



**KARASU NEHRİ BALIKLARINDAN
Chondrostoma regium'UN MORFOLOJİK VE
KARYOTİPİK ÖZELLİKLERİ**

Büşra YAMAÇ

**Danışman: Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN
Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Ana Bilim Dalı
2023**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

**KARASU NEHRİ BALIKLARINDAN *Chondrostoma regium*'un MORFOLOJİK VE
KARYOTİPİK ÖZELLİKLERİ**

(The Morphological and Karyotypic Analyses of *Chondrostoma regium* from Karasu River)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Büşra YAMAÇ

Danışman: Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN

Erzurum
Temmuz, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Büşra YAMAÇ tarafından hazırlanan “Karasu Nehri Balıklarından Chondrostoma regium’un Morfolojik ve Karyotipik Özellikleri” başlıklı çalışması 12 / 07 / 2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Biyoloji Ana Bilim Dalı, Genel Biyoloji Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Özkan AKSAKAL <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Üyesi M. Enes ARSLAN <i>Erzurum Teknik Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim Kurulunun
.../.../.... tarih ve sayılı
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

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

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

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof. Dr. Turgay Şişman* danışmanlığında sunulan “**KARASU NEHRİ BALIKLARINDAN *Chondrostoma regium*’UN MORFOLOJİK VE KARYOTİPİK ÖZELLİKLERİ**” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	6	30
Kuramsal Temeller	17	30
Materyal ve Metot	20	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	19	20
Sonuçlar	0	20
Tezin Geneli	19	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5’den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Büşra YAMAÇ	Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN
20.6.2023	20.6.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

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

Tez konumun belirlenmesinde, arazi ve laboratuvar çalışmalarında, tezin yazım aşamasında, tez makalesinin yayımlanmasında ve tezin tamamlanma sürecinde tam destek veren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN'a teşekkürü ederim.

Her daim destekleriyle yanımda olan ailem ve eşim Erdem YAMAÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Büşra YAMAÇ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KARASU NEHRİ BALIKLARINDAN *Chondrostoma regium*'UN MORFOLOJİK VE KARYOTİPİK ÖZELLİKLERİ

Büşra YAMAÇ

Danışman: Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN

Amaç: Sitotaksonomik çalışmalara göre balık türlerinin çok az bir kısmının (%11) karyotipi tanımlanmıştır. Benzer durum Ülkemiz Tatlısuları için de geçerlidir. Ayrıca sitotaksonomik bulgular morfolojik karakterlerle desteklendiğinde daha net sonuçlara ulaşılabilmektedir. Bu çalışmanın amacı Ülkemiz iç sularında yaşayan balıklardan olan *Chondrostoma regium*'un hem morfolojik hem de karyotipik özelliklerini ortaya koymaktır.

Yöntem: Balıklar Karasu Nehri'nden serpmeye ağlarla yakalanmıştır. Laboratuvara canlı olarak getirilen balıklar, analizlerden önce havalandırılmış akvaryumlarda bekletilmiştir. Morfolojik analiz için balığın metrik ve meristik karakterleri kullanılmıştır. Balıkların solungaç ve böbrek epitel hücrelerinde ise karyotip analizi 3 farklı boyama tekniği kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular: Belirtilen metrik ve meristik karakter bulguları balığın türünün *C. regium* olduğunu doğrulamıştır. Preparatlarda yapılan analizler sonucunda *C. regium*'un $2n=50$ kromozoma sahip olduğu bulunmuştur. Detaylı karyotip analizi sonucunda *C. regium*'da 9 metasentrik, 7 submetasentrik, 1 subtelosentrik ve 8 telosentrik kromozom çifti olduğu belirlenmiştir ($18M+14SM+2ST+16T$). Kromozom kol sayısı $FN=82$ olarak tespit edilmiş ve NOR pozisyonunun 21. kromozom çiftinde olduğu bulunmuştur. C-bantlama ile yapılan karyotiplerde ise C-pozitif heterokromatin bantlarının kromozomların telomerlerinde olduğu görülmüştür. Karyotip simetri/asimetri indeksi 2,32 olarak hesaplanmıştır. Bu özellikler ilk kez rapor edilmiştir.

Sonuç: Karasu Nehri'nde yaşayan *C. regium* farklı habitatlarda yaşayan *C. regium* türleri ile neredeyse aynı özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Karyotipin balıkların solungaç ve böbrek hücrelerinde aynı olduğu görülmüştür. İncelenen türde sitolojik olarak cinsiyete bağlı herhangi bir kromozom tespit edilememiştir.

Anahtar Kelimeler: *Chondrostoma regium*, balık sitotaksonomisi, kromozom bantlama, Ag-NOR, metrik karakter, meristik karakter.

Temmuz 2023, 65 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE MORPHOLOGICAL AND KARYOTYPIC ANALYSES OF *Chondrostoma regium* FROM KARSU RIVER

Büşra YAMAÇ

Supervisor: Prof. Dr. Turgay ŞİŞMAN

Purpose: According to cytotaxonomic studies, the karyotype of very few of the fish species (11%) has been defined. The same is true for the freshwaters of Türkiye. In addition, better results can be achieved when cytotaxonomic findings are supported by morphological characters. The aim of this study is to reveal both the morphological and karyotypic features of *Chondrostoma regium*, one of the fish living in the inland waters of Türkiye.

Method: The fish were caught with fishing nets from the Karasu River. The alive fish were transported to the laboratory, and kept in an aerated aquaria before the analyses. The metric and meristic characteristics were used for the morphological analysis. The karyotype analysis was performed in fish kidney and gill epithelia cells using three different staining methods.

Findings: The character findings confirmed that the fish was *C. regium*. As a result of examinations made in the preparations, it was determined that *C. regium* had $2n=50$ chromosomes. In detail, the karyotype formula of *C. regium* were determined as 9 metacentric, 7 submetacentric, 1 subtelocentric and 8 telocentric chromosome pairs (18M+14SM+2ST+16T), and fundamental arm number was calculated as 82. NOR was detected on 21. chromosome pairs. Constitutive heterochromatin regions were determined on telomeres of the chromosomes. Karyotype symmetry/asymmetry index was calculated as 2.32. These features are reported for the first time.

Results: It has been understood that *C. regium* living in the Karasu River has almost the same characteristics as *C. regium* species living in different habitats. The karyotypes of gill and kidney cells were the same. No sex chromosomes were cytologically detected.

Keywords: *Chondrostoma regium*, fish cytotaxonomy, chromosome banding, Ag-NOR, metric character, meristic character

July 2023, 65 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	3
Taksonomide Elektron Mikroskobi Tekniğı	4
Kemotaksonomi	5
İmmunotaksonomi	6
Davranış özelliklerinin taksonomide kullanılması	7
Taksonomide konukçu-parazit ve konukçu-simbiont ilişkileri.....	7
Sitotaksonomi.....	7
Sayısal (Numerik) taksonomi.....	9
Çalışmada kullanılan balık türü	10
Karyotip.....	12
Balıklarda karyotip çalışmaları	13
MATERYAL VE YÖNTEM	18
Araştırma Bölgesi.....	18
Araştırılan balık türü	19
Kullanılan Kimyasallar	20
Kullanılan Cihazlar ve Aletler	21
Morfolojik Analiz.....	21
Karyotipik analiz	23
ARAŞTIRMA BULGULARI	26
Balıkların Ağırlık ve Boy Dağılımı	26
Morfolojik analiz sonuçları	26

<i>C. regium</i> 'un karyotip analizi	28
TARTIŞMA.....	34
SONUÇ.....	41
KAYNAKLAR.....	42
EKLER	50
EK 1.	50
EK 2.	51
EK 3.	52
ÖZGEÇMİŞ.....	53



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. <i>Capoeta capoeta</i> 'nın Sınıflandırılması.....	10
Tablo 2. Araştırmalar Esnasında Kullanılan Aletler ve Cihazlar	21
Tablo 3. <i>C. regium</i> 'un Boy (cm) ve Ağırlık (gr) Değerleri	26
Tablo 4. <i>C. regium</i> Türüne Ait Şekil 7'de Belirtilen Metrik Ve Meristik Karakterlerin Sayısal Değerleri	27
Tablo 5. <i>C. regium</i> 'un Solungaç Dokusundaki Kromozom Sayısının Sıklık Analizi	28
Tablo 6. <i>C. regium</i> 'un Böbrek Dokusundaki Kromozom Sayısının Sıklık Analizi	29
Tablo 7. <i>C. regium</i> 'un Kromozomlarının Ölçümleri (μm) ve Sentromerik İndeksleri	30
Tablo 8. Türkiye İç Sularında Yaşayan <i>Chondrostoma regium</i> Türüne Ait Diagnostik Özelliklerin Mukayesesi	35
Tablo 9. Türkiye ve Dünyada yaşayan <i>Chondrostoma</i> Türlerine Ait Tespit Edilen Karyotipik Özellikler.....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Örnekleme istasyonu: Erzurum-Bayburt Karayolu 65. km.....	18
Şekil 2. Karasu Nehri'nde örneklemenin yapıldığı bölge	19
Şekil 3. <i>Chondrostoma regium</i>	20
Şekil 4. Balıkların bekletildiği akvaryum.....	20
Şekil 5. <i>C. regium</i> 'un; lateralden (A), dorsalden (B) ve ventralden (C) görünüşü.	22
Şekil 6. Balıklarda ağırlık ölçümü.....	22
Şekil 7. <i>C. regium</i> 'un metrik ve meristik karakterleri.....	23
Şekil 8. A-İntra-peritoneal enjeksiyon işlemi, B-Hipotonik solüsyon içine konulmuş dokular.....	24
Şekil 9. <i>C. regium</i> 'da ağız yapısı (A), homoserk yapıda olan kuyruk yüzgeci (B), yanıl çizgi (ok) ve diğer yüzgeçler	27
Şekil 10. <i>C. regium</i> 'un giemsa ile boyanmış metafaz plağı	29
Şekil 11. <i>Chondrostoma regium</i> 'un ideogramı.	31
Şekil 12. <i>C. regium</i> 'un C-bantlama yapılmış metafaz plağı	32
Şekil 13. <i>C. regium</i> 'un NOR bölgelerini gösteren gümüş nitrat boyalı metafaz plağı	33

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

mg	Miligram
mg/g	Miligram/Gram
mg/kg	Miligram/Kilogram
mg/L	Miligram/litre
mL	Mililitre
mm	Milimetre
µm	Mikrometre

GİRİŞ

Dünya var olduğundan beri insanoğlu çevresiyle sürekli etkileşim içinde olmuş ve bunun sonucu olarak da canlıları araştırma ve sınıflandırma isteği duymuştur. Yaşamın olduğu her yerde bulunan canlılar coğrafi dağılıma bağlı olarak gün geçtikçe çeşitlenmekte ve böylece taksonomiye duyulan ilgi giderek artmaktadır. Hemen hemen 2 milyona yakın canlı türünün olduğu yerkürede yapılan çalışmalar neticesinde yeni tür sayısı her geçen gün giderek artmaktadır.

Türlerin morfolojik ve anatomik özellikleri onların sistematikteki yerinin belirlenmesinde eski zamanlardan beri kullanılmaktadır. Son 55 yıldır gelişen araştırma ve görüntüleme teknikleri ve kromozomların ince yapısı hakkında çok fazla araştırma yapılmasıyla canlı sistemiği yeni bir boyut kazanmıştır. Yapılan sitogenetik araştırmalar hayvan ve bitki sistemiğinde önemli gelişmeler sağlamıştır. Sitogenetik araştırmalara göre kromozomların sayısı, şekli ve yapısı her canlının kendine özgü bazı karakterler taşımaktadır. Sitotaksonomi bilimi, kromozomlarla ilgili yapılan araştırmaların taksonomiye uygulanmasıyla yeni bir araştırma alanı olarak tanımlanmıştır. Sitotaksonomi alanında çalışan bilim insanları farklı türler sınıflar arasındaki sitolojik farklılıkları belirleyerek, morfolojik olarak ayıramayan türlerin sınıflandırılmasında ve evrimsel açıdan akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde doğru tahminler oluşturabilmektedirler (Yılmaz 1997).

Sitolojik karakterler taksonomik çalışmalarda daha doğru kriterler olarak kabul edilmektedir. Çünkü her canlının kromozom setleri (karyotipi) farklıdır ve ortam koşullarından dolayı olarak veya doğrudan etkilenmemektedir. Kromozomlara ait özellikler (sayı, sentromer konumu ve morfolojisi) taksonomide kullanılan temel sitolojik karakterlerdir (Elçi 1994). Bir türe ait kromozom sayısı, kromozom büyüklüğü, sentromerinin pozisyonu, kromozom kol oranı ve satellitin bulunup bulunmaması gibi özellikler o türün karyotipik özelliklerini yansıtmaktadır (Stebbins 1971). Kromozom çiftleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak karyogramlar oluşturularak karyotipler hazırlanır. İdiogramlar ise kromozomların şematik diyagramları olarak hazırlanmaktadır (Elçi 1994).

Karyotip çalışmaları tür seçiminde, verimli türlerin üretimlerinin yönlendirilmesinde ve sitotoksik/genotoksik kimyasalların izlenebilmesinde önemli faydalar sağlamaktadır (Al-Sabti 1991). Balıkların genetik yapısının bilinmesi, ıslah çalışmalarıyla beraber sistematik kategorilerin tayin edilmesi ve canlının çevresel faktörlerden özellikle de kirleticilerden ne

derecede etkilendiğinin belirlenmesi bakımından da oldukça önemlidir. Kromozomla ilgili çalışmalar sadece sistematik araştırmalarında değil aynı zamanda mutagenез, filogenetik ilişki ve deneysel melezleme alanlarında da kullanıldığı için bu konudaki bilgilere ihtiyaç her geçen gün artış göstermektedir.

Balıklarda yapılan kromozom analizleri balık populasyonlarının genetik yapılarının hakkında bilgi vermesi açısından önemlidir. Böylece populasyonlar arası/içi kromozom polimorfizminin tespiti yapılabilir. Balıklarla yapılan sitogenetik araştırmalar, çeşitli kimyasalların mutajenik etkilerinin ve biyolojik kirlilik seviyelerinin test edilmesinde biyoіřareti olarak kullanılmaları açısından da önemli bir yere sahiptir. Yoğun pestisit kullanımı, küresel ısınma ve aşırı avlanma biyolojik çeşitliliği ciddi bir şekilde tehdit etmektedir. Bu nedenle günümüzde var olan türlerin tanınması, tanıtılması ve korunması elzemdir. Balıklar sudaki kirleticilere doğrudan maruz kaldıkları için bu kirleticileri metabolize edebilir, toplayabilir ve depolayabilirler. Bu yolla endüstriyel atıklar ve radyasyon balık kromozomlarında çeşitli hasarlara yol açabilmektedir. Çekirdek anormallikleri ve kromozom anormallikleri su kirliliği işareti olarak da kullanılabilir (Değer 2006). Bunlara ek olarak balıkların karyotipik karakterlerinin belirlenmesi daha verimli ırkların üretilmesine de fayda sağlayabilmektedir (Karahan 2007).

Ülkemiz balık çeşitliliği bakımından oldukça zengin bir coğrafyaya sahiptir. Tatlı sularımızda 391 (Saygun, 2021), denizlerimizde ise 512 balık türünün (Bilecenoğlu *et al.* 2014) yaşadığı bilinmektedir. Bu türlerin yaklaşık %89'unun karyotipi henüz belirlenememiştir. Metodolojik açıdan moleküler sitogenetik yöntemler dünyada yaygınlaşmaya başlamış olsa da geleneksel sitotaksonomik yöntemler (Giemsa boyama, AgNOR boyama, C-bantlama ve kültür yöntemleri gibi) son çalışmalarda kullanılmaya devam etmektedir (Araya-Jaime *et al.* 2020; Goes *et al.* 2020; Moreva, 2020). Türkiye'de yapılan balık sitogenetiği araştırmalarının derlendiği araştırmaya göre 103 türün kromozomları incelenmiştir (Saygun, 2021). *C. regium* ile ilgili sadece iki karyotip çalışması vardır. Bu çalışmalardan biri İran'dan (Esmaeili *et al.* 2010) diğeri de Türkiye'den (Kaya, 2009) bildirilmiştir. *C. regium*'da nükleolar düzenleyici bölge (NOR) ve yapısal heterokromatin (C bant) zellikleri ise henüz bildirilmemiştir. Ancak Karasu Nehri ve kollarında yaşayan *Chondrostoma regium*'un karyotipi üzerine henüz bir çalışma yapılmamıştır. Bu alışmada Karasu Nehri'nde yayılışı olan *C. regium*'un morfolojik özelliklerinin yanısıra özellikle karyotipik zellikleri C-bantlama, Ag-NOR ve giemsa boyama teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. Kromozomal bulgular *Chondrostoma* türleri üzerinde daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla mukayese edilerek türün doğrulanması/tanımlanması ilk kez yapılmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Taksonomi canlı türlerinin sınıflandırılmasıyla ilgilenen biyoloji alt dalıdır. Taksonomi kelimesinin kökeni Eski Yunancada kullanılan takson kelimesinden gelmektedir ve takson düzenleme anlamındadır. Canlılar sınıflara ayrılırken familya, alem, takım, tür ve cins gibi kategoriler şeklinde sınıflandırılırlar. Bu kategorilerin her biri bir taksonu ifade etmektedir. Önceki yıllarda taksonomi ile ilgili çalışmalar yapılırken; dış görünüşe, morfolojik özelliklere, nitel ve nicel gözlemlere dayalı tespitler yapılmaktaydı. Canlılarda ayak sayısı, ayakların tırnaklı olması ya da perde bulunup bulunmaması, göz kapağının varlığı ya da yokluğu, tüy, kıl ve pulun bulunması/bulunmamasına bağlı olarak karşılaştırmalar yapılarak elde edilen sonuçlar sınıflandırmada kullanılmaktadır. Fakat bir canlı türünün diğerinden farklı olması sadece morfolojik özelliklerle sınırlı değildir. Günümüzde sadece morfolojiye bakılarak yapılan sınıflandırma bazı alt türlerin veya keşfedilmemiş türlerin tespiti için oldukça zordur. Bu sebeple daha hassas gözlemlere geliştirilmiştir. Ayrıca ışık, faz-kontrast ve polarizasyon mikroskopları gibi büyütme gücü çok yüksek olan gözlem araçlarının gelişmesinin de canlıların daha ince yapısal özelliklerini açığa çıkarmada önemli faydalar sağlamıştır (Yılmaz 2012).

