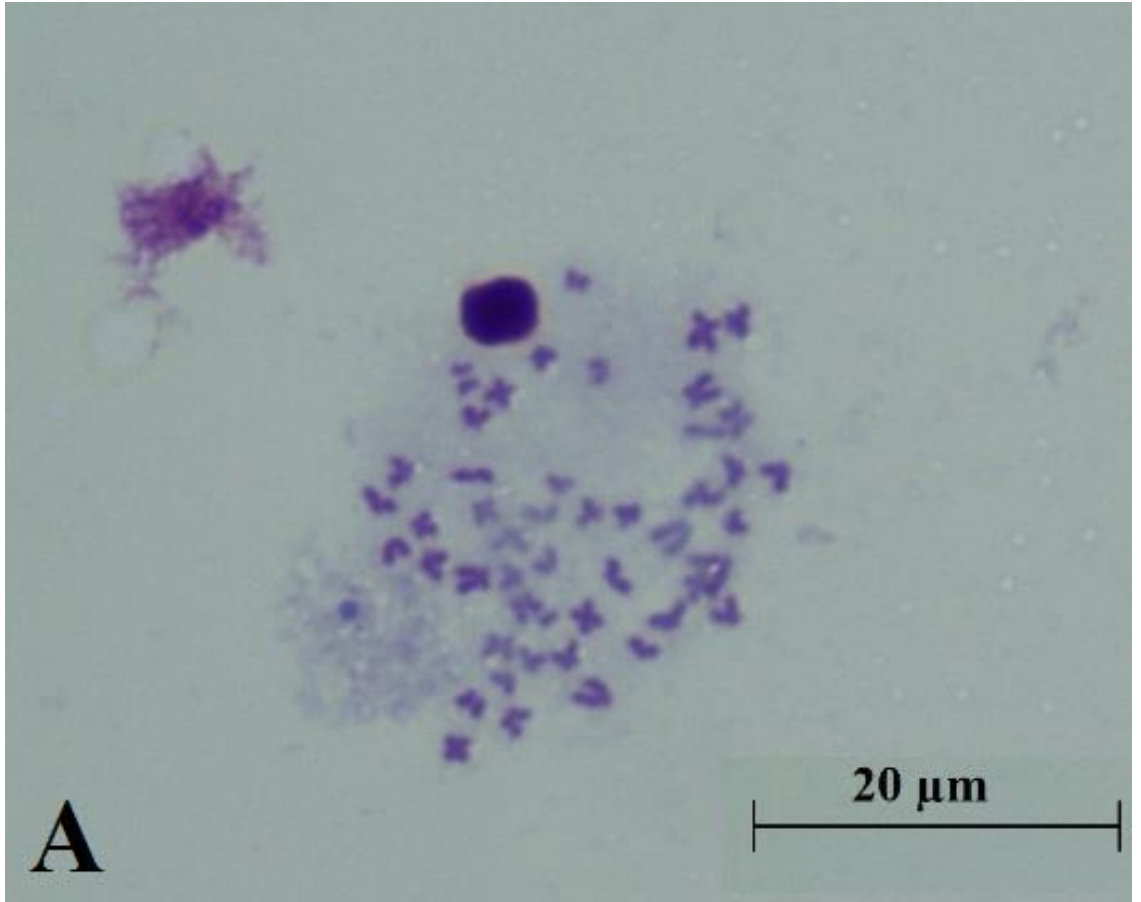
Çizelge 4.2. *Leuciscus cephalus*'un solungaç dokusundaki kromozom sayısının sıklık analizi.

Örnek sayısı	Metafaz sayısı	$2n=46$	$2n=48$	$2n=50$	$2n=52$
1. örnek	95	1	14	78	2
2. örnek	94	5	8	80	1
3. örnek	114	3	13	96	2
4. örnek	85	3	5	77	-
5. örnek	79	2	8	68	1
Toplam	467	14	48	399	6
%		3	10	85	2