Teknolojide ki ilerlemeyle beraber taksonomide kullanılan yöntem ve teknikler de daha kesin ayırım yapmamızı sağlamıştır. Ayrıca bu durumda sadece dış görünüşü incelemeye bağlı olarak yapılan çalışmalar ile birbirlerinden ayırt edilmesi güç olan türleri ayırmak için daha kesin sonuç verebilecek taksonomik özelliklerin belirlenmesi hedeflenmiştir (Sevindik 2013).

Populasyon genetikçileri geçmiş yıllardan beri, bireyler arasındaki farklı özellikleri, örneğin tohum şekli ve çiçek rengi gibi fenotipik farklılıkları değerlendirerek tür içi çeşitlilik hakkında tahminlerde bulunmuşlardır. Canlılarda kalıtımı sağlayan DNA, popülasyonda bulunan aynı tür bireyler arasındaki genetik farklılıkları belirlemek ve bunları sayısal verilere dökmek için doğrudan kullanılan moleküler bir materyaldir. Bu yöntem, tür içi ve türler arası genetik çeşitliliği belirlemek ve değerlendirmek için çok önemli bir araç olmuştur. Çekirdek, mitokondri ve kloroplastda bulunan DNA'lar genetik çeşitlilik seviyesini belirlemek için analiz edilebilir. İlgili türün DNA'sı ile gerçekleştirilen DNA analiz yöntemleriyle, koruma biyologları tarafından genetik çeşitlilik dağılımının ve düzeyinin boyutlarını incelemekte ve koruma çabalarına yardımcı olmakta kullanılmaktadır (Klug and Cummings 2009).

Balık karyolojisinin tespit edilmesinde çeşitli güçlükler bulunmaktadır. Bu güçlükler balık kromozom sayısının fazla olması, kromozomların küçük olması ve kromozom

preparasyonu için standart bir teknik olmaması şeklinde sıralanabilir. Memeliler için geliştirilmiş olan sitogenetik analiz yöntemlerinin balık türlerine uyarlanmasının sınırlı olması ve balıkların diğer omurgalılara nazaran sayı ve morfoloji olarak düzensiz kromozoma sahip olmaları karyotipik analizleri güçleştirmektedir. Ancak balıklardaki kromozom kaynaklarının fazla olması ise bir avantaj olarak değerlendirilmektedir (Kılıç 2013). Balıklarda sitogenetik tekniklerle kromozom elde etmek için böbrek, solungaç epitelleri, barsak epitelleri, pul epitelleri, yüzgeç, kan, fibroblastlar, embriyo, gonatlar, kornea, beyin, hava kesesi, karaciğer, kas gibi bütün doku ve organlar kullanılmaktadır (Kılıç 2013).

Balıklarda hemapoiyetik organ olan böbrek direkt tekniklerde en çok tercih edilen organdır. Böbrek aktif bölünmeyle çok miktarda kan hücresi üretmektedir. Fakat balığın yaşı ve çevresel faktörler bu durumu değiştirebilmektedir ve bu durum genellikle sayı olarak çok kromozoma sahip balıklarda sitogenetik analizler için dezavantajdır (Karasu 2009). Balıkların kromozomları ile ilgili yapılan genetik çalışmalar son elli yılda hızlı bir şekilde gelişmiştir. Kromozom analizleri balıkların gelişim basamaklarını belirlemede, varyasyonların tespit etmede ve genel olarak balık genetiğindeki birçok sorunun cevabını aydınlatmaktadır. Kromozomların morfolojik görüntüleri ve sayıları türler arasında bulunan evrimsel farklılıkları makro seviyede görmemizi sağlar (Örs 2013).

Gerek balıklar gerekse diğer canlılarda olsun morfolojik karakterlerin taksonomide kullanılmasının en önemli nedeni doğrudan gözlem, ölçüm ve sayımlara dayanması olup hızlı ve zahmetsiz sonuca ulaşmayı sağlar. Ancak morfoloji bazen tek başına sistematığe yeterli katkıyı sağlayamayabilir veya sistematığı değiştirmeye yetmeyebilir. İlave tekniklerle güçlendirilmesi gerekebilir (Winston and Disney, 2000). Bir balık diğerinden farklıysa eğer bu sadece morfoloji ile sınırlı değildir. Farklı disiplinlerin katkısıyla (genetik, biyokimya, istatistik vb.) taksonomik çalışmalara yardımcı birtakım teknikler geliştirilmiştir. Bunlar elektron mikroskopi tekniği, kemotaksonomi, immunotaksonomi, davranış özellikleri, parazitik yaklaşımlar, sitotaksonomi ve numerik taksonomi olarak sıralanabilir.

Taksonomide Elektron Mikroskopi Tekniği

1930'larda elektron demetinin dalga boyunun, ışığın dalga boyuna göre çok kısa olmasından yararlanılarak, ilk elektron mikroskobu üretilmiştir. Elektron mikroskobunda elektronların incelenen örnekteki atomlar tarafından saçılma uğratılması, görüntüyü oluşturan esas faktördür. Elektron mikroskoplarının yaygın olarak kullanılan iki türü vardır. Tarayıcı Elektron Mikroskobu (SEM) cisimlerin yüzeyini incelemek için geliştirilmiştir. Elektron demetlerinin uygun bir cihaz yardımıyla saptırılarak incelenecek yüzeyi sürekli olarak taramasına dayanır. Geçişli Elektron Mikroskobu (TEM) incelenen örneğin içinden elektron

demetlerinin geçerek görüntü oluşturmaya dayanır. Hücrenin iç yapısının ve hücre organellerinin en ince yapılarının incelenmesini sağlar. Tarayıcı elektron mikroskopunun diğerine göre, örneğin dış yüzeyinin hemen hemen üç boyutlu bir resmini çıkararak en küçük kıldan bile çok sayıda taksonomik bilgi edinilmesini sağlar. Tarayıcı elektron mikroskoplarıyla türler ve alttürler arasında ki gözle ve ışık mikroskopuyla görülmeyen farklar tespit edilmiştir (Yılmaz, 2012).

Kemotaksonomi

Farklı organizmaların biyokimyasal yapıları da farklıdır. Canlının temel yapıtaşı olan proteinler, hücrenin DNA zincirindeki şifresine göre dört çeşit sentezlenirler. Bundan dolayı her türün DNA programındaki şifre farklı olacaktır. Protein sentezi sonucunda türler kendi şifresine uygun farklı proteinler üretecektir. Bütün proteinler kimyevî özellikleri bakımından çok benzerdir ve proteinleri denature etmeden klasik yollarla izole etmek çok zordur. Bu yüzden *protein taksonomisi* diye adlandırılan teknik geliştirilmiştir. Protein taksonomisi çalışmalarında makro moleküllerde farklı proteinler arasındaki nisbî kantitatif farklılıklar ve molekülün yapısında bulunan farklı aminoasit çeşitleri tespit edilebilmektedir (Wright, 1974). Ancak bu yöntemle aminoasit çeşitlerinin ortaya çıkarılması çok doğru olamamaktadır. Hayvan proteinlerinde bulunan aminoasitlerin çoğu alakasızdır. Ayrıca çok uzaktan alakası bulunan organizmalarda bile bulunabilir. Makro moleküllerin uzunlukları boyunca aminoasitlerin özel olarak düzenlenmesinde ki sıraları çok fazla öneme sahiptir. Farklı türlerde ki fibrinojenin yapısıyla ilgili çalışmalar sayesinde memelilerin sınıflandırılması konusunda bilgiler sağlanmıştır (Yılmaz, 2012). Molekül şeklinin tespitinde kromatografi, elektroforez ve DNA hibridizasyonu tekniklerinden yararlanılmaktadır.

a. Kromatografi: Bir solvent içinde ve gözenekli ortam boyunca hareket eden, canlıya ait karışım içindeki maddelerin farklı hızdaki hareketlerinde dolayı yapılan ayırma için kullanılan tekniklerdir. Kolon kromatografisi taksonomik çalışmalarda çok az kullanılmaktadır. En çok kullanılan kromatografi teknikleri, kağıt veya ince tabaka silika jel kromatografisidir. Bunlar alüminyumoksit veya başka bir zemin maddesiyle kaplanmış cam levha üzerinde gerçekleşen ayırma işlemidir. Çalışmaların çoğunda iki yönlü kromatografi uygulanır. Gaz kromatografisi temel de kolon kromatografisine benzemektedir. Ancak bu teknikte kullanılan çözücüler gaz çözücülerdir. Özellikle buharlaşan materyallerin tayini için bu teknik elverişlidir. Bazı hayvanlarda da vücuttan buharlaşan kokular için kullanılır (Yılmaz, 2012).

b. Elektroforez: Yüklü bir molekülün iki elektrod arasına konulduğunda yüküne göre katod ya da anoda doğru göçmesine elektroforez denilmektedir. Elektroforez metodları çok sayıdaki farklı hayvan grupları üzerinde başarıyla kullanılmaktadır. Elektroforez çalışmalarında

kullanılan kompleks moleküllerin başında enzimler de gelmektedir. Enzimler farklı hareket hızlarına sahiptir. Bu yüzden elektroforez plağı üzerinde farklı desen tipleri oluştururlar. Enzimlerin hepsi benzer aktiviteye sahipken, muhtemelen aktif olmayan kısımları değişkenlik gösterir. Enzimlerin desen farklılığı taksonomik bakımdan önemlidir. Taksonomik çalışmalarda son zamanlarda izoelektirik odaklanma tekniği kullanılmaktadır. İzoelektirik odaklanma tekniğinde protein karışımı, pH derecelerinin tespit edildiği polyacrylamid jel ortamı içinde elektroforetik olarak hareket eder (Yılmaz, 2012).

c. DNA Hibridizasyonu: Diğer metodlara göre daha önemli bilgiler sağlayabilecek ve diğerlerinden tamamen farklı olan bir metottur. Bu teknikte, bir taksona ait DNA'nın çift sarmal zincirleri birbirinden ayrılır ve diğer taksondan gelen tek kollu DNA ile eşleştirilmesi yapılmaktadır. Bu olayın meydana gelme derecesi (hibridizasyon derecesi) molekülün tanınma miktarının ölçüsüdür. Örneğin; bir at ile zebra DNA'larının büyük kısımları birbiriyle eşleştiği halde, bir kertenkele ile farenin DNA ipliklerinin belli kısımları eşleşmez (Yılmaz, 2012).

İmmunotaksonomi

Bir hücreli ya da çok hücreli tüm canlılar vücuduna girebilecek canlı veya cansız her türlü yabancı moleküllere karşı kendini korumaktadır. İmmün sistem (bağışıklık) adını verdiğimiz mükemmel mekanizmalar sayesinde vücudumuz yabancı moleküllerin ortaya çıkarabileceği olumsuz reaksiyonlara (hastalıklara) karşı kendini korumaktadır. Proteinler, nükleik asitler, polisakkaritler, lipidler ve bunların çeşitli derecelerdeki bileşimleri, sindirim yolu dışında başka bir yolla hayvanın vücuduna girdiğinde o hayvanın immün sistemine ait lenfatik dokuları tarafından antikor dediğimiz koruyucu maddelerin üretimi uyarılacaktır. Vücuda girerek antikor üretimini uyaran ve artıran yabancı moleküllere ise antijen adı verilir. Genel olarak hayvanlar birbirine ne kadar yakın ve benzerlik içindeyse, onlardan elde edilen antijenler de o kadar birbirine o kadar benzer olacaktır. Bu benzerliği taksonomik açıdan değerlendirmek sistematik çalışmalarda faydalı sonuçlar verebilir (Wright, 1959, 1974). Taksonomik çalışmalarda en yaygın kullanılan immünolojik teknik immünoelektroforezdir.

İmmünoelektroforez: İlk olarak bütün serum bileşenleri veya bir serum fraksiyonu bir kapta bulunan agar jelinde elektroforez yönetimi ile yaydırılır. Antijenler elektroforetik akışkanlıklarına göre ayrılırlar. Daha sonra, diffüzyon yapacak antikorum gelişen hattına doğru jel içinde yayılırlar ve insan serumu antijenleri ile muamele edilmiş herhangi bir hayvan serumundaki antikorların, elektroforetik hareketlere paralel olan kanallardan jel içinde yayılması gerçekleşir. Antikorlar kendisinin spesifik antijenleri ile karşılaştığında beyaz bir hat oluşacak şekilde karşılıklı olarak çökelme yaparlar. Antijen yüksek bir konsantrasyonda jel içinde aynı bir bölgeye konur ve buradan jele nüfuz etmesi sağlanır. Bu antijenin antikoru da

antijene doğru nüfuz etmeye başlar ve yay şeklinde bir çökeltme meydana getirir. İmmünoelektroforez tekniği günümüzde mikro ölçeklerde, genelde de bir lamın bir yüzünün jel ile kaplanmasıyla gerçekleşir. Jel olarak agar, nişasta, polyacrylamid veya diğer bazı uygun maddeler kullanılabilir (Yılmaz, 2012).

Davranış özelliklerinin taksonomide kullanılması

Hayvanların davranış özelliklerin taksonomik karakterler olarak kullanılması çok yenidir. Ancak Mayr'a (2015) göre, hayvan davranışlarının incelenmesi, özellikle de birbirine çok benzer türlerin oluşturduğu komplekslerin, alttürlerin ve kısmen ikiz türlerin ayırımında genellikle morfolojik karakterlerden daha faydalıdır. Her bir tür davranış özellikleri bakımından diğer türlerden farklı olmalıdır. Davranışların takibi, yoğunluğu ve tespiti güç olduğundan dolayı sıkıntılar olsada, özellikle elektronik âletlerle hassas bir şekilde ve standardize edilerek tespit edilebilen, ölçülebilen rakamlar ve desenler olarak incelenebilen ses ve ışık çıkarma gibi davranışlar son yıllarda çok kullanışlı olmuşlardır (Mayr and Bock, 2002).

Taksonomide konukçu-parazit ve konukçu-simbiont ilişkileri

Parazitler ve simbiyotların onları üzerinde barındıran konukçular arasındaki ilişki taksonomik çalışmalarda önemli ölçüde yer almaktadır. Bu konuda bilinmesi gerekenlerden birisi konukçu hususiyeti yani bir parazit veya simbiyot'un belirli bir konukçu türüyle sınırlandırılmasıdır. Bu tip parazit ya da simbiyotlara stenadaptif veya *monoxenous* denir. Bunun aksine olan durumlar, yani bir parazit veya simbiyot'un çok çeşitli türlerle ilişkide olması gibi durumlar ise euryadaptif, oligoadaptif veya polyxenous olarak bilinir. Genellikle birbirine benzeyen konukçuların yine birbirine yakın parazitleri ya da simbiyotları olmaları da beklenen bir durumdur ve bu özelliklerinden dolayı gerektiği zaman parazit ve simbiyot canlıları birer gösterge olarak kullanarak, bunların konukçularıyla ilgili, taksonomik yönden değerlendirilebilecek bilgiler elde edilebilir (Yılmaz, 2012).

Sitotaksonomi

Türlerin sistematik yerinin tayininde eski zamanlarda morfolojik ve anatomik karakterler kullanılmaktaydı. Son 50 yıl içinde gelişen teknikler ile hücre çekirdeğindeki kromozomların ince yapısıyla ilgili sayıca fazla çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar hayvan ve bitki sistematığının ilerlemesine önemli faydalar sağlamıştır. Yapılan bu çalışmalar, kromozomların sayısı, şekil ve yapısının her canlının türünün kendine has bazı nitelikler taşıdığını ortaya koymuştur. Kromozomlar üzerinde yapılan çalışmaların taksonomide kullanılması ile birlikte yeni bir alan olan sitotaksonomi ortaya çıkmıştır. Sitotaksonomi çalışanlar farklı türler ve taksonomik sınıflar arasındaki genetiksel ve sitolojik farklılıkları

dikkate alarak morfolojik olarak ayırt edilemeyen türlerin sınıflandırılmasında ve evrimsel yönden akrabalık ilişkilerinin tespit edilmesinde gerçek tahminler oluşturabilmektedirler. Bu çalışmaların çoğu önceleri kromozom sayıları, morfolojileri ve davranışlarıyla ilgili olup son yıllarda bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır (Sola *et al.* 1981).