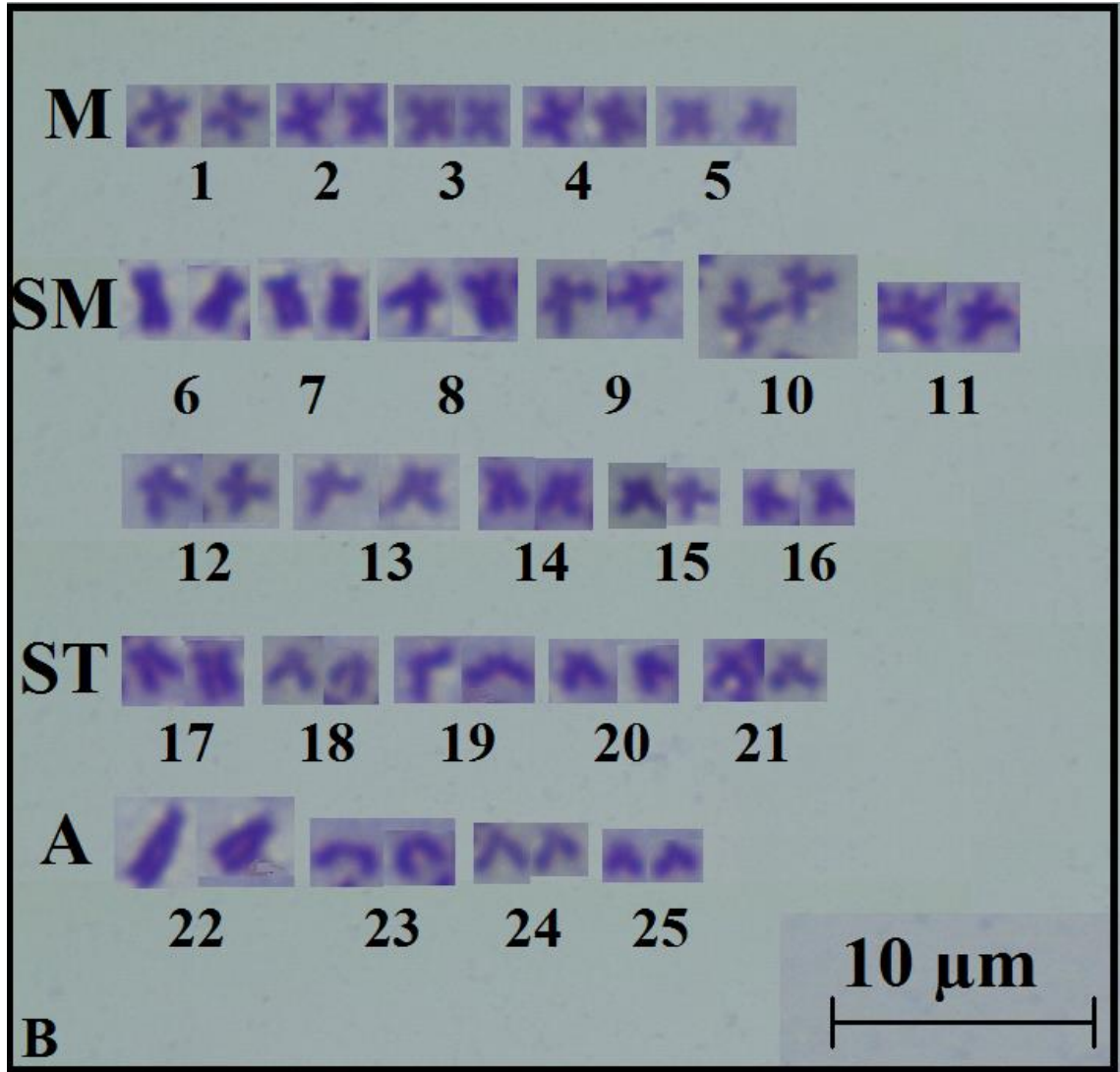
Çizelge 4.3. *Leuciscus cephalus*'un böbrek dokusundaki kromozom sayısının sıklık analizi.

Örnek sayısı	Metafaz sayısı	$2n=46$	$2n=48$	$2n=50$	$2n=52$
1. örnek	65	2	5	57	1
2. örnek	94	4	14	76	-
3. örnek	52	1	5	45	1
4. örnek	78	1	10	66	1
5. örnek	89	-	6	82	1
Toplam	378	8	40	326	4
%		2	11	86	1

İncelenen 845 metafaz plağından en iyi görünen ve en iyi dağılım gösterenlerden hazırlanan karyogramda kromozomlardan 5 çiftinin metasentrik (M), 11 çiftinin submetasentrik (SM), 5 çiftinin subtelosentrik (ST) ve 4 çiftinin de akrosentrik (A) olduğu belirlenmiştir. Kromozom kol sayısının (Fundamental Arm Number:FN) ise $FN=82$ olduğu bulunmuştur (Şekil 4.2). Bu türde cinsiyete bağlı herhangi bir kromozom tespit edilememiştir.



Şekil 4.2. *Leuciscus cephalus*'un giemsa ile boyanmış A) metafaz plağı ve B) karyotipi:10M+22SM+10ST+8A, FN=82.