Hayvanların morfolojik, fizyolojik ve biyokimyevî özellikleri genetik ve çevre şartlarının bir görüntüsü olarak ortaya çıktığından dolayı sitotaksonomik çalışmalardan, hücre seviyesinde bilgi elde edilir. Hücrenin kromozomlarına kodlanmış genetik bilgi çekirdeğinde olduğundan bu çalışmalar karyoloji adı altında da yürütülmektedir. Bir hayvan türünün hücrelerine ait kromozom sayı ve yapıları karyolojinin temelini oluşturmaktadır (White, 1969).

Kromozom Sayıları: Hayvanların diploid kromozom sayılarına göre en az kromozoma sahip tür, atlarda yaşayan parazit bir nematod olan 2 kromozoma sahip *Parascaris equorum*, en fazla kromozoma sahip tür ise 446 kromozoma sahip, Kuzey Afrikalı bir kelebek türü olan *Lysandra atlantica*'dır. Hayvanların büyük çoğunluğundaki kromozom sayısı 2 ile 60 arasındadır. Tek bir takımda hatta familyada bile kromozom sayısında önemli varyasyonlar görülmektedir. Meselâ; *Diptera*'da diploid sayı 4 ilâ 20 arasında, *Lepidoptera*'da ise 14 ilâ 446 arasında varyasyonlar görülmektedir. Aralarında akrabalık ilişkisi kurulmak istenen ve yakın görülen cinslerin bile kromozom sayıları aynı değildir. Meselâ; keseli memeliler (*Marsupialia*) alt sınıfından *Didelphidae*'de (opossumlar) diploid sayı 18, 22 veya 28 olabilir. Bu familyada kromozom sayısının bir genus için az çok sabit olduğu görülür (Yılmaz, 2012).

Poliploidi hayvanlarda çok nadir rastlanan bir durumdur. 20 kromozomlu diploid bir kurbağa türünün kromozomlarını 40'a çıkararak yeni bir kurbağanın üretilmesi gibi bir çalışma yoktur. Dolayısıyla poliploidi sadece bir yorumdan ibarettir. Hermafrodit olan türlerden bazılarının autotetraploid olduğu söylenmektedir. Kromozom sayılarına göre, autopoliploid'lerin bazı partenogenetik halkalı solucanlar, kabuklular, böcekler ve omurgalılar arasında da olabileceği düşünülmektedir. Somatik haploidlik durumu partenogenetik olan hayvanlarda görülebilir, fakat bazılarında ise belirli partenogenetik çekirgelerde haploid yumurta kromozomlarının iki katına çıkması yani diploidizasyonu görülebilmektedir. Eşeyli üreyen, amfibiler ve sürüngenler gibi bazı canlı gruplarında da allotetraploidlerin bulunabileceği düşünülmektedir. Kromozom sayısı değişikliklerinin farklı bir tipi olan kromozomların birbirinden ayrılmaması durumuda mayoz bölünme sırasında zaman zaman olabilmektedir (Yılmaz, 2012).

Kromozom Yapısı: Aynı kromozom sayısına sahip olan türlerin bulunduğu cinslerde çoğu zaman kromozom yapılarında farklılık olduğu görülmektedir. Kromozom karşılaştırmaları genel olarak en kısa ve kalın oldukları metafaz safhalarında yapılmaktadır ve

bu durum karyotip olarak bilinir. Kromozom sayısı arttığında kromozomlar büyüklük bakımından küçülürler. Boyutlarına göre sıralanıp düzenlenmiş kromozomların numaralandırarak çizimlerinin yapılmasına idiogram denir. Benzer uzunluktaki kromozomların incelenmesi ve karşılaştırılmasında dikkat edilecek hususlar şunlardır: a. Sentromerin durumu, b. Sentromer kollarının birbirine oranı, yani p/q değeri, c. Satellitlerin bulunup bulunmaması, d. G ve Q bantlarının desenleri (Rieseberg, 2001).

Karyotip incelenmesine yönelik çalışmalar, taksonomide önemli bir sorun olan ikiz türlerin ortaya çıkarılmasında yardımcı olmuştur. Taksonomik çalışmalarda karyolojik veriler kullanılırken, coğrafi ırklar, ferdî anormallikler, cline'lar ve polimorfizm'ler dışında önemli bir husus da mevsimlere bağlı farklılıklardır. Ancak bu farklılıklara sebep olacak adaptasyonu ortaya çıkaracak avantajların neler olduğu bugün için bilinmemektedir (Yılmaz, 2012).

Sayısal (Nümerik) taksonomi

Taksonomide sayısal metodların kullanımı eski zamanlar beri yaygındır. Standart sapmalar, t testleri, ki kare gibi istatistik teknikleri yıllardır kullanılmaktadır. Son 30 yıldır ise elektronik dijital bilgisayarlar sayesinde nümerik taksonomi (sayısal taksonomi) veya taksometri olarak bilinen yeni bir taksonomi sahası ortaya çıkmıştır. Bilgisayarların çok kısa zamanda çok büyük rakamları işleme ve analiz etme özelliği bunun temelinde ki en önemli sebeptir (Sneath and Sokal, 1973).

Bilgisayarlar sayesinde birçok organizmadan elde edilen çok büyük sayılardaki karakterler birbiriyle karşılaştırılabilir. Benzerlik ve farklılıklara göre gruplandırmalar yapılabilir ve çok çeşitli uygun grafiklerle gösterilebilir. Organizma gruplarına ait her seviyede yapılabilecek karşılaştırmalarda kullanılan taksonomik kategoriler genellikle "taksonomik çalışma birimleri" olarak da isimlendirilirler. Karakterlerin meydana getirdiği farklı durumlar "karakter durumları" olarak bilinir (Yılmaz, 2012).

Nümerik taksonomide öncelikle, üzerinde çalışılacak taksonomik çalışma birimine karar verildikten sonra kullanılacak karakterlerin seçilmesidir. Genellikle ne kadar çok karakter seçilmişse, sonuçlar o kadar daha iyi olacaktır (Yılmaz, 2012).

Sınıflandırma canlıların filogenetik soy ağaçlarını ortaya çıkarma gayretleri arasındaki karışıklık ve ihtilafın hâlihazır durumuna modern metotlar açısından da kısaca göz atmakta fayda vardır. Uzun yıllar boyunca biyologların çoğu sınıflandırma sistemlerinin mümkün olduğunca evrimsel fikirlere dayandırılması gerektiğine ve sınıflandırma çalışmalarının, benzerlik ve farklılık derecelerini olduğu kadar, soy ağaçlarını da ortaya çıkaracak şekilde yapılması gerektiğine inandılar. Bu düşünce bugün hâlâ birçok sistematikçi tarafından

muhafaza edilmektedir. Bununla birlikte fenetik ve filogenetik fikirleri, mantıklı bir şekilde irtibatlandırmanın mümkün olmadığını müdafaa edenler de vardır. Bu grup taksonomisiler içinde iki ana düşünce okulundan bahsedilebilir birinci grup sınıflandırmayı tamamen fenetik bilgilere dayandırarak, hiçbir karaktere öncelikli ağırlık vermeden, özelliklerin tam benzerliğine veya farklılığına göre yapma düşüncesinde olanlardır ki, bunların geniş bir kesimi numerik taksonomiye kullananlardır. Ancak bu görüş sadece bunlar tarafından değil, klasik alfa ve beta taksonomisinin mecburi fenetik metotlarınca da desteklenmektedir. Bu taksonomistlerin bazıları, soy ağaçlarının çıkarılamayacağını ileri sürerek, filogeninin sadece spekülasyon hipotezler olduğunu düşünmektedirler ve fenetikçi düşüncenin tek geçerli yol olduğunu savunmaktadırlar. Bu görüşün temsilcileri bugün için fenetikçiler veya numerik (sayısal)fenetikçiler olarak bilinmektedirler (Yılmaz, 2012).

Kladistik (klados=dal) sistematikçiler olarak isimlendirilen diğerleri ise göz önüne alınması gereken önemli faktörün tam benzerlik değil, dallanma serileri olduğuna inanırlar. Bunların bazı taraftarları, özellikle de Hennig (1999) bu durumu filogenetik sistematik olarak isimlendirir. Kladistlerin önemli bir özelliği karakterlerin dikkatlice ele alınmasıyla dallanma noktasının belirlenebileceği iddialarıdır. Bu metodda hangi karakter durumlarının primitif veya ilksel (plesiomorfik), ve hangilerinin de türemiş (apomorfik) olduklarına karar verilebilmesi önemli bir noktadır. Bu durumda evrimleştiği iddia edilen karakterlerin belirlenerek, mâkûl ihtimal ölçüleri içerisinde seçimi önem kazanmaktadır. Karakterlerin bu bakış açısına göre seçilmesinde sayısal fenogramlar için gerekenden daha az sayıdaki karakterle kladistik dendrogramlar veya kladogramlar yapılabilir (Yılmaz, 2012).

Çalışmada kullanılan balık türü

Araştırma kapsamında Cyprinidae familyasına ait *Chondrostoma regium* türü kullanılmıştır. Türün sistematığı şöyledir:

Tablo 1. *Capoeta capoeta* 'nın Sınıflandırılması

Alem	: Animalia
Alt Alem	: Metazoa
Şube	: Chordata
Alt Şube	: Vertebrata
Sınıf	: Aktinopterygii
Takım	: Cypriniformes
Aile	: Cyprinidae
Cins	: <i>Chondrostoma</i>
Tür	: <i>Chondrostoma regium</i>

Balıklarda en çok çalışılan Cyprinidae (Sazangiller) familyası, tüm dünyada geniş bir yayılışa sahiptirler. Özellikle Madagaskar, Avustralya, Yeni Zelanda ve Güney Amerika dışındaki bölgelerde oldukça geniş bir yayılım gösterir ve yaklaşık 2100 adet türü olduğu bilinmektedir (Kottelat and Freyhof, 2007). İnsanlar tarafından çeşitli amaçlarla getirilmeleri sonucu Madagaskar ve Amazon çevresinde de görülmektedirler (Geldiay ve Balık, 2009). Familyadaki birçok cins kısıtlanmış yayılım alanlarına sahiptir ve bu nedenle zoocoğrafya açısından oldukça önemlidirler (Banarescu, 1991).

Cyprinidae familyası; insanlarda besin olarak tüketilmesinin yanısıra akvaryum balıkçılığı ve biyolojik araştırmalar açısından önemli tatlısu balık türlerini içerir. Sazangillerin besinlerini, algler, büyük su bitkileri, plankton, çamur içindeki organik maddeler ve küçük hayvanlar oluşturmaktadır (Nelson, 1994). Türkiye iç sularında bulunan 26 familyaya ait 236 tür ve alttürün 116'sı Cyprinidae familyası üyesidir (Kuru, 2004). Ayrıca Geldiay ve Balık'a (2009)'a göre bu balıkların ülkemizde 30 cins ve 78 kadar tür ve alttürü mevcuttur.

Teknolojinin ilerlemesi ve gelişmesine paralel olarak gün geçtikçe artan çevre kirliliği sonucunda, zengin su kaynaklarımız kirlenmekte ve canlıların doğal üreme ortamları zamanla yok olmaktadır. Ayrıca artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanmasındaki sorunlar ve beyaz etin dünyada kabul edilen besin değerinin önemi gün geçtikçe daha da anlaşılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı yakın zamanda yapay üretimin ehemmiyeti daha da artmış ve balık çiftliklerinde yetiştirilen balıklarla yapılan sitogenetik çalışmalar daha da ileriye taşınıp değişik çaprazlamalar ve seleksiyonlar yaparak daha az zamanda, daha çok ve kaliteli, ayrıca ekonomik yollarla balık üretiminin yapılması çalışılmaktadır (Hamalosmanoğlu and Kuru 2003).

Cyprinidae ailesi dünya çapında en zengin ve en önemli balık ailesi ve üyeleri olarak bilinir. Tatlı su kaynaklarında yaygın olarak kullanılan kemikli balıkların büyük çoğunluğu Türkiye'deki bu aileye aittir. Türkiye'de sadece 30 geni ve 70 türü olan bu aile dünya çapında yaklaşık 1500 tür tarafından temsil edilir (Gül *et al.* 2000).

Chondrostoma cinsi yaklaşık 26 türden oluşmaktadır (Freyhof, 2014). Toplam on üç *Chondrostoma* türü (*C. beysehirense*, *C. ceyhanensis*, *C. colchicum*, *C. cyri*, *C. holmwoodii*, *C. medrense*, *C. nasus*, *C. kinzelbachi*, *C. regium*, *C. smyrnae*, *C. toros*, *C. turnai* ve *C. vardarense*)'nin Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde bulunduğu bildirilmektedir (Küçük *et al.*, 2007; Özcan, 2008; İlhan 2009; Freyhof and Özuluğ, 2009; Kuru *et al.* 2014; Çiçek *et al.* , 2015, Küçük *et al.* 2017; Güçlü *et al.* 2018, Çiftçi *et al.* 2020; Küçük *et al.* 2021; Küçük *et al.* 2023). *Chondrostoma* cinsi Hazar Denizi, İsfahan, Dicle-Fırat ve Kor Nehri havzalarında da yayılış göstermiştir. Dört *Chondrostoma* türü (*C. cyri*, *C. esmaeilii*, *C. regium* ve *C. orientale*) İran iç sularında bulunmaktadır (Eagderi *et al.* 2017). Irak'ın Erbil şehrinin batısındaki Büyük

Zab Nehri'nde de *C. regium*'un bulunduğuna dair kayıtlar vardır (Al-Marjan, 2016). *Chondrostoma regium*, Heckel 1843, İran, Irak ve Türkiye'nin tatlı sularında dağıtılmaktadır. (Coad, 2010). *C. regium* ülkemizde Kuzeybatı ve Trakya haricinde; Dicle, Fırat, Seyhan, Ceyhan, Göksu gibi büyük akarsularda yayılım göstermektedir. (Geldiay ve Balık, 2009). Seyhan baraj gölü'nde ekonomi açısından önemli olan bu tür, orada yaşayan insanlar tarafından "hamur" olarak adlandırılmaktadır (Ergüden *et al.* 2010).

İran'da türün genel biyolojisi, taksonomisi, karyolojisi ve morfolojisi üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Esmaceli *et al.* 2010; Jouladeh-Roudbar, 2014). Avrupa'nın çeşitli coğrafi bölgelerinden de *Chondrostoma* türlerinin karyotip analizleri yapılmıştır. Örneğin, Portekiz'deki *Iberochondrostoma lusitanicum*'un (eski adıyla *Chondrostoma lusitanicum*) karyotip analizi Collares-Pereira and Ráb (1999) tarafından rapor edilmiştir. *C. nasus*'un kromozom çalışmaları, Ráb *et al.* (2008) ve Boroń *et al.* (2020) tarafından yapılmıştır. *Chondrostoma* türlerinin karyotip analizleri de Türkiye'nin farklı bölgelerinden tanımlanmıştır (Arslan and Gündoğdu, 2016). *C. regium* ile ilgili sadece iki karyotip çalışması vardır. Bu çalışmalardan biri İran'dan (Esmaceli *et al.* 2010), diğeri Türkiye'den (Kaya, 2009) bildirilmiştir. Ayrıca, *C. regium*'da nükleolar düzenleyici bölge ve yapısal heterokromatin özellikleri bildirilmemiştir.

Karyotip

Bir hücrede bulunan kromozomların özdeş çift kromozomlar şeklinde eşlendikten sonra belirli düzene göre sıralanmasına yani, bir organizmaya ait tüm kromozomların yapısal ve sayısal özelliklerine bakılarak homolog kromozom çiftleri halinde sıralanmasına karyotip denir. Karyotip her tür için karakteristiktir ve karyotip terimi, bir birey için veya bir tek hücre içinde kullanılabilir. Bir canlıya ait kromozomların en belirgin şekilde incelendiği evre en kısa boyda ve kalınlıkta oldukları mitozun metafaz evresidir. Dolayısıyla bir canlının kromozomlarını net bir biçimde incelenmek isteniyorsa mitoz bölünme geçiren hücreleri metafaz evresinde durdurmak için uygun zamanda ön muamele kimyasalları ile muamele edip, kromozomların hücre içinde dağılması ve sonraki evreye geçmesinin önlenmesi sağlanmalıdır. Bu işlemlerden sonra elde edilen maddeden boyama yöntemleriyle preparatlar hazırlanır. Hazırlanan preparatlarda kromozom yapısı ve sayısı belirlenerek karyotip analizi yapılabilir (Topaktaş ve Rencüzoğulları 2010; Canpolat vd. 2018).

Kromozom kollarının birleştiği yerde meydana gelen primer boğum bölgesi adı verilen bölgeye sentromer denilmektedir. Bu bölgede sferula adı verilen küçük bir tanecik içeren parlak, açık bir bölge bulunmaktadır. Bu açık bölgedeki DNA'ya sentromer denir (Topaktaş ve Rencüzoğulları 2010). Sentromer, kromozomların genel görünümünü saptar. Sentromerin

konumuna göre farklı kol oranları tesbit edilmiştir. Kromozomlar sentromerin yerleştikleri yere göre metasentrik, submetasentrik, akrosentrik ya da telosentrik şeklinde sınıflandırılırlar. Sentromerin pozisyon, yani iğ ipliklerinin kromozoma bağlandığı noktanın yeri aynı kromozom sayısına sahip türleri ayırt etmede işimizi kolaylaştıran önemli bir özelliktir. Kromozom sayı ve şekillerinin herbir canlı türü için spesifik olduğunun tespit edilmesinden sonra taksonomistler bu konu üzerine eğilmişlerdir (Yılmaz 2012).