Şekil 4.2 (devam)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Birçok omurgalı grubunun biyolojik sistematikteki yeri ve evrimsel analizleri için karyotip ve genom büyüklükleri mitokondri ve çekirdeklerindeki gen dizilerinin çıkarılmasıyla belirlenirken, oldukça geniş bir grup olan balıkların (yaklaşık 22 bin tür) sistematğinde çoğunlukla morfoloji ve paleontolojiden yararlanılmaktadır. Sitogenetik yöntemler bu amaç için çok kullanılmamış olmasına rağmen son yıllarda balıklara uygulanan sitogenetik çalışmalarda sayıca bir artış gözlenmektedir. 2011 verilerine göre balıkların 3.425 tür veya alt türünün karyotipi artık bilinmektedir (Arai 2011). Bu tip çalışmalar ülkemizde yaklaşık 20 yıldan beri yapılıyor olmasına rağmen henüz istenilen seviyeye ulaşmamıştır (Gaffaroğlu ve Yüksel 2005). Bu amaçlar doğrultusunda yapılan araştırmada Cyprinidae (Sazangiller) familyasına ait Erzurum Karasu Nehri'nde yaşayan *Leuciscus cephalus*'un karyotip analizi yapılmıştır. Bilindiği gibi Türkiye içsularında 27 famiyaya ait 236 balık türü ve alt türü bulunmaktadır. Tatlı sularımızda yaşayan 116 balık türü ise Cyprinidae familyasına aittir (Kuru 2004). Çalışma kapsamında karyotipi çıkarılan *Leuciscus cephalus* da bu famiyaya aittir ve oldukça geniş bir yayılışa sahiptir. Öyle ki yurdumuzdaki hemen hemen tüm akarsu ve göl sistemlerinde bu balığa rastlamak mümkündür (Geldiay ve Balık 2007).

Sitogenetik çalışmalar temelde iki şekilde yapılmaktadır: Doğrudan ve doku kültürü yöntemi. Karyotip çalışmalarında da bu iki yöntem kullanılmaktadır. Hangi yöntem olursa olsun metafaz dağılımının iyi yapılması karyotip analizi için temel unsurdur. Bu nedenle doku kültürü yöntemleri çok iyi sonuçlar vermektedir. Ancak pahalı olması ve zaman alması gibi dezavantajları vardır. Doğrudan incelemede ise metafaz frekansı düşmekte, ancak ucuz olması ve kısa zamanda sonuç alınması bakımından tercih edilmektedir. Yapılan çalışmada doğrudan inceleme yöntemi bu nedenle tercih edilmiştir. Doku olarak solungaç ve böbrekler seçilmiştir. Bu iki dokuda mitoz bölünme hızı oldukça yüksek olup kromozom elde edilmesi için oldukça uygundur (Thorgad and Disney 1990; Al-Sabti 1991).

Çalışmamızda karyotip preparasyonu için sırasıyla fitohemaglutinin ve kolşisin enjeksiyonu, dekapitasyon, KCl ile hipotenizasyon, Carnoy ile fiksasyon ve Giemsa ile boyama standart prosedürü uygulanmıştır. Önce mitozu teşvik etmek amacıyla %1'lik fitohemaglutinin balığın karın boşluğuna enjekte edilmiştir. Diğer araştırmacıların da uyguladığı fitohemaglutinin aynı oranda olup çok iyi sonuçlar vermiştir (Thorgad and Disney, 1990; Collares-Pereira, 1992). İğ ipliği oluşumunu engellemek için kullanılan kolşisin miktarı ise araştırmamızda %6 olarak uygulanmış ve sonuç alınmıştır. Kolşisin miktarı (%0.01, %0.06, %0.1, %0.5, %1, %6) ve uygulama süresi (2, 3, 4, 5 saat) ise oldukça fazla değişkenlik göstermekte olup araştırmacılar en uygun miktarı deneyerek bulmuşlardır (Khosravanizadeh *et al.* 2011). Daha sonra metafaz kromozomlarını birbirinden ayırmak için dokular 0.075 M KCl ile muamele edilmiştir. KCl yerine %0.4'lük NaCl (Foresti *et al.* 1992) veya saf su tercih eden araştırmacılar da vardır. Fiksasyon için 3 kısım metanol ve 1 kısım glasiyal asetik asitten oluşan Carnoy fiksatif kullanılmıştır. Fiske olan hücrelerin incelenmesi ise %5'lik Giemsa'da (Collares-Pereira *et al.* 1998) boyanarak yapılmıştır. Uygulanan bu prosedür sonucu balıkların solungaç ve böbreklerinden elde edilen metafaz plaklarında kromozomlar sayılmış, sentromerlerine göre sınıflandırılmış ve karyotipler çıkarılmıştır.