Herbir canlı organizma kendisine özel farklı karyotipik özellikleri içermektedir. Genelde karyotipleri benzer olan türlerin, benzerlikleri diğer türlerden daha fazladır. Kromozomların boyut, sayı ve morfolojisindeki farklılıklar evrimsel açıdan kanıt olarak kullanılabilecek özelliklerdir ve kromozomlar aracılığıyla genlerdeki değişiklikleri evrimsel boyutta takip etmeye yardımcı birçok yol bulunmaktadır (Sumner 2008).

Morfolojilere bakılarak yapılan sınıflandırmada karışıklıklar görülmüştür ve bu durum canlının evrimsel açıdan değerlendirilmesinde kafa karışıklığına neden olmaktadır. Böyle canlı gruplarında açığa çıkan evrim ve türleşme problemlerini çalışırken kromozom çalışmalarından elde edilen sonuçlar uygun, net ve daha kesin bilgiler toplamamıza yardımcı olacaktır (Matur 2009).

Balıklarda karyotip çalışmaları

Balık karyolojisinin tespit edilmesinde çeşitli güçlükler bulunmaktadır. Kromozom sayısının fazla ve küçük olması ve balık kromozom preparasyonu için standart bir teknik olmaması balık karyoloji çalışmalarında yaşanan güçlüklerdir. Balıkların diğer omurgalı türlerine nazaran sayı ve morfoloji olarak düzensiz kromozoma sahip olmaları ve özellikle de memeliler için geliştirilmiş olan sitogenetik analiz yöntemlerinin balık türleri için kullanılabilmesinin sınırlı olması da karyolojik analizleri güçleştirmektedir. Bunun yanında balıklardaki kromozom kaynaklarının fazla olması da bir avantaj olarak görülebilir. Balıklarda sitogenetik tekniklerle kromozom elde etmek için böbrek, dalak, solungaç epitelleri, barsak epitelleri, pul epitelleri, yüzgeç, kan, fibroblastlar, embriyo, gonatlar, kornea, beyin, hava kesesi, karaciğer, kas gibi bütün doku ve organlar kullanılmaktadır (Kılıç 2013).

Balıklarda hemapoiyetik organ olan böbrek direkt tekniklerde en çok tercih edilen organdır. Böbrek aktif bölünmeyle çok miktarda kan hücresi üretmektedir. Fakat balığın yaşı ve çevresel faktörler bu durumu değiştirebilmektedir ve bu durum genellikle sayı olarak çok kromozoma sahip balıklarda sitogenetik analizler için dezavantajdır (Karasu 2009).

Oymak, (2000), yaptığı çalışmada Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma regium* 'u (Heckel, 1843) incelemiştir. Türe ait yaş kompozisyonu, boy ve ağırlık olarak

büyümesi, yaş-ağırlık, yaş-boy ve boy-ağırlık ilişkileri ayrıca kondüsyon faktörü gibi büyümeyle ilgili özellikleri araştırıldığı çalışmada 725 örnek incelenmiş ve örneklerin I-VIII yaşlar arasında dağılışı gösterdiği bulunmuştur. III. yaş grubunda ki dişi ve erkekler arasında ki boy farklılığı, III. ve IV. yaş gruplarında ki ağırlık farkı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. I. yaş grubunda en düşük kondüsyon faktörü ve VII. yaş grubunda ise en yüksek kondisyon faktörünün olduğu belirlenmiştir.

Kılıç-Demirok (2000), Dicle Nehri'nde yayılış gösteren 8 farklı sazan türünün karyotipik özelliklerini araştırmıştır. Yaptığı çalışmada incelediği balık türleri ve tespit ettiği karyotipleri şu şekildedir: *Alburnoides bipunctatus*; $2n=50$, $16M+22SM+12ST$, $FN=88$. *Barbus rajanorum mystaceus*; $2n=100$, $22MT+30SM+48ST$, $FN=152$. *Capoeta trutta*; $2n=150$, $20M+54SM+76ST$, $FN=224$. *C. capoeta umbla*; $2n=150$, $26M+58SM+66ST$, $FN=234$. *Cyprinion macrostomus*; $2n=50$, $6M+26SM+18ST$, $FN=82$. *Garra rufa obtusa*; $2n=44$, $16S+26+SM+1ST+1A$, $FN=87$. *Leuciscus cephalus orienthalis*; $2n=50$, $14M+20SM+16+ST-A$, $FN=84$.

Karasu, (2009), tarafından yapılan bir çalışmada, Sivas ili Tohma Çayı'ndan toplanan *Pseudophoxinus firati* örneklerinin sitogenetik yöntemle ile kromozom özellikleri tanımlanmıştır. Diploid kromozom sayısı 19 çift meta-submetasentrik ve 6 çift subtelosentrik olmak üzere $2n=50$ ve $NF=88$ bulunmuştur. Morfolojik açıdan eşey kromozom farklılaşmasının gözlenmediği çalışmada C-bantlama sonucunda 6 çift kromozom üzerinde konstitütif heterokromatin bölge tespit edilmiştir. Ayrıca Orta büyüklükte 2 çift submeta-subtelosentrik kromozomun kısa kollarında NOR gözlenmiştir.

Esmaili *et al.* (2010), İran'da yaşayan yerli sazangil türü olan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un karyotipik özelliklerini ve sitolojik özelliklerini, solungaç ve böbreklerinde araştırmışlardır. Bu türe ait diploid kromozom sayısı $2n=52$ olarak tespit edilmiştir. Karyotip $42SM+10ST$ ve kol sayısı ise (NF) 58 olarak tespit edilmiştir. Sitolojik açıdan heteromorfik cinsiyet kromozomu bulunmamıştır.

Uysal (2011) Büyük Menderes Nehri'nde yayılış gösteren *Chondrostoma meandrense*'nin $2n=52$ ($18M+6SM+6ST+22A$, $FN=82$) VE *Acanthobrama mirabilis*'in ise $2n=50$ ($10M+6SM+10ST+24A$, $FN=76$) olduğunu belirlemiştir.

Gaffaroğlu ve ark. (2014), Sakarya Nehri'nde yaşayan *Alburnoides bipunctatus*'da kromozomal çalışmalar yapmıştır. Diploid kromozom sayısı $2n = 50$, temel kol sayısı (NF) 90 bulunmuştur. Karyotipinin $14M+26SM+10ST$ olduğu görülmüştür. C- bantlama ile heterokromatin bölgeleri, birkaç kromozomun sentromerleri üzerinde belirlenmiş ve bir çift kromozomun kısa kollarında NOR tespit edilmiştir.

Pereira *et al.* (2012) floresan insitu hibridizasyon (FISH) yöntemi *Iberian chondrostoma* balık türlerinde karyotip ve kromozomal özelliklerini 5S ve 45S rDNA problemleriyle araştırmışlardır. Bütün türlerde diploid kromozom sayısı $2n=50$, 6-7 adet metasentrik, 15-16 adet submetasentrik, 3-4 adet subtelo akrosentrik kromozom olduğu belirlenmiştir. En büyük kromozom çifti subtelo-akrosentrik olarak belirlenmiştir. Özellikle *Achondrostoma* ve *Iberochondrostoma* cinslerinde, hem moleküler kromozom belirteçlerinde hem sayı hem de lokasyonda dikkate değer farklılıklar gözlenmiştir. 5S rDNA'nın kümeleri çoğunlukla terminal olarak dört ile sekiz pozitif sinyal arasında değişen subtelo-akrosentrik kromozomları ile ilişkiliyken, 45S rDNA probu tarafından doğrudan tespit edilen NOR bölgeleri ise submetasentrik kromozomlarda üç-altı bağımsız küme arasında tespit edilmiştir.

Ünal *et al.* (2014) Anadolu'da çok çeşitli habitatlarda bulunan sitogenetik açıdan iyi bilinmeyen *Pseudophoxinus* cinsiyle çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Çalışmada *Pseudophoxinus crassus* ve *P. hittitorum*'un karyotipik özellikleri Giemsa boyama, C-bantlama ve Ag-NOR yöntemleriyle belirlenmiştir. Endemik olan bu türlerin kromozom sayısı $2n=50$ olup *P. crassus* için karyotip $12M+30SM+8ST-A$ NF=92 ve *P. hittitorum* için $14M+26SM+10ST-A$ NF=90 şeklinde belirlenmiştir. C-pozitif heterokromatin bölgeler kromozomların perisentrometik bölgesinde iken NOR bölgeleri ise SM kromozomlarının kısa kollarında tespit edilmiştir.

Khoshkholgh *et al.* (2015) ilk kez Güney Hazar Denizi havzasında bulunan Anzali Gölü'ne ait turna balığının karyotipini geleneksel kromozom boyamasıyla araştırmışlardır. 15 dakika boyunca %7'lik Giemsa çözeltisinde bekletilen preparatlardan yapılan inceleme neticesinde balığın diploid kromozom sayısı $2n=50$, karyotipi 12 adet metasentrik, 24 adet submetasentrik, 14 adet subtelosentrik ($12M+24SM+14ST$) kromozom şeklinde belirlenmiştir.

Sukham *et al.* (2015), Kuzeydoğu Hindistan'ın Manipur eyaletinde bulunan bir tür süs balığı olan *Pethia meingambii* ile karyotipik bir çalışma yapmışlardır. *Pethia meingambii* ilk kez Giemsa boyama ile sitogenetik olarak analiz edilmiş olup kromozom sayısının $2n=50$ ve karyotipin $24M+14SM+12T$ NF=88 olduğu bulunmuştur.

Ayata (2015), bazı endemik balık türlerinde (*Pseudophoxinus battalgilae*, *P. burduricus*, *P. egridiri*, *P. fahrettini* ve *P. maeandri*) sitogenetik araştırmalar yapmıştır. Metafaz safhasındaki hücreleri havada kurutma yöntemiyle, nükleolus organizatör bölgeleri (NOR) gümüş boyama tekniğiyle ve konstitütif heterokromatin bölgeleri C-bantlama tekniğiyle hazırlamıştır. Türlerin kromozom sayıları aynı olmakla beraber ($2n=50$) karyotiplerinde önemli farklılıkların olduğu bulunmuştur. Tespit edilen karyotipler *P. battalgilae*'nin $16M+28SM+6ST-A$, *P. burduricus*'nin $18M+26SM+6ST-A$, *P. fahrettini*'nin

16M+26SM+8ST-A, *P. egridiri*'nin 14M+28SM+8ST-A; *P. maeandri*'nin 10M+32SM+8ST-A şeklinde olduğu belirlenmiştir. Kol sayısı ise *P. fahrettini*, *P. egridiri* ve *P. maeandri*'de 92; *P. burduricus*, *P. battalgilae* ve *P. evliya*'de 94 olarak hesaplanmıştır. Eşey kromozomlarına ait farklılaşma görülmemiştir. Kromozom sentromerlerinde çok sayıda konstitütif heterokromatin bölgeler tespit edilmiştir. *P. egridiri* ve *P. fahrettini* türlerine ait bazı kromozomların sentromer çevresinde heterokromatik bloklar tespit edilmiştir. *P. egridiri*, *P. burduricus* ve *P. fahrettini*'de 1 çift SM kromozomun kısa kollarının ucunda; *P. battalgilae*, *P. evliya* ve *P. maeandri*'de ise 2 çift SM kromozomun kısa kollarının ucunda NOR tespit edilmiştir. Ayrıca *P. Burduricus*, *P. battalgilae*, *P. evliya* ve *P. fahrettini*'ye ait bazı örneklerde NOR sayısı, lokasyonu ve büyüklüğü bakımından polimorfizm de belirlenmiştir.

Şahin (2015), Ilıca Irmağında yaşayan *Barbus tauricus*'un kromozom sayısı ve kromozom yapısını geleneksel boyama yöntemiyle (Giemsa) ortaya çıkarmıştır. 24 balığın kullanıldığı çalışmada uygun koşullar altında laboratuvarında bulunan her bir balığın 20 gramına 1 ml % 0.1'lik kolsişin intraperitoneal veya intramuskular olarak enjekte edilmiş ve 6 saat bol havalandırmalı akvaryumda bekletilmiştir. Süre sonunda balıklara dekapite edilerek solungaç ve yüzgeç epitel hücrelerinden uygun preparatlar hazırlanmıştır. Hazırlanan preparatlar % 5'lik Giemsa (pH 6.8) solüsyonu ile 20-30 dakika boyanmıştır. İncelemeler sonucunda *B. tauricus*'un diploit kromozom sayısının $2n=100$, karyotipin ise $6M+24SM+38ST+32T NF=130$ olduğu belirlenmiştir.

Ayata et al. (2016), *Pseudophoxinus battalgilae*, *P. burduricus*, *P. egridiri*, *P. evliya*, *P. fahrettini* ve *P. maeandri* türlerinin sitogenetiği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışma Giemsa boyama, C ve AgNOR bantlama teknikleri ile gerçekleştirilmiştir. Diploid kromozom sayısı ($2n=50$) aynı olan bu türlerin karyotip formülleri farklı çıkmıştır.

Şişman ve ark., (2016) Ülkemiz iç sularında yayılışı *Chalcalburnus mossulensis*'in (Heckel, 1843) karyotipik özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma bulgularına göre türün 25 çift ($2n=50$) kromozoma sahip olduğu, karyotipinin ise 8 metasentrik (M), 10 submetasentrik (SM), 3 subtelosentrik (ST) ve 4 telosentrik (T) kromozom çiftinden oluştuğunu ($16M+20SM+6ST+8T$) ve kol sayısının $FN=92$ olduğunu tespit etmişlerdir. Karyotip simetri/asimetri indeksinin ise 2,12 olduğu hesaplanmıştır. Balıkların solungaç ve böbrek hücrelerinde karyotipin aynı olduğu, ayrıca sitolojik açıdan cinsiyete bağlı herhangi bir kromozomun olmadığı da rapor edilmiştir.

Arslan ve Gündoğdu, (2016), Beyşehir Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma beysehirense*'nin sitogenetik özelliklerini Giemsa boyama, C-bantlama ve Ag-NOR ile incelemişlerdir. Diploid kromozom sayısı 50, kromozomlar ise metasentrik, submetakentrik /

subtelosentrik ve akrocentrik olarak tespit edilmiş ve morfolojik açıdan farklılaşmış cinsiyet kromozomları görülmemiştir. Altıncı submetacentric kromozom çiftinin kısa kolunun C pozitif olduğu tespit edilmiş ve yine altıncı submetacentric kromozom çiftinin kısa kolunda aktif NOR lokalizasyonu gözlenmiştir.

Kılıç and Şişman, (2016), Ülkemizde yayılışı olan *Squalius cephalus*'un karyotipik özelliklerini ilk kez tespit etmişlerdir. Karasu Nehri'nden yakalanan balıkların solungaç ve böbrek dokularından metafaz kromozom yayılımlarını elde etmek için 50 dakika boyunca hipotonik (0.075 M KCl) muamele, 3: 1 oranında (metanol: asetik asit) soğuk Carnoy çözeltisi ile sabitleme ve 35 dakika boyunca % 5 giemsa ile boyama metodunu uygulamışlardır. Sonuçta bu balık türünün diploid kromozom sayısının $2n = 50$, temel kol sayısının (FN) 92 olduğunu, karyotipin ise 5 metasentrik (M), 11 submetasentrik (SM), 5 subtelosentrik (ST) ve 4 akrocentrik (A) kromozom çiftinden (10 M + 22 SM + 10 ST +) oluştuğunu bildirmişlerdir.

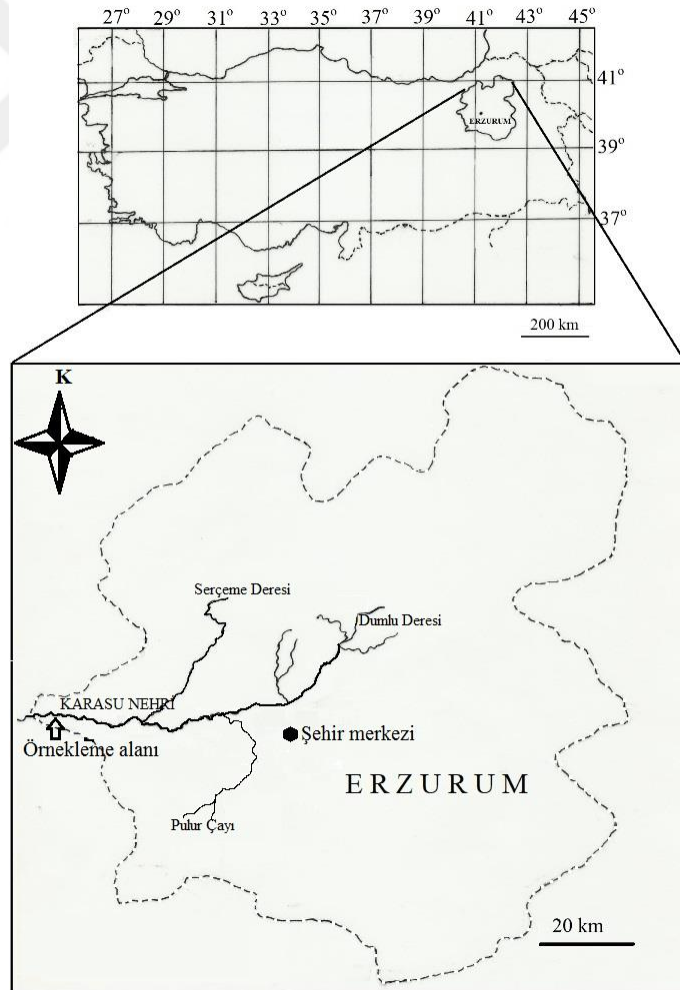
Ayata ve ark., (2017) Boğa Deresi'nde yaşayan *Capoeta antalyensis*'in ve Kızılırmak Nehri'nde yaşayan *Capoeta baliki* türlerinin kromozom sayıları ve morfolojilerini araştırmışlardır. Çalışmada metafaz safhasındaki böbrek hücreleri kullanılmıştır. *C. baliki* için diploid kromozom sayısı $2n = 150$, 44 meta-submetacentric kromozom çifti ve 31 subtelosentrik akrocentrik kromozom, kol sayısı 238 olarak, *C. antalyensis* için diploid kromozom sayısı $2n = 150$, 42 çifti meta-submetacentric kromozom ve 33 çifti subtelosentrik akrocentrik kromozom ve temel kol sayısı (NF) 234 olarak bildirilmiştir.