Araştırma kapsamında karyolojisi belirlenen *Leuciscus cephalus*'da kromozom sayısı solungaç ve böbrek hücrelerinde $2n=50$, karyotip $10M+22SM+10ST+8A$ ve kol sayısı (FN) 82 olarak belirlenmiştir. Heteromorfik cinsiyet kromozomu tespit edilememiştir. Aynı türle yapılan diğer karyotip çalışmaları bulgularımız desteklemektedir. Özellikle Boron *et al.* (2009) Wislok Nehri (Polonya) *Leuciscus cephalus*'unda yaptıkları sitogenetik analiz neticesinde kromozom sayısının $2n=50$, karyotipinin $10M+22SM+10ST+8A$ ve kol sayısının 82 olduğunu, heteromorfik eşey kromozomunun olmadığı bildirmişlerdir. Çalışma tam anlamıyla bizim bulgularımızı desteklemektedir. *Leuciscus cephalus*'la ilgili yapılan karyotip çalışmalarının tamamında kromozom sayısı $2n=50$ olarak verilirken kol sayısının 70-92 arasında değiştiği bildirilmiştir (Çizelge 5.1). Cinsiyete bağlı kromozom bu türde bildirilmemiştir. İncelenen türde cinsiyet kromozomlarının tespit edilememiş olmasının

nedeni sazangillerde eşey kromozomlarının morfolojik olarak diğer kromozomlardan ayırt edilememesinden kaynaklanmaktadır (Sola and Gornung 2001).

Çizelge 5.1. *Leuciscus cephalus* ile ilgili yapılan kromozomal çalışmalar (Boron *et al.* 2009).

2n	Karyotip	FN	Kaynak
50	38msm + 12sta	88	Wolf <i>et al.</i> (1969)
50	11m + 29smst + 10a	-	Fontana <i>et al.</i> (1970)
50	20msm + 30a	70	Berberovic and Sofradzija (1974)
50	16m + 12sm + 12st + 10a	78	Cataudella <i>et al.</i> (1977)
50	34msm + 16a	84	Sofradzija (1977)
50	18m + 20smst + 12a	88	Hafez <i>et al.</i> (1978)
50	10m + 16sm + 14st + 10a	90	Vujosevic <i>et al.</i> (1983)
50	34msm + 16sta	84	Al-Sabti (1986)
50	16m + 26sm + 8st/a	92	Bianco <i>et al.</i> (2004)
50	10m + 22sm + 10st + 8a	82	Boron <i>et al.</i> (2009)
50	10m + 22sm + 10st + 8a	82	Bu çalışmada

Karyotipte ise metasentrik, submetasentrik, subtelosentrik ve akrosentrik kromozom çiftleri oldukça fazla farklılık arz etmektedir. Balık kromozomlarının çok küçük ve sayılarının fazla olmaları, coğrafik farklılıklar, kromozom boyama yöntemleri, ölçümden doğan farklılıklar gibi etkenlerden dolayı balık kromozomları üzerinde yapılan karyotip ve diğer çalışmalarında bazı araştırmacılar farklı sonuçlar bulabilmekte ve hatta bazen istenilen netice elde edilememektedir (Gaffaroğlu ve Yüksel 2004). Karyotipteki farklılığın muhtemel sebebi olarak bu durum gösterilebilir.

Türkiye'deki ilk balık karyotip analizi Çolak (1985) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, Sivas'ın Kangal ilçesinde bulunan Topardıç suyundan yakalanan *Cyprinion macrostomum*'a ait 4 metasentrik, 26 submetasentrik ve 18 akrosentrik olmak üzere toplam 2n=48 kromozom saptanmıştır. Bununla birlikte *Barbus plejebus lacerta* (Ergene vd 1998), *Cyprinus carpio* (Pekol 1999), *Alburnoides bipunctatus*, *Barbus rajanorum mystaceus*, *Capoeta trutta*, *C. capoeta umbla*, (Kılıç ve Demirok 2000), *Carassius auratus* (Aydın 2001), *Cyprinion macrostomus* (Gaffaroğlu ve Yüksel 2004), *Alburnus heckeli* (Gül *et al.* 2004), *Chalcalburnus mossulensis* (Gül *et al.* 2000; Gaffaroğlu ve Yüksel 2005) gibi sazangillere ait balıkların karyotipi belirlenmiştir.