Ayata et al. (2018) Beyşehir Gölü Havzası'ndan toplanan endemik tür olan *Oxynoemacheilus atili*'nin diploid kromozom sayısı, kromozom morfolojileri ve kromozomal bant özelliklerini (C-bandı ve Ag-NOR boyaması ile birlikte) incelemişlerdir. Diploid kromozom sayısı $2n = 50$ (10M+18SM+22ST VE FN=78) olarak hesaplanmıştır. Kromozomların sentromerleri üzerinde heterokromatin bölgeler belirlenmiş ve bir çift kromozomda NOR tespit edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Bölgesi

Erzurum il sınırlarındaki Dumlu Dağı'nın yamaçlarından doğan Karasu Nehri doğu-batı yönünde Erzurum Ovası'nı geçer ve ovanın kuzeydoğusundan gelen diğer derelerin birleşmesiyle Karasu Nehri adını alır. Nehir ovanın güneyinden gelen Ömertepesuyu Deresi ve kuzey batıdan gelen Serçeme Deresi'yle de birleşir ve Fırat'ın kaynağını oluşturur. Erzurum ovasını Aşkale ilçesinden terk eden Karasu Nehri Erzincan il sınırlarında devam eder (Sönmez 2011). Araştırmamızda ilgili balık örnekleri nehrin Erzurum ovasını terk etmeye başladığı yer olan Aşkale ilçesi çıkışından $38^{\circ} 22' 33K$, $036^{\circ} 58' 26D$, rakım; 1219 m koordinatlarındaki bölgeden serpme ağla yakalanmıştır (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Örneklemeye istasyonu: Erzurum-Bayburt Karayolu 65. km, $38^{\circ} 22' 33K$, $036^{\circ} 58' 26D$. Rakım: 1219 m.



Şekil 2. Karasu Nehri’nde örneklemenin yapıldığı bölge

Araştırılan balık türü

Nehrin doğal faunasında olan *Chondrostoma regium* (Kababurun Balığı) türü balıklar kullanılmıştır (Şekil 3). Balıkların tür teşhis işlemi Geldiay ve Balık’ın (2009) Türkiye Tatlısu Balıkları adlı eserinde yer alan “Türkiye Tatlısu Balık Familyalarının Tayin Anahtarı” bölümünden yararlanılarak yapılmıştır. Balıklar 2018 yılı Temmuz-Ekim aylarında yakalanmıştır. Çalışma başlamadan önce hem araştırma izni hem de etik kurul izni yetkili birimlere müracaat edilerek alınmıştır (Ek1, EK2 ve EK3). Balıklar serpmeye ağıla yakalanmıştır. Toplamda 22 (12♀, 10♂) adet balık yakalanmış ve araştırmada kullanılmıştır.

Karyotip çalışmaları canlı hayvanlar üzerinden yapıldığı için yakalanan balıklar aynı gün içinde buzlu su olan 25 litrelik plastik bidonlarla laboratuvara getirilmişlerdir. Laboratuvarda balıkların canlılığını devam ettirmek için canlı getirilen balıklar derhal bol havalandırmalı akvaryumlara (50x70x80 cm) alınmıştır (Şekil 4).



Şekil 3. *Chondrostoma regium* (orjinal).



Şekil 4. Balıkların bekletildiği akvaryum.

Kullanılan Kimyasallar

Balıklarla yapılan işlemlerde kullanılan Fitohemaglutinin, Kolşisin, Asetik asit ve Metanol Sigma®, KCl ve Na_2HPO_4 Riedel-deHaen®, KH_2PO_4 Fluka® ve Giemsa boyası Merck® firmalarından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan çözeltilerden %1 fitohemaglutinin, %6 kolşisin, 0,075 M KCl, Carnoy fiksatif, fosfat tamponu ve %5 giemsa Kılıç and Şişmamn (2016)'ın bildirdiği şekilde yapılmıştır. Diğer çözeltiler ise şöyle hazırlanmıştır:

0.2 N HCl: 16.1 ml HCl alınır ve 1 litre saf suya yavaş yavaş eklenir.

Ba (OH)₂ Solüsyonu: Her zaman taze hazırlanır. 350 ml'lik beher hafifçe ısıtılır ve içine 55°C su yerleştirilir. Bir kaşık dolusu Ba (OH)₂ bu kaba konur ve karıştırılır. Biraz soğuduktan sonra (50°C'nin altına inince) preparatlar içine daldırılır.

2XSSC: Boyama yapmadan 10 dk önce hazırlanır. 175.32 g NaCl ve 88.23 g Sodyum sitrat 1000 ml saf suya tamamlanarak hazırlanır. Oda sıcaklığında 1 yıl sabitliğini korur.

Kullanılan Cihazlar ve Aletler

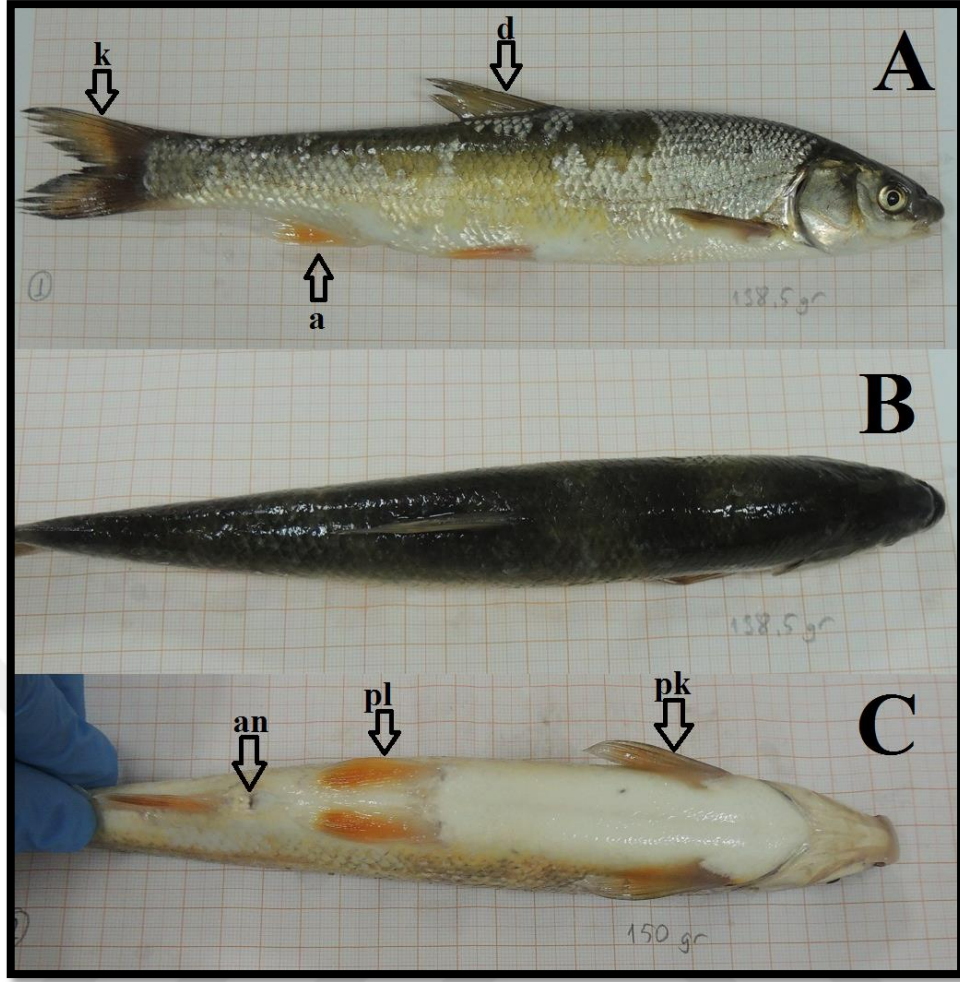
Tablo 2'de araştırmada kullanılan aletler/cihazlar ve temin edildikleri firmalar verilmiştir.

Tablo 2. Araştırmalar Esnasında Kullanılan Aletler ve Cihazlar

Cihazlar/Aletler	Firmalar
Saf su cihazı	Easypure RF compact ultarpure ws
Hassas terazi	Shimadzu TXB6201L
Otomatik pipet	Finpipette Labsystems
Ultra santrifüj	Nüve NF 200
Dijital kamera destekli mikroskop	Leica DM750
Makroçekim dijital fotoğraf makinesi	Nikon coolpix P510

Morfolojik Analiz

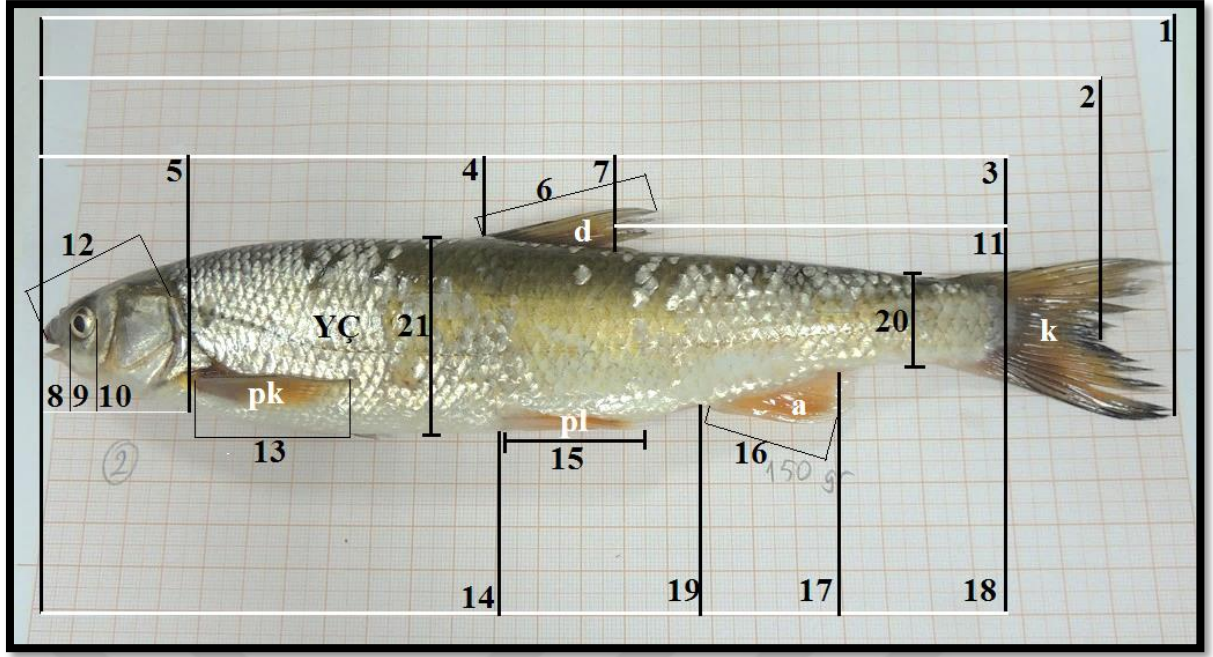
Chondrostoma regium örneklerinde metrik ve meristik karakterler Kottelat and Freyhof (2007)'a göre belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan balıkların genel morfolojik yapısı Şekil 5'de gösterilmiştir. Balık boyları $\pm 0,1$ cm hassasiyetle metrik kağıtlar yardımıyla ölçülmüş, ağırlıkları da yine $\pm 0,01$ gr hassasiyetindeki elektronik tartıyla tartılmıştır (Şekil 6). Her balığa ait total, çatal ve standart boyu ile total ve boş vücut ağırlıkları tespit edilmiştir. Morfolojik sistematik analizler için baş boyu, baş yüksekliği, vücut yüksekliği, kuyruk sapı uzunluğu, kuyruk sapı yüksekliği, göz kutru çapı, üst ve alt çene uzunluğu, dorsal yüzgeç kaide uzunluğu, dorsal yüzgeç yüksekliği, anal yüzgeç yüksekliği, kuyruk yüzgeci uzunluğu, anal yüzgeç kaide uzunluğu, ventral yüzgeç uzunluğu, pektoral yüzgeç uzunluğu, ventral-anal mesafe ve pektoral-ventral mesafe özellikleri kullanılmıştır. Ayrıca yüzgeçlerdeki dallı ve basit ışınlar, yanal çizgi üzerindeki pulların sayısı, solungaç diken sayısı ve farinks dişi sayısı belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 5. *C. regium*'un; lateralden (A), dorsalden (B) ve ventralden (C) görünüşü. a; anal yüzgeç, an; anüs, d; dorsal yüzgeç; k; kuyruk yüzgeci, pk; pektoral yüzgeç, pl; pelvik yüzgeç.



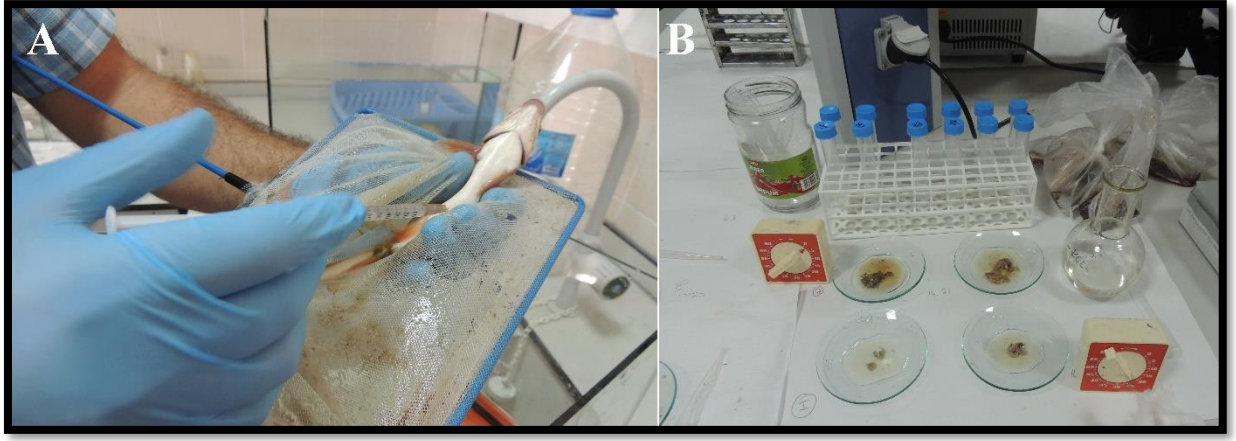
Şekil 6. Balıklarda ağırlık ölçümü



Şekil 7. *C. regium*'un metrik ve meristik karakterleri. **Meristik:** a-anal yüzgeç, dorsal yüzgeç, k-kuyruk yüzgeci, pk-pektoral yüzgeç, pl-pelvik yüzgeç ve ışınları, YÇ-yanal çizgi ve pulları. **Metrik:** 1-Total boy, 2-Çatal boy, 3-Standart boy, 4- Predorsal uzunluk, 5- Baş uzunluğu, 6- Dorsal yüzgeç uzunluğu, 7- Dorsal yüzgeç kaidesi genişliği, 8- Burun uzunluğu, 9- Göz kutru, 10- Postorbital uzunluğu, 11- Postdorsal mesafe, 12- Dorsal baş uzunluğu, 13- Pektoral yüzgeç uzunluğu, 14- Prepelvik mesafe, 15- Pelvik yüzgeç uzunluğu, 16- Anal yüzgeç uzunluğu, 17- Anal yüzgeç kaidesi uzunluğu, 18- Postanal mesafe, 19- Preanal mesafe, 20- Kuyruk sapı kalınlığı, 21. Vücut yüksekliği (cm olarak).

Karyotipik analiz

Karyotipik analizde önceki araştırmacılar tarafından rapor edilen havada kurutma tekniği modifiye edilerek kullanılmıştır (Collares-Pereira, 1992). Buna göre önce laboratuvara canlı olarak getirilen balıklara mitoz frekansını arttırmak için %1'lik fitohemaglutinin (0,01 ml/gr vücut ağırlığı) insülin iğnesi ile karın boşluğuna enjekte edilmiştir (Şekil 8A). Akvaryuma tekrar alınan balıklar ortalama 44-48 saat yem verilmeden bekletilmiştir. Daha sonra balıklardaki mitozu metafaz aşamasında durdurmak için %6'lık kolşisin (0,01 ml/gr vücut ağırlığı) aynı yolla enjekte edilmiş ve 190 dakika beklenmiştir. Dekapite edilen balıkların solungaç ve böbrekleri karyotip analizi için kullanılmıştır. Çıkarılan dokular 0.075 M KCl solüsyonuna alındıktan sonra solungaçlar sıyrılarak, böbrekler bistüri ile parçalanarak solüsyon içinde hücre süspansiyonu oluşturulmuş ve örnekler oda sıcaklığında 60 dakika bekletilmiştir (Şekil 8B).