Leuciscus cephalus'la ilgili olarak yurdumuzda 2 çalışma yapılmıştır. İlk olarak Pekol (1999) tarafından *Leuciscus cephalus*'un karyotip analizi yapılmıştır. Kastamonu Beyler ve Germeçtepe Baraj göllerinde yapılan bu karşılaştırmalı karayotip çalışmasına göre Beyler Barajı'ndaki kefallerin 18M+12SM+20ST-A karyotipinde ve $2n=50$ kromozoma, Germeçtepe Barajı'ndaki kefallerin ise 20M+12SM+18ST-A karyotipinde ve $2n=50$ kromozoma sahip olduğu tespit edilmiştir. Kol sayısı ise FN=80 olarak bulunmuştur. *Leuciscus cephalus*'un bir alt türü olan *Leuciscus cephalus orientalis*'in kromozom sayısı $2n=50$, karyotipi 14M+20SM+16ST-A ve FN=84 olarak Kılıç-Demirok (2000) tarafından rapor edilmiştir. Kromozom sayısı bakımından bizim çalışmamızla paralel olan karşılaştırmalı karyotipte kromozom kol sayıları bakımından en az bir farklılık vardır. Karyotipteki farklılığın nedeni ise yukarıda belirtilen sebepler dışında populasyonla ilgili durumlar da olabilmektedir. İnterspesifik polimorfizm veya örnekleme yerindeki alt türler ve hatta populasyonlar arası farklılıklar bile bu duruma yol açabilir. Ayrıca preparasyon esnasındaki kromozom kayıpları, fikse olmuş hücrelerin anormal pozisyonları, yakın hücrelerden gelen kromozomlar, kromozomlarda tanımlanamayan mikro kollar, yetersiz örnek sayısı, kromozom kol ölçümündeki hatalar ve kromozom tipinin yanlış belirlenmesi gibi diğer faktörler de çalışmalar arasındaki farklılıklara neden olabilir (Arai 2011; Khosravanizadeh *et al.* 2011). Bu nedenle giemsa boyamalı karyotip çalışmalarının FISH (Fluorescence In Situ Hybridization) gibi diğer sitogenetik tekniklerle desteklenmesi gerekmektedir.

Fırat Nehri ile bunu besleyen kollarda yaşayan *Leuciscus cephalus*'la ilgili herhangi bir karyotip çalışması mevcut değildir. Bu itibarla çalışmamız Fırat ve Karasu Nehri için bir ilk olma özelliği taşımaktadır. Bundan sonraki çalışmalarımız ise bu nehir sisteminde yaşayan diğer balık türlerinin de yeni ve güncel bantlama teknikleri ile karyotipini çıkarmak ve sistematik kategorilerini daha iyi belirlemek olacaktır. Yapılan bu ve daha sonra yapılacak araştırmalardan elde edilen sonuçların ekonomik değeri olan balıklarda ıslah, melezleme, mutajenite araştırmalarına ve ekolojik çalışmalara katkılar sağlayabileceği kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- Al-Sabti, K., 1986. Karyotypes of *Cyprinus carpio* and *Leuciscus cephalus*. *Cytobios*, 47:19–25.
- Al-Sabti, K., 1991. Handbook of genotoxic effects and fish chromosomes. J. Stefan Institute, Ljubljana, Yugoslavia, 221pp.
- Amemiya, C. T., 1987. Cytogenetic and cytosystematic studies on the nucleolus organizer regions of North American cyprinid fishes. Graduate College of Texas A. and M. University, Texas, 5-120.
- Arai, R., 2011. Fish Karyotypes: A check list. Springer e-book. Tokyo Berlin Heidelberg New York, 340 pages.
- Atalay, M. A., 2005. *Pseudophoxinus* (Pisces, Cyprinidae) genusunun Anadolu’da yayılışı ve taksonomik özelliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 136s.
- Aydın, D. Ö., 2001. Kızılırmak (Kayseri-Türkiye)’ta Yaşayan *Carassius auratus* (L., 1758)’un Karyotipi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 3: 33-37.
- Berberovic, L. J. and Sofradzija, R., 1974. Basic data about diploid chromosome complement of *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae: Pisces). *Bull Sci*, 19: 5–6.
- Bianco, P., Aprea, G., Balletto, B., Capriglione, E., Fulgione, T., Odierna, D. G., 2004. The karyology of the cyprinid genera *Scardinius* and *Rutilus*’in southern Europe. *Ichthyological Research*, 51:274–278.
- Borin, L. A., Martins-Santos, I. S., Oliveira, C., 2002. A Natural triploid in *Trichomycterus davisi* (Siluriformes, Trichomycteridae): Mitotic and Meiotic Characterization by Chromosome Banding and Synaptonemal Complex Analyses. *Genetica*, 115: 253-258.
- Boron, A., Porycka, K., Ito, D., Abe, S., Kirtiklis, L., 2009. Comparative molecular cytogenetic analysis of three *Leuciscus* species (Pisces, Cyprinidae) using chromosome banding and FISH with rDNA. *Genetica*, 135: 199-207.
- Briolay, J., Galtier, N., Brito, R. M., Bouvets, Y., 1998. Molecular Phylogenetics and Evolution, 9: 100–108.
- Cataudella, S., Sola, L., Accame Muratori, R., Capanna, E., 1977. The chromosomes of 11 species of Cyprinidae and one Cobitidae from Italy, with some remarks on the problem of polyploidy in the Cypriniformes. *Genetica*, 47: 161–171.
- Collares-Pereira, M.J., 1992. First International Workshop on Fish Cytogenetic Techniques, Concarneau, France, 14-24 September.
- Collares-Pereira, M.J., Prospero, M.I., Bileu, M.I., Rodrigues, E.M., 1998. *Leuciscus* (Pisces, Cyprinidae) karyotypes: transect of Portuguese populations. *Genetic and Molecular Biology*, 21: 63–69.
- Çolak, A., Sezgin, D., Sürücü, Y. S., 1985. Sazangiller Familyasına (Cyprinidae) Ait Beni Balığı (*Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843)’nda Kromozomal Araştırmalar. *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*, 9: 193-195.
- Değer, D., 2006. Dicle Nehri’nde yaşayan Cyprinidae familyası dışındaki bazı balık türlerinin karyolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 52s.

- Demirsoy, A., 1993. Yaşamın Temel Kuralları, Omurgalılar / Anamniyota. Cilt-III/Kısım-I, Düzeltilmiş II. Baskı, Meteksan Matbaacılık, Ankara, 370-372.
- Denton, T.E., 1973. Fish chromosome methodology. Charles C. Thomas Publisher, Springfield, USA, pp 166.
- Elçi, Ş., 1994. Sitogenetikte Araştırma Yöntemleri ve Gözlemler. 100. Yıl Üniversitesi Yayınları, Van, 238s.
- Ergene, S., Kuru, M., Çavaş, T., 1998. *Barbus plebejus lacerta* (Heckel, 1843)'nın karyolojik analizi. II. Uluslararası Kızılırmak Fen Bilimleri Kongresi. 20-22 Mayıs, 426-433.
- Ergene, S., Kaya, F., Pekcan, I. ve Oral, A., 1998. Karyological Analysis of *Oreochromis niloticus* (L., 1758) (Pisces, Cichlidae) Used in Aquaculture. First International Symposium on Fisheries and Ecology, Trabzon, Turkey, 191-195.
- Ergene, S., Portakal, E., Karahan, A., 1999. Karyological Analysis and Body Proportion of Catfish (Clariidae, *Clarias Lazera*, Valenciennes. 1840) in Göksu Delta, Turkey. Turkish Journal of Zoology, 23: 423-426.
- Ergene, S. ve Çavaş, T., 1999. *Tilapia zillii* (Gervais, 1848)'nin (Pisces: Cichlidae) Karyolojik Analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12: 829-835.
- Ergene, S. ve Portakal, E., 1999. *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864)'un karyolojik analizini. X. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 758-765.
- Ergene, S., Karahan, A., Kuru, M., 2002. Güney Akdeniz Tatlı Sularında Bulunan *Rutilus tricolor* Lortet, 1883 (Pisces: Cyprinidae)'ın Karyolojik Analizi İçin Bir Yöntem. XVI. Ulusal Biyoloji Kongresi, 88s.
- Esmaili, H.R., Ebrahimi, M., Ansari, T.H., Teimory, A., Gholamhosseini, G., 2009. First karyotype analysis of Persian stone lapper, *Garra persica* Berg, 1913 (Actinopterygii: Cyprinidae) from Iran. Current Science, 96: 959-962.
- Esmaili, H.R., Zareian H., Gholamhosseini A., Ebrahimi, M., Gholami, Z., Teimori, A., Ansari T. H., 2010. Karyotype Analysis of the King Nase Fish, *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) (Actinopterygii: Cyprinidae) from Iran. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 477-481.
- Fontana, F., Chiarelli, B., Rossi, A., 1970. Some new data on the number of chromosomes of teleost fish obtained by means of tissue culture in vitro. Experientia, 26:1021.
- Foresti, F., Almedo Toledo, L.F., Ozoufcostaz, C., 1992. First International Workshop on Fish Cytogenetic Techniques, Draft Report and Contributions. Concarneau, France.
- Gaffaroğlu, M. ve Yüksel E., 2004. *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843 (Pisces: Cyprinidae)'un karyotip analizi. Gazi Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi, 5: 235-239.
- Gaffaroğlu, M. ve Yüksel E., 2005. *Chalcalburnus mossulensis* Heckel, 1843 (Pisces: Cyprinidae)'ın karyotipi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17:114-12.
- Geldiay, R. ve Balık, S., 2007. Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniversitesi Basımevi, V. Baskı, İzmir.
- Gül, S., Çolak, A., Sezgin, İ., 2000. Gümüş Balığı'nda (*Chalcalburnus mossulensis* Heckel, 1843) Karyotip Analizi. Doğa Türk Biyoloji Dergisi, 24:657-662,