Şekil 8. A-İntra-peritoneal enjeksiyon işlemi, B-Hipotonik solüsyon içine konulmuş dokular

Süre sonunda hipotonik solüsyonlu dokular santrifüj tüplerine alınarak santrifüj edilmiştir (2000 rpm/10 dk). Tüp altında yaklaşık 2 ml solüsyon kalacak şekilde solüsyonun süpernatant kısmı atılmıştır. Daha sonra 2 ml hücre süspansiyonu olan tüpe 7 ml soğuk carnoy fiksatif (+4 °C) eklenmiştir. Aynı şekilde santrifüj yapıldıktan sonra 7 ml süpernatant atılmış ve tekrar soğuk carnoy ilave edilmiştir. Bu işlem 2 kez tekrarlanmıştır (toplamda 3). Son santrifüjlemeden sonra tüp dibinde 1.5-2 ml süspansiyon bırakılmış ve bu solüsyona pipetaj yapılarak soğuk lamalar üzerine 40-50 cm yukarıdan damlatılarak içeriğin yayılması sağlanmıştır. Kuruması için lamalar bekletilmiş ve sonrasında 3 farklı boyamaya tabi tutulmuştur. İlki sadece Giemsa boyası ile yapılan işlem olup kuruyan lamalar içinde %5'lik Giemsa (pH 6.8) bulunan şalelerde 35 dakika boyanması için beklenmiştir. Boyama işleminin sonunda lamalar saf suda yıkanarak tekrar kurumaya bırakılmış ve incelemeye hazır hale getirilmiştir.

Kromozomlardaki nükleolar organizör bölgeleri (NOR) tespit etmek için Ag-NOR boyama yapılmıştır. Bunun için Howell and Black (1980)'in metodundan yararlanılmıştır. Buna göre, fikse edilmiş preparatlar %50'lik AgNO_3 içeren solüsyona daldırılmış, kurutmadan lamel kapatılmış, 2 saat 60 °C'de inkübe edilmiş, saf suyla yıkanmış, kurutulmuş, %2'lik giemsa'da 30 dk boyanmış, saf sudan geçirilmiş ve havada kurutularak lamellerin etrafı kanada balsamı ile kapatılarak incelemeye hazır hale getirilmiştir.

Öte yandan kromozomlardaki konstitüif heterokromatin bölgeleri tespit etmek için de C-bantlama yapılmıştır. Sumner (1972)'in tekniğine uygun olarak fikse edilmiş preparatlar 0.2 N HCl içinde 30 dk bekletilmiş, sonra saf sudan geçirilmiş ve havada kurutulmuştur. Preparatlar taze hazırlanmış Ba(OH)_2 solüsyonunda 30 °C'de 10 dk bekletilmiştir. 0.2 N HCl'ye batırılıp saf suyla yıkanmıştır. Preparatlar daha sonra 2XSSC içinde 60°C'de 1.5 saat bekletilmiş, saf

suyla yıkanmış ve kurutmadan %10'luk giemsada 10 dk boyanmış, yıkanmış, kurutulmuş ve incelenmeye hazır hale getirilmiştir

Belirtilen prosedürlere uygun olarak hazırlanan preparatlar ışık mikroskopunda (Leica ICC50 HD kamera ve Leica DM750 mikroskop x100 büyütme bilgisayar destekli mikroskop) incelenmiştir. Çalışmada yakalanan balıkların her birinin her dokusundan en az 10 adet preparat (Denton, 1973) değerlendirmeye alınmıştır. Preparatlarda metafaz yayılımı en iyi olan hücresel bölgelerin fotoğrafları çekilmiştir.

Karyotipler ise kromozom boylarına göre sınıflandırılarak hazırlanmıştır. Bunun için kromozom kolları ölçülmüştür. Kromozom kolu ölçümleri mikroskop ünitesine bağlı PC sisteminde bulunan görüntü analiz etme software program (LAS EZ 3.0) kullanılarak yapılmıştır. Levan *et al.* (1964)'ün metodu kullanılarak her kromozoma ait nisbi kol uzunluğu (NKU), kol oranı (KO) ve sentrometik indeksi (Sİ) hesaplanmıştır. KO kromozomun uzun kol uzunluğunun kısa kol uzunluğuna oranı olarak hesaplanmıştır. Diğer hesaplamalar şu formüller kullanılmıştır: $NKU = 100 \times \text{Kromozom Toplam Boyu} / \text{Kromozom Boyları toplamı}$ $Sİ = 100 \times \text{Kısa Kol uzunluğu} / \text{Toplam kromozom uzunluğu}$.

Kromozomlar Sİ değerlerine göre sıralanarak homolog kromozom çiftleri ve karyotip formülleri belirlenmiştir. Sİ değeri 50.00-37.51 olan kromozom çiftleri Metasentrik (M), 37.50-25.01 olanlar Submetasentrik (SM), 25.00-12.51 olanlar Subtelosentrik (ST) ve 12.50-0.00 olanlar da Telosentrik olarak sınıflandırılmıştır. Belirlenen karyotipin ideogramı ise Microsoft Office Excel programı kullanılarak hazırlanmıştır.

Karyotip simetri ve asimetri değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Eroğlu, 2015).

$$S/A_I = (1 \times M) + (2 \times SM) + (3 \times ST) + (4 \times T) / 2n$$

S/A_I = simetri asimetri indeksi; M = metasentrik kromozom sayısı; SM = submetasentrik kromozom sayısı; ST = subtelosentrik kromozom sayısı; T = telosentrik metasentrik kromozom sayısı; $2n$ = diploid kromozom sayısını göstermektedir. Buna göre bir türün S/A_I değeri 1.0-2.0 arasında olursa karyotipi simetrik, 2.1-3.0 olursa simetrik/asimetrik ve 3.1-4.0 olursa karyotip asimetrik olarak sınıflandırılır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Balıkların Ağırlık ve Boy Dağılımı

2018 yılı temmuz ve ekim aylarında Karasu Nehri'nden yakalanan *C. regium*'a ait ağırlık ve boy dağılımı Tablo 3' de verilmiştir. *C. regium*'da total boy değerleri 28,5-17,8 cm arasında değişmekle birlikte ortalama total boy 23,37 cm, çatal boy 20,97 cm ve standart boy 19,87 cm olarak kaydedilmiştir.

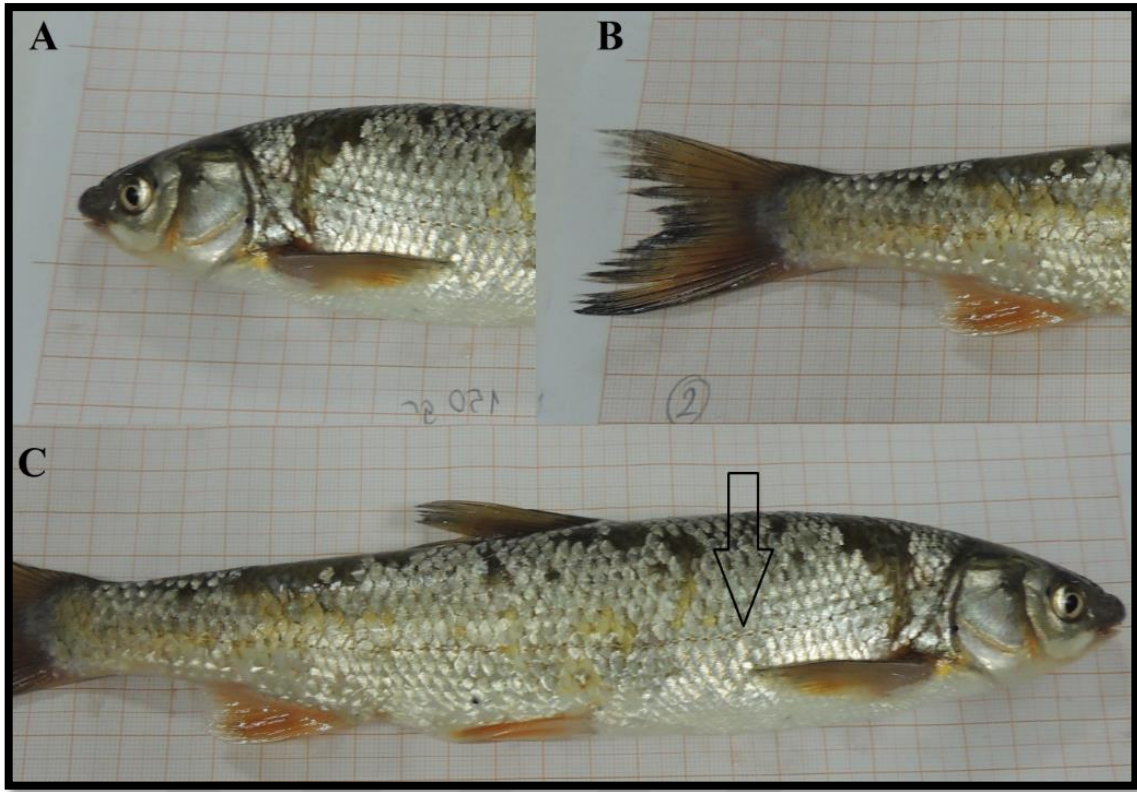
Tablo 3. *C. regium*'un Boy (cm) ve Ağırlık (gr) Değerleri (n=22).

Ağırlık (gr)	Boy (total)	Boy (çatal)	Boy (standart)
92,55 ± 26,27	23,37 ± 3,02	20,97 ± 2,86	19,87 ± 2,44

Değerler ± Standart Sapma olarak verilmiştir.

Morfolojik analiz sonuçları

İncelenen balıklarda makroskobik olarak sistematik özelliklerinde (metrik ve meristik karakterlerinde) bir farklılığa rastlanılmamıştır. Vücut yapısı yuvarlak, ince ve uzun olan bu balık türünün rengi sırtta koyukahverengi, yan ve karın tarafında daha açık renktedir. Ağız alt konumlu olup burnun altındadır ve dudaklarının etrafı ise keratin bir kılıfla çevrelenmiştir. Burun ileri uzamış olup ucu küttür (Şekil 9A). Dorsal yüzgeç kuyruğa biraz daha yakın kısımda görülmüştür. Dorsal ve anal yüzgeç boylarının hemen hemen birbirine eşit olduğu tespit edilmiştir. Kuyruk yüzgecinin homoserk tipte (derin çatalı) olduğu anlaşılmıştır (Şekil 19B). Yanal çizgideki (line lateral) pul sayısı 56-72 tanedir. Çizgi karın kısmına doğru hafifçe kavislidir (Şekil 9C).



Şekil 9. *C. regium*'da ağız yapısı (A), homoserk yapıda olan kuyruk yüzgeci (B), yanıl çizgi (ok) ve diğler yüzgeçler

İncelenen türde ağız veya çenelerde bıyığa rastlanmamıştır. İncelenen balıklarda dermis orjinli, serbest ucu yuvarlağımsı olan sikloit tipi pulların baş ve karın bölgesi hariç tüm vücudu kapladığı gözlenmiştir. Taksonomik olarak ilgili türün metrik ve meristik karakterlerin ortalama değlerleri ve minimum-maksimum sayılar Tablo 4'de belirtilmiştir.

Tablo 4. *C. regium* Türüne Ait Şekil 7'de Belirtilen Metrik Ve Meristik Karakterlerin Sayısal Değlerleri

Karakter no	Metrik Karakterler	Ort.±SH (cm)	Meristik Karakterler	Min.-Mak.
1	Total boy	23,37±3,02	Yanal çizgideki pul sayısı	56-72
2	Çatal boy	20,97±2,86	Farinks dişi sayısı	6-6, 6-5
3	Standart boy	19,87±2,44	Solungaç dikenli sayısı	18-36
4	Predorsal uzunluk	9,4±1,37	Ventral yüzgeç dallı ışınlı	6-9
5	Baş uzunluğu	3,8±0,55	Anal yüzgeç dallı ışınlı	10-12
6	Dorsal yüzgeç uzunluğu	3,9±0,57	Pektoral yüzgeç dallı ışınlı	14-18
7	Dorsal yüzgeç kaidesi genişliğı	3,1±0,46	Dorsal yüzgeç dallı ışınlı	9-10
8	Burun uzunluğu	0,82±0,12	Ventral yüzgeç basit ışınlı	I-II
9	Göz kutru	0,67±0,09	Dorsal yüzgeç basit ışınlı	III
10	Postorbital uzunluğu	2,1±0,30	Anal yüzgeç basit ışınlı	III

Tablo 4. (devamı)

11	Postdorsal mesafe	8,5±1,23	Pektoral yüzgeç basit ışını	I
12	Dorsal baş uzunluğu	3,9±0,56		
13	Pektoral yüzgeç uzunluğu	3,8±0,54		
14	Prepelvik mesafe	10,4±1,57		
15	Pelvik yüzgeç uzunluğu	3,1±0,45		
16	Anal yüzgeç uzunluğu	2,4±0,35		
17	Anal yüzgeç kaidesi uzunluğu	2,8±0,41		
18	Postanal mesafe	3,2±0,46		
19	Preanal mesafe	14,4±2,09		
20	Kuyruk sapı kalınlığı	1,8±0,27		
21	Vücut yüksekliği	4,5±0,65		

Tablo 4’de verilen metrik ve meristik karakterler Geldiay ve Balık (2009)’ın sistematik verileri ile karşılaştırıldığında *C. regium*’un kendi türünün karakteristik özelliklerini yansıttığı görülmüştür.

***C. regium*’un karyotip analizi**

C. regium’un dişi ve erkek bireylerinden alınan solungaç ve böbreklerden yapılan preparatlarda solungaçta 580 ve böbrekte 644 adet metafaz plağı sayılmıştır. Metafaz sıklığının böbrek dokusunda solungaçtan daha fazla olduğu görülmüştür. Metafaz plaklarında sayılan kromozom sayısı solungaçta % 2,07 oranında 2n=46, % 4,83 oranında 2n=48, % 83,28 oranında 2n=50 ve %9,82 oranında 2n=52 (Tablo 6), böbrekte ise %3,42 oranında 2n=46, %7,45 oranında 2n=48, %87,73 oranında 2n=50 ve %1,4 oranında 2n=52 (Tablo 7) olarak tespit edilmiştir. En çok tekrar eden değer hem solungaçta hem de böbrekte 2n=50 olduğu tespit edilmiştir.

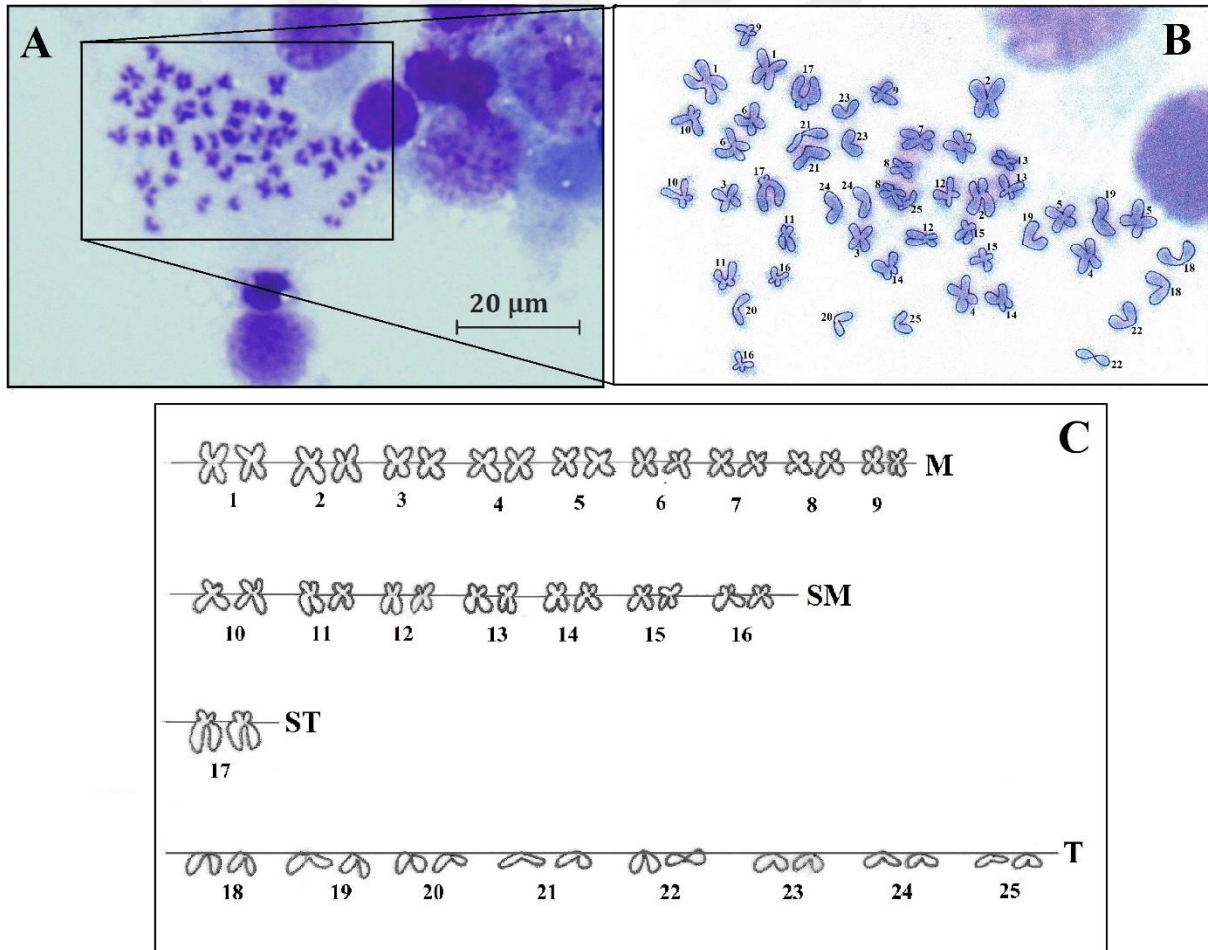
Tablo 5. *C. regium*’un Solungaç Dokusundaki Kromozom Sayısının Sıklık Analizi

Örnek sayısı	Metafaz sayısı	2n=46	2n=48	2n=50	2n=52
1. örnek	108	1	5	69	9
2. örnek	92	3	2	81	12
3. örnek	90	1	3	90	8
4. örnek	101	2	8	64	10
5. örnek	89	2	3	88	7
6. örnek	100	3	7	91	11
Toplam	580	12	28	483	57
% oran		2,07	4,83	83,28	9,82

Tablo 6. *C. regium*'un Böbrek Dokusundaki Kromozom Sayısının Sıklık Analizi

Örnek sayısı	Metafaz sayısı	2n=46	2n=48	2n=50	2n=52
1. örnek	98	2	7	88	1
2. örnek	134	6	12	113	3
3. örnek	122	5	11	104	2
4. örnek	94	3	6	84	1
5. örnek	118	4	8	104	2
6. örnek	78	2	4	72	-
Toplam	644	22	48	565	9
% oran		3,42	7,45	87,73	1,4

Toplamda 1224 adet metafaz plağı incelenmiştir. En iyi görünüm ve dağılım gösteren preparatlar değerlendirilmiş ve hazırlanan karyogramlarda 9 çift metasentrik (M), 7 çift submetasentrik (SM), 1 çift subtelosentrik (ST) ve 8 çift de telosentrik (T) kromozom (18M+14SM+2ST+16T) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 10).