- Gül, S., Çolak, A., Sezgin, İ., Kaloğlu B., 2004. Karyotype analysis in *Alburnus heckeli* (Battalgil, 1943) from Lake Hazer. Turkish Journal of Veterinary and Animal Science, 28: 309-314.
- Hafez, R., Labat, R., Quillier, R., 1978. Etude cytogenetique chez quelques especes de cyprinides de la region Midi-Pyrenees. Bull Soc Hist Natur Toulouse, 114:1-38.
- Hamalosmanoglu, M. ve Kuru, M., 2003. Karyotype analyses of the *Cyprinus carpio* (L., 1758) (carp) live in Mogan Lake (Ankara). Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23: 1-10.
- Karahan, A., 2007. *Garra rufa* ve *Garra variabilis*'in morfolometrik ve sitogenetik yönden karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 123s.
- Karasu, M., 2009. *Pseudophoxinus firati* (Pisces:Cyprinidae)'nin karyotip özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 57s.
- Khosravanizadeh A., Pourkazemi, M., Nowruz Fashkhami, M.R., 2011. Karyology study on Bleak (*Alburnus alburnus*) from the South Caspian Sea region. Caspian Journal of Environmental Sciences, 9: 27-36.
- Kılıç-Demirok, N., 2000. Dicle Su Sisteminde Yaşayan Bazı Cyprinid Tür ve Alt türlerinin Kromozomları Üzerine Çalışmalar. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 71s.
- Kılıç-Demirok, N. and Ünlü, E., 2001. Karyotypes of cyprinid fish *Capoeta trutta* and *Capoeta capoeta umbla* (Cyprinidae) from the Tigris River. Turkish Journal Zoology, 25: 389-393.
- Kılıç, B., Gül, S., Özkan, O., Kaya, T.Ö., Nur, G., Aksu, P., 2011. Kura-Aras Havzası'nda Yaşayan *Orthrias tigris* (Heckel, 1843)'de Kromozomal Çalışmalar. Afyon Kocatepe Üniveristesi, Fen Bilimleri Dergisi, 11:43-49.
- Klinkhardt, M.B., 1994. Karyotypic divergence between species of Gadidae (Pisces, Gadiformes). Cytobios, 77: 207-214.
- Kuru, M., 2004. Türkiye içsu balıklarının son sistematik durumu. Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24: 1-21.
- Levan, A., Fredga, K., Sandberg, A. A., 1964. Nomenclature for Centromeric Position on Chromosomes. Hereditas, 52: 201-220.
- Mani, I., Kumar, R., Singh, M., Kushwaha, B., Nagpure, N. S., Srivastava, P. K., Murmu, K., Rao, D. S. K., Lakra, W. S., 2009. Karyotypic diversity and evolution of seven mahseer species (Cyprinidae) from India. Journal of Fish Biology, 75: 1079-1091.
- Merlo, A., Cross, I., Palazo, J.L., Sarasquete, C., Rebordinos, L., 2007. Chromosomal mapping of the major and minor ribosomal genes, (GATA)n and (TTAGGG)n by one-color and double-color FISH in the toadfish *Halobatrachus didactylus* (Teleostei:Batrachoididae). Genetica, 131:195-200.
- Naran, D., Skelton, P. H., Hayashi, M., 2005. Karyology of the redfin minnows, genus *Pseudobarbus* Smith, 1841 (Teleostei: Cyprinidae): one of the evolutionarily tetraploid lineages of South African barbines. African Zoology, 41: 178-182.
- Nasri, M., Keivany, Y., Dorafshan, S. 2010. First karyological analysis of smallmouth lotak, *Cyprinion kais* Heckel, 1843, an endemic Cyprinid fish from the Tigris-Euphrates Basin. Italian Journal of Zoology, 77: 272-276.