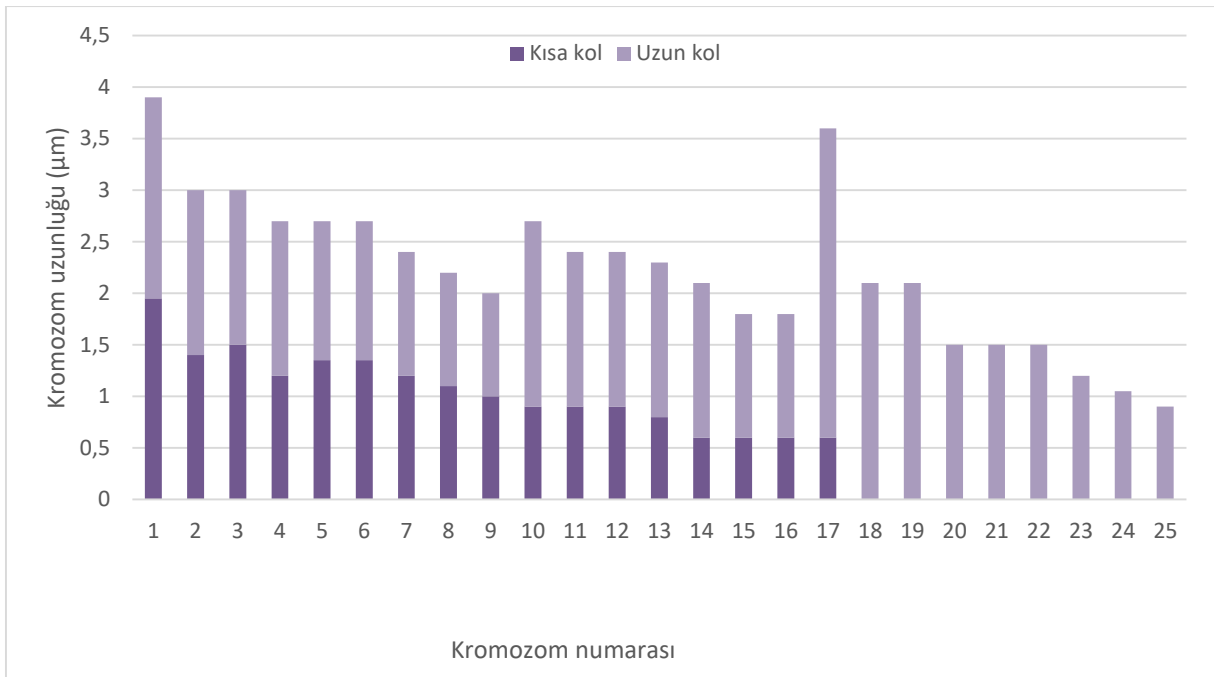
Şekil 10. *C. regium*'un giemsa ile boyanmış metafaz plağı (A), bilgisayar programınca alınan ölçümler (B) ve hazırlanmış karyotipi (C). Metasentrik (M), submetasentrik (SM), subtelosentrik (ST) ve telosentrik (T) (18M+14SM+2ST+16T)

Kromozom kol uzunluklarının 0,9 ile 3,9 µm arasında değiştiği, en uzun kromozomun metasentrik, en kısanın da telosentrik olduğu, kromozom kol sayısının (Fundamental Arm Number: FN) ise FN=82 olduğu bulunmuştur (Tablo 7).

Tablo 7. *C. regium*'un Kromozomlarının Ölçümleri (µm) ve Sentromerik İndeksleri (M: Metasentrik, SM: Submetasentrik, ST: Subtelosentrik, T: Telosentrik)

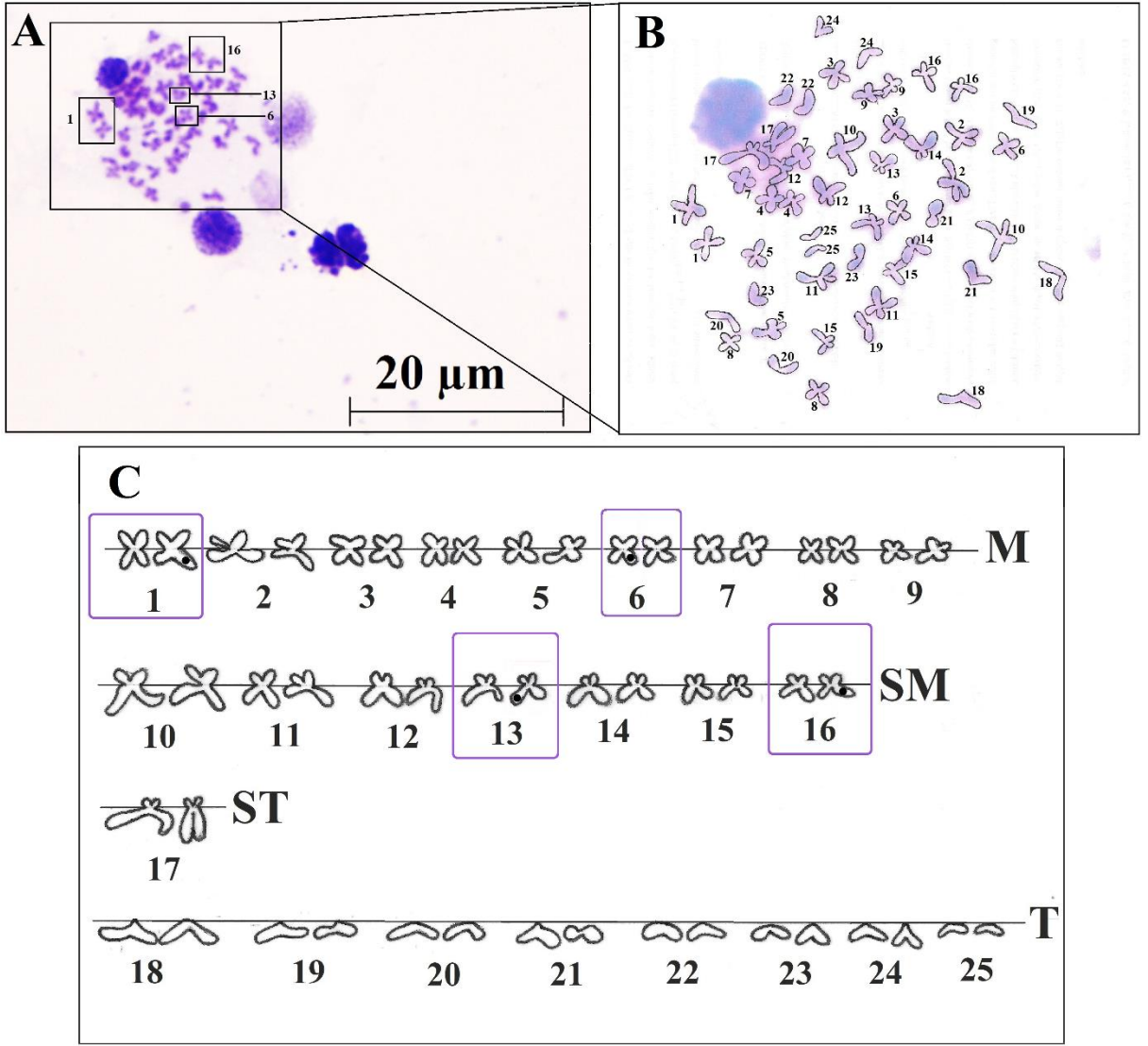
Kromozom numarası	Kısa kol	Uzun kol	Toplam uzunluk	Kol oranı	Sentromerik indeks	Nisbi kol uzunluğu (%)	Kromozom formu	Kol sayısı
1	1,95	1,95	3,9	1,0	50	7,27	M	4
2	1,4	1,6	3,0	1,14	46,7	5,59	M	4
3	1,5	1,5	3,0	1,0	50	5,59	M	4
4	1,2	1,5	2,7	1,25	44,44	5,03	M	4
5	1,35	1,35	2,7	1,0	50	5,03	M	4
6	1,35	1,35	2,7	1,0	50	5,03	M	4
7	1,2	1,2	2,4	1,0	50	4,47	M	4
8	1,1	1,1	2,2	1,0	50	3,94	M	4
9	1,0	1,0	2,0	1,0	50	3,73	M	4
10	0,9	1,8	2,7	2,0	33,33	5,03	SM	4
11	0,9	1,5	2,4	1,66	37,5	4,47	SM	4
12	0,9	1,5	2,4	1,66	37,5	4,47	SM	4
13	0,8	1,5	2,3	1,88	34,78	4,12	SM	4
14	0,6	1,5	2,1	2,5	28,57	3,91	SM	4
15	0,6	1,2	1,8	2,0	33,33	3,35	SM	4
16	0,6	1,2	1,8	2,0	33,33	3,35	SM	4
17	0,6	3,0	3,6	5,0	16,66	6,71	ST	4
18	0	2,1	2,1	0	0	3,91	T	2
19	0	2,1	2,1	0	0	3,91	T	2
20	0	1,5	1,5	0	0	2,79	T	2
21	0	1,5	1,5	0	0	2,79	T	2
22	0	1,5	1,5	0	0	2,79	T	2
23	0	1,2	1,2	0	0	2,23	T	2
24	0	1,05	1,05	0	0	1,95	T	2
25	0	0,9	0,9	0	0	1,67	T	2
Total	16,85	37,25	55,8	-	-	-	-	82

Bu ölçümlere göre hazırlanan ideogram ise Şekil 11’de gösterilmiştir. Bu türde cinsiyete bağlı herhangi bir kromozom tespit edilememiştir. Kromozom simetri/asimetri indeksi ise $S/A_I = (1 \times 18) + (2 \times 14) + (3 \times 2) + (4 \times 16) / 50 = 2,32$ olarak tespit edilmiş olup *Chondrostoma regium*’un karyotipinin “simetrik/asimetrik” olduğu anlaşılmıştır.

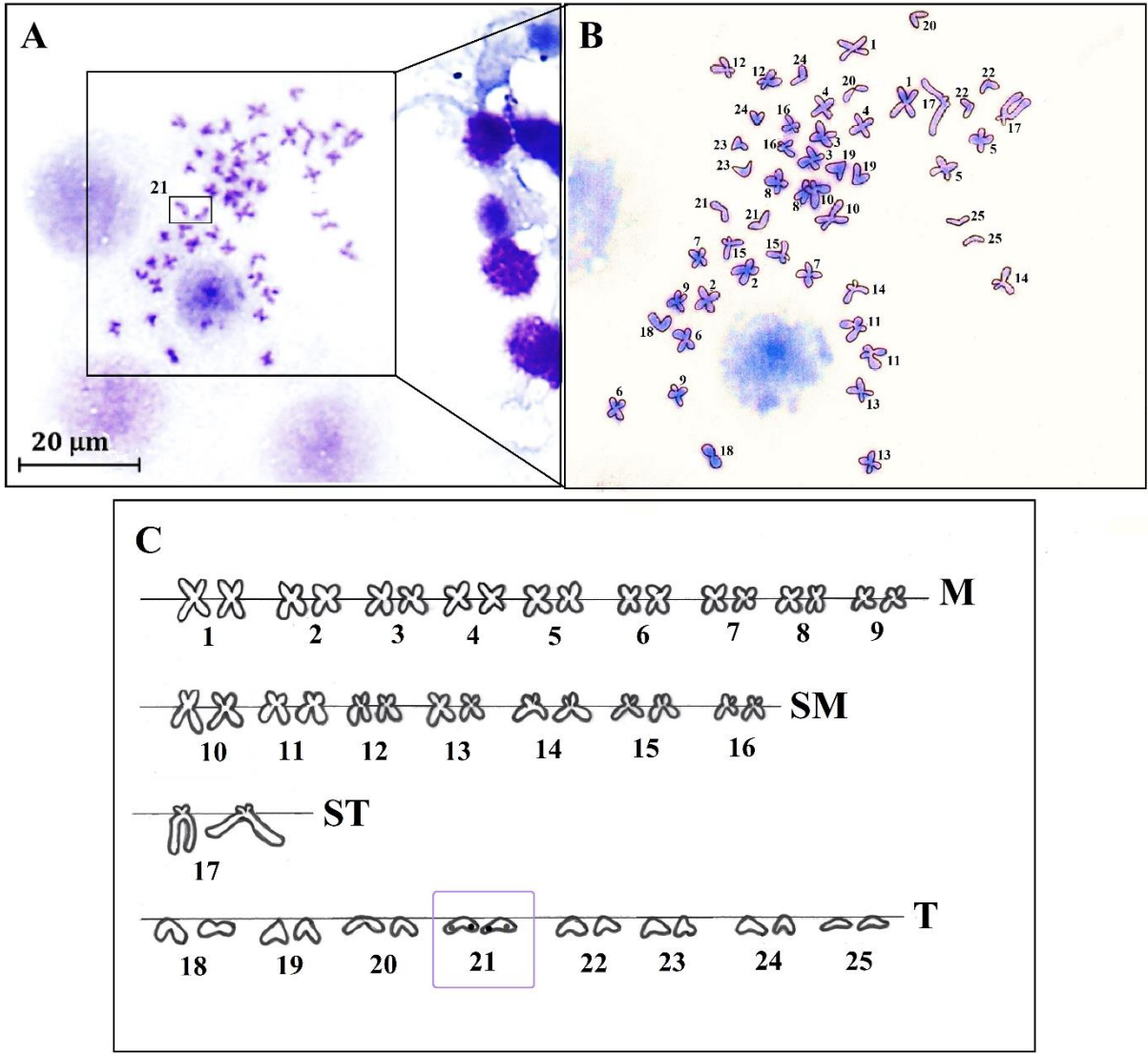


Şekil 11. *Chondrostoma regium*'un ideogramı. Kromozom numaraları; 1-9 metasentrik, 10-16 submetasentrik, 17 subtelosentrik ve 18-25 telosentrik kromozom boyutlarını (µm) göstermektedir

Giemsa boyama-bantlama dışında karyotipik özellikleri detaylı belirleyebilmek için C-Bantlama ve gümüş nitrat boyama (Ag-NOR) yöntemleri de kullanılmıştır. Kromozomlardaki yoğun tekrar edilen ve ifade edilmeyen DNA bölgeleri (konstitütif heterokromatin bölgeleri) C-bantlama yöntemiyle yapılmaktadır. Yapılan analizde *C. regium*'un konstitütif heterokormatin bölgelerinin 1.ve 6. kromozom çiftlerinin uç kısımlarında, 13. ve 16. kromozom çiftlerinin de uzun kolunun uç kısmında lokalize olduğu tespit edilmiştir (Şekil 12). Bilindiği gibi Ag-NOR boyama kromozomlardaki nüklear organizatör bölgeleri (NOR) boyar ve gösterir. *C. regium*'un NOR bölgesinin sadece 21. kromozom çiftinin üzerinde olduğu bulunmuştur (Şekil 13).



Şekil 12. *C. regium*'un C-bantlama yapılmış metafaz plağı (A), bilgisayar programınca alınan ölçümler (B) ve hazırlanmış karyotipi (C). Heterokromatin bölgeler kare içinde gösterilmiştir



Şekil 13. *C. regium*'un NOR bölgelerini gösteren gümüş nitrat boyalı metafaz plağı (A), yapılan ölçümler (B) ve hazırlanmış karyotipi (C). NOR bölgesi kare içinde gösterilmiştir

Chondrostoma regium'un morfolojik ve karyotipik analizleri ile ilgili sonuçlar şöyle özetlenebilir: 1- İncelenen *Chondrostoma regium* örneklerinde morfolojik olarak literatürdeki karakteristik özelliklerin hepsi tam olarak belirlenmiştir. 2- *Chondrostoma regium*'un karyotipi $2n=50$, $18M+12SM+2ST+18T$, $FN=82$ olarak tespit edilmiştir. 3- Kromozom simetrisinin ise "simetrik/asimetrik" olduğu anlaşılmıştır. 3- NOR bölgesi 21. kromozomun kolu üzerindedir ve konstitütif heterokromatin 1. ve 6. kromozom çiftlerinin uç kısımları ile 13. ve 16. kromozom çiftlerinin uzun kolunun uç kısmında olup c-pozitif bölgeler kromozomların telomerlerine yakın bulunmuştur. 4- Balıkların karyolojisi dokular ve cinsiyetler arasında değişiklik göstermemiştir.