- Nishikawa, S., Amaoka, K., Karasawa, T., 1971. On the Chromosomes of two species of eels (*Anguilla*). Chromosome Information Service No:12, Sihinoseki University of Fisheries, Shiminoseki, 27-28.
- Ojima, Y., Ueno, K., Hayashi, M., 1976. A review of the chromosome numbers in fishes. *La Kromosomo*, II, 1: 19-47.
- Ojima, Y., 1983. Fish cytogenetics. In: Sharma, A.K. and Sharma, A. eds. Chromosomes in evolution of eukaryotic groups. Vol. I. CRC press, Florida, pp 111-145.
- Örs, T., 2003. Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Böbrek Doku Örnekleri ile Karyotip Oluşturulması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20: 497-501.
- Park, E.H., 1974. A list of the chromosome numbers of fishes. *College Rev. College Liberal Arts Sci.*, Seoul National University, 20: 346-372.
- Pekol, S., 1999. 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, 69s.
- Pereira, C. S. A., Ra' b, P., Collares-Pereira, M. J., 2012. Chromosomes of European cyprinid fishes: comparative cytogenetics and chromosomal characteristics of ribosomal DNAs in nine Iberian chondrostomine species (Leuciscinae). *Genetica*, 140: 485-495.
- Resmi Gazete, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete 31.12.2004, No:25687.
- Sofradzija, A., 1977. Kariologija i citotaksonomija vrsta roda *Leuciscus* iz voda Bosne i Hercegovine. *Godisn Biological Institue University of Sarajevu*, 30:113-211.
- Sola, L., Cataudella, S., Capanna, E., 1981. New developments in vertebrate cytotaxonomy. III. Karyology of bony fishes: a review. *Genetica*, 54: 285-328.
- Sola, L. and Gornung, E., 2001. Classical and molecular cytogenetics of the zebra fish, *Danio rerio* (Cyprinidae, Cypriniformes): an overview. *Genetica*, 111: 397-412.
- Sönmez, A.Y., 2011. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi ve Bulanık Mantıkla Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 86s.
- Stebbins, G.L., 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants. Edward Arnold Ltd., London, pp 216.
- Tanrıkulu, D., 2008. Kura-Aras Havzası'nda bulunan Çöpçü Balığı'nda (*Orthrias panthera*, Heckel 1843) karyotip analizi. Yüksek Lisans Tezi, Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kars, 70s.
- Tekeli, A. E., Akyürek, Z., Şorman, A. A., Şensoy, A., Şorman, A.Ü., 2005. Using MODIS snow cover maps in modeling snowmelt runoff process in the eastern part of Turkey. *Remote Sensing of Environment*, 97: 216 - 230.
- Thorgard, G. H. and Disney, J. E., 1990, Chromosome Preparation and Analysis. Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bathesda, Maryland, USA, 171-187.
- Uysal, U.E., 2011. Büyük Menderes Nehri'nden yakalanan *Chondrostoma meandrense* (Elvira, 1987) ve *Acanthobrama mirabilis* (Ladiges, 1960) (Cyprinidae)'in karyotip analizi. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın, 65s.

- Vasiliev, V.P., 1985. Evolutionary karyology of fishes. Publishing House Nauka, Moscow.
- Vujosevic, M. S., Zivkovic, S., Rimsa, D., Jurisic, S., Cakic, P., 1983. The chromosomes of 9 fish species from Danube basin in Yugoslavia. *Ichthyologia*, 15: 29–40.
- Wolf, U., Ritter, H., Atkin, N. B., Ohno, S., 1969. Polyploidization in the fish family Cyprinidae, order Cypriniformes. I. DNA-content and chromosome sets in various species of Cyprinidae. *Humangenetik*, 7:240–244.
- Woznicki, P., Jankun, M., Luczynski, M., 1998. Chromosome polymorphism in *Salmo trutta morpha lacustris* from Poland, Wdzydze Lake population: Variation in the short arm length of chromosome eleven. *Aquatic Sciences*, 60: 367–375.
- Yılmaz, İ., 1997. Sitolojik ve Karyolojik Özellikler. *Taksonomik Zoolojinin Prensipleri ve Metodları (Hayvan Taksonomi Dersleri)*, Oran Yayıncılık, İzmir, 59-126.
- Yüce, S., Bilgen, G., Demir, İ., 2010. *Genetik*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 326 s.
- Yüksel, E. ve Gülkaç, M. D., 1992. On the karyotypes in some populations of the subterranean mole rats in the lower Euphrates Basin. Turkey, *Caryologia*, 45: 175-190.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Samsun'un Bafra ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Samsun Bafra'da tamamladı. Liseyi Bafra Kızılırmak Anadolu Öğretmen Lisesinde okudu. 2006 yılında Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmenliği bölümünde lisans öğrenimine başladı. Erzurum'un bazı okullarında staj yaptı. 2011 yılında bu bölümden mezun oldu. 2011'de Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Ana Bilim Dalı Genel Biyoloji alanında yüksek lisans programına başlayıp, eğitimini 2013'de tamamladı.