TARTIŞMA

1960'lardan beri kemikli balıkların en geniş grubu olan Teleostei'ye ait balık türlerinin karyolojik analizlerinin yapılmasıyla genetik, taksonomi ve çevresel toksikoloji alanlarına önemli katkılar sağlanmıştır (Cucchi and Baruffaldi, 1990). Karyotip kromozom morfolojisi, büyüklüğü ve sayısı hakkında temel bilgileri sunmakla birlikte tartışmalı türlerin ayrılmasında ve evrimsel soy ağaçlarının oluşturulmasında kullanılmaktadır (Macgregor, 1993; Tan *et al.* 2004). İlaveten balık karyotip çalışmaları poliploidi, ginogenez, androgenez ve yeni akua-hibrit türlerin oluşturulması için önemli veriler sunmaktadır (Dai and Han, 2018). Son yıllarda balıklarla yapılan sitogenetik çalışmalarda belirgin bir artış söz konusudur. Öyleki 3425 balık türünün karyotipik özellikleri artık bilinmektedir (Arai, 2011). Ülkemizde de yaklaşık 30 yıldan beri karyotip çalışmaları yapılmaktadır. Ancak henüz istenilen seviyeye ulaşamamıştır (Gaffaroğlu ve Yüksel 2005, Canpolat vd., 2018). Sazangiller (Cyprinidae) tür bakımından en zengin balık gruplarından. Tüm dünya genelinde yayılımı olan bu grubun üyeleri ülkemizde de geniş yaşam alanına sahiptir. Tez kapsamında Cyprinidae (Sazangiller) familyasına ait olan ve Karasu Nehri'nin doğal faunasında bulunan *Chondrostoma regium*'un morfometrik ve karyotipik analizi ilk kez yapılmıştır.

Chondrostoma regium morfometrik olarak incelendiğinde gözlerinin iri, burunun kalın ve yuvarlak yapıda, ağzın ise geniş ve transversal pozisyonda olduğu görülmüştür. Homoserk kuyruk yüzgecinin çatal kısmı derin olup dorsal yüzgeç vücudun tam ortasında yer aldığı tespit edilmiştir. Vücut rengindeki portakal sarısı yan ve karın tarafında karakteristik olarak belirlenmiştir. Bu özellikler Geldiay ve Balık (2009) tarafından belirtilen özelliklerle birebir uyum içindedir. Ülkemizde yapılan diğer çalışmalar elde edilen veriler ile bulgularımız mukayese edildiğinde ise önemli ölçüde benzerlikler bulunmuştur. Bu durum aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Türkiye İç Sularında Yaşayan *Chondrostoma regium* Türüne Ait Diagnostik Özelliklerin Mukayesesi

	Mevcut çalışma	Başusta ve Yeniyol (2016)	Uğurlu <i>et al.</i> (2009)	Küçük <i>et al.</i> (2007)	Yeğen vd. 2006
Lokasyon Özellikler	Erzurum-Karasu Nehri	Şanlıurfa Atatürk baraj Gölü	Samsun-Ladik Gölü	Mersin-Göksu nehri	Konya-Altınapa Barajı
Yanal çizgideki pul sayısı	56-72	61-69	61-69	62-64	64-68
Farinks diş ve sıra sayısı	6-6, 6-5	6-6,6-7	6-6,6-5	6-6,6-5	7-7,7-6,6-7
Solungaç dikenini sayısı	18-36	-	-	25-32	50-52
Ventral yüzgeç dallı ışını	6-9	II/8-9	-	-	I-II/6-8
Anal yüzgeç dallı ışını	10-12	III/9-10	III/9-11	III/9-10	III/10-11
Pektoral yüzgeç dallı ışını	14-18	I/15-16	-	-	I/15-16
Dorsal yüzgeç dallı ışını	9-10	III/8-9	III/8-10	III/9-10	III/9

Yapılan karşılaştırmaya göre Erzurum Karasu Nehri balıkları da dahil olmak üzere diğer bölge balıklarının da önemli ölçüde aynı diagnostik özelliklere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Sadece Meram Çayı üzerine kurulu Altınapa Baraj Gölü *Chondrostoma regium* türünün solungaç dikenini ve farinks dişi sayılarında farklılık bulunmaktadır (Yeğen vd., 2006).

Doğrudan ve doku kültürü yöntemi karyotip çalışmalarında en çok tercih edilen yöntemlerdir. Her iki yöntemin esası metafaz dağılımının iyi yapılmasıdır. Doku kültürü yöntemlerinin çok iyi sonuçlar vermesinin sebebi mitoz frekansının yüksek oluşu ve metafaz yayılımlarının daha iyi olmasıdır. Ancak ekonomik yönden külfetli olması ve zaman alması dezavantajları olarak değerlendirilebilir. Doğrudan inceleme yönteminde ise mitoz ve metafaz frekansı düşsede ucuz olması ve kısa zamanda sonuç vermesi tercih sebebi olmaktadır. Bu nedenle yapılan çalışmada doğrudan inceleme yöntemi seçilmiştir. Solungaç ve böbreklerde mitoz bölünme frekansı oldukça yüksek olduğundan (Thorgad and Disney 1990; Al-Sabti 1991) kromozom elde edilmesi için bu dokular tercih edilmiştir.

Karyotip analizleri için kemikli balıklarda standart yöntem olarak fitohemaglutinin enjeksiyonu, kolşisin enjeksiyonu, balık dokularının çıkarılması, dokuyu KCl ile hipotenizasyon, hücrelerin Carnoy ile fiksasyonu, gümüş nitrat ile muamele ve Giemsa ile boyama standart işlemleri gerçekleştirilmiştir. Mitoz bölünmeyi arttırmak amacıyla %1'lik fitohemaglutinin (PHA) balığın karın boşluğuna belirli oranda enjekte edilmiştir. Önceki araştırmalarda da uygulanan PHA hemen hemen aynı çözünürlükte olup çok iyi sonuçlar vermiştir (Thorgad and Disney, 1990; Collares-Pereira, 1992). PHA uygulanması oldukça

yaygındır (Kalbassi *et al.* 2006; Nasri *et al.* 2010; Ganai and Yousuf, 2011, Geng *et al.* 2013, Kılıç and Şişman, 2016; Şişman vd., 2016). PHA'dan başka hamur mayası (Naran, 1997; Naran *et al.* 2006; Nirchio *et al.* 2013) ve %0,1 CoCl₂'de mitotik aktiviteyi arttırmak için kullanılmaktadır (Knytl *et al.* 2013). Çalışmada mitotik inhibitör olarak kullanılan kolşisin miktarı %6 olarak uygulanmış ve çok iyi sonuçlar vermiştir. Kolşisin birçok araştırmacı tarafından *in vivo* mitotik inhibitör olarak kullanılmıştır (Collares-Pereira and Madeira, 1990; Guegan *et al.* 1995; Naran, 1997; Luca *et al.* 2010; Geng *et al.* 2013; Gaffaroğlu *et al.* 2013). Elbette uygulanan kolşisin miktarı ve bekleme süresi de türden türe farklılık göstermektedir. Çalışmamızda Kılıç and Şişman (2016) tarafından belirlenen yöntem birebir uygulanmıştır. Metafaz kromozomlarını elde etmek için dokular 0.075 M KCl ile muamele edilerek hücrelerin dağılması (patlaması) sağlanmıştır. Bazı araştırmacılar çoğunlukla KCl'yi 0.075 M veya % 0,56 gibi değişik oranlarda kullanmışlardır (Şahin, 2015). KCl yerine %0,4'lük NaCl tercih eden araştırmacılar da vardır (Foresti *et al.* 1992). Diğer farklı bir çözelti ise sodyum sitrat olmuştur (Nasri *et al.* 2010; Ganai and Yousuf, 2011). Muamele süresi genellikle 40-45 dakika (Collares-Pereira and Madeira, 1990; Guegan *et al.* 1995; Saygun, 2005; Geng *et al.* 2013) olmakla birlikte bu çalışmada 60 dk olarak uygulanmıştır.

Balık karyotipleri hazırlanırken fiksasyon için Carnoy fiksatif (3:1 metanol:glasiyal asetik asit) kullanılmaktadır (Guegan *et al.* 1995; Naran, 1997). Fiksatif muameleden önce taze hazırlanır ve soğuk olarak uygulanır. Naran (1997)'a göre fiksatif hücre solüsyonuna 5-7 ml eklenerek 2000 devirde santrifüj edilmek suretiyle uygulanır ve bu işlem 3 kez tekrar edilir. Çalışmamızda da aynı fiksasyon prosedürü takip edilmiştir. %5'lik Giemsa (Collares-Pereira *et al.* 1998) fikse edilen hücre içeriğinin boyanması için kullanılır. Genel olarak sazangillerde karyotip median pozisyonundan terminal pozisyona doğru derece derece küçülerek sıralanır (Rab and Collares-Pereira, 1995). Burada literatür destekli olarak açıklanan prosedür mevcut çalışmada aynen uygulanmış ve balıkların dokularından (solungaç ve böbrek) elde edilen metafaz plaklarında kromozomlar sayılarak sentromerlerine göre sınıflandırılmıştır. Böylece karyotipler çıkarılmıştır.

Balıklardaki karyotiplemede kromozom morfolojisi ve çift sayıları oldukça fazla farklılık arz etmektedir. Bunun temel nedeni olarak balık kromozomlarının çok küçük olması, sayılarının fazla olması, coğrafyadan kaynaklanan farklılıklar, kromozom boyama yöntemlerindeki değişiklikler ve ölçüm kaynaklı farklılıklar gösterilmektedir. Böylece balık kromozomları üzerinde yapılan karyotip ve diğer çalışmalarda bazı araştırmacılar farklı sonuçlara ulaşabilmektedir (Gaffaroğlu ve Yüksel 2004). Karyotipteki farklılıkların muhtemel sebebi olarak bu durum gösterilebilir.

Chondrostoma regium'a ait Doğu Anadolu Bölgesi iç sularında bugüne kadar yapılmış sitogenetik bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmada Karasu Nehri *Chondrostoma regium*'unda diploid kromozom sayısı ve kromozom morfolojisinin yanı sıra C-bant ve NOR boyama özellikleri de belirlenmiştir. *Chondrostoma regium*'un kromozom sayısı 9 çift metasentrik, 6 çift submetasentrik, 1 çift subtelosentrik ve 9 telosentrik olmak üzere $2n=50$ ve $NF=82$ bulunmuştur. *Chondrostoma regium*'un konstitütif heterokormatin bölgelerinin 1. ve 6. kromozom çiftlerinin uç kısımlarında, 13 ve 16. kromozom çiftlerinin de uzun kolunun uç kısmında lokalize olduğu ve NOR bölgesinin de 21. kromozom çiftinin uzun kolu üzerinde olduğu bulunmuştur. Tür ve populasyon içinde, eşeyler, bireyler ve dokular arasında karyotip çeşitliliğine rastlanmamıştır.

Ülkemizde balık karyotip analizi ilk kez Çolak vd. (1985) tarafından yapılmıştır. İlgili araştırmada Kangal ilçesinde (Sivas) bulunan bir dereden (Topardıç deresi) yakalanan *Cyprinion macrostomum*'un karyotipi analiz edilmiş ve karyotip formülünün $4M+26SM+18A$ ($2n=48$) olduğu bulunmuştur. Ülkemize ait *Barbus plejebus lacerta*'nın karyotipi Ergene vd. (1998) tarafından, *Cyprinus carpio*'nun karyotipi Pekol (1999) tarafından, *Alburnoides bipunctatus*, *Barbus rajanorum mystaceus*, *Capoeta trutta* ve *C. capoeta umbla* türlerinin karyotipi Kılıç ve Demirok (2000) tarafından, *Carassius auratus*'un karyotipi Aydın (2001) tarafından, *Cyprinion macrostomus* türünün karyotipi Gaffaroğlu ve Yüksel (2004) tarafından, *Alburnus heckeli*'nin karyotipi Gül et al. (2004) tarafından, *Chalcalburnus mossulensis* türünün karyotipi de 3 farklı araştırmacı tarafından (Gül et al. 2000; Gaffaroğlu ve Yüksel 2005, Şişman et al. 2016) bildirilmiştir. Sonraları bu tip çalışmalar artarak devam etmiştir. Öyleki 2420 Cyprinidae türünden 628'inin karyotipi 2011 yılı itibarı ile tamamlanmıştır (Arai, 2011).

Karasu Nehri *Chondrostoma regium* türüne ait yapılan bu çalışmada $2n=50$ kromozom sayısı tespit edilmiştir. Karyotip analizi sonucunda *Chondrostoma regium*'da 9 metasentrik, 6 submetasentrik, 1 subtelosentrik ve 9 telosentrik kromozom çifti ($18M+12SM+2ST+18T$) olduğu belirlenmiştir. Kol sayısı $NF=82$ olarak bulunmuştur. Bu türle ilgili yurdumuzda yapılmış tek bir çalışma bulunmaktadır. Kaya (2009) yaptığı çalışmada Göksu Nehri'nden (Mersin) alınan *Chondrostoma regium*'da $2n=50$ olmak üzere karyotipi 11 çift metasentrik, 4 çift submetasentrik, 3 çift subtelosentrik ve 7 çift telosentrik kromozom ($22M+8SM+6ST+14T$) olarak belirlemiştir. Kol sayısını ise $NF=86$ olarak hesaplamıştır. Dünya'da ise sadece İran'ın Fahlian Nehri'nden yakalanan *Chondrostoma regium*'un karyotipi rapor edilmiştir (Esmaili et al. 2010). İlgili çalışmada bu türün diploid kromozom sayısı $2n=52$ olarak tespit edilmiştir. Karyotip, 21 submetasentrik ve 5 subtelosentrik kromozom çiftinden oluşmaktadır ($42SM+10ST$), kol sayısı (NF) ise 58 olarak tespit edilmiştir. Sitolojik olarak da hiçbir

heteromorfik cinsiyet kromozomu bulunmamıştır. Bu iki çalışma bulgularımızla mukayese edildiğinde Göksu Nehri balığına türümüzün karyotipik olarak benzediği, ancak İran balığı ile neredeyse hiç benzemediği anlaşılmıştır. Ayrıca İran balığında kol sayısının da yanlış hesaplandığı kanaati oluşmuştur. Çünkü subtelosentrik kromozomların kol sayısı bile dikkate alınmazsa 42 submetasentrik kromozom takımında en az 84 adet kol olmak zorundadır. Bu nedenle iki tür arasında önemli farklılık oluşmuştur. Normal mukayese farklılığı ise habitatların ayrı olmasından ileri gelmektedir.

Bulgularımız *Chondrostoma* cinsleri ile yapılmış diğer çalışmalardan elde edilen sonuçlarla kısmen uyum içindedir. Gündoğdu (2016) tarafından yapılan çalışmada, Beyşehir Gölü'ndeki *Chondrostoma beysehirense*'nin karyotipi çıkarılmıştır. Diploid kromozom sayısının $2n = 50$ olarak tespit edildiği çalışmada karyotipin $20M+22SM/ST+8T$ olduğu bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada ise Büyük Menderes Nehri'nden yakalanan *Chondrostoma meandrense*'nin karyotipik özellikleri araştırılmış ve sonuçta bu türde $2n=52$ kromozom olduğu ve karyotipin $18M+6SM+6ST+22A$ (FN=82) olduğu bildirilmiştir (Uysal, 2011). Her iki çalışmada yapılan karyotipik incelemelerde, kromozom takımında eşey kromozomu farklılaşmasının olmadığı tespit edilememiştir. Öte yandan Ülkemiz dışında yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tespit edilen karyotipler *Chondrostoma nasus* için $2n=50$, $38M/SM+12T$ ve FN=88 (Barshiene, 1977), *Chondrostoma knerii* için $2n=50$, $30M/SM+20T$ ve FN=80 (Berberovic *et al.* 1970), *Chondrostoma phoxinus* için $2n=50$, $36M/SM+214T$ ve FN=86 (Berberovic *et al.* 1970), *Chondrostoma prespense* için $2n=50$, $16M+26SM+8T$ ve FN=92 (Bianco *et al.* 2004), *Chondrostoma soetta* için $2n=50$, $16M+14SM+14ST+6T$ ve FN=94 (Cataudella *et al.* 1977) şeklinde olmuştur.

Mevcut araştırma ile yapılan diğer çalışmalardaki karyotipler mukayese edildiğinde kromozom sayısı bakımından benzerlikler olsa da kromozom kol sayıları bakımından önemli farklılıklar vardır. Karyotipteki farklılığın muhtemel nedenleri arasında popülasyonla ilgili durumlar da olabilmektedir. Türüçi polimorfizm, örnekleme yerinde bulunması muhtemel alt türler ve popülasyonlar arası farklılıkların bu duruma yol açabileceği söylenebilir. Buna ilave olarak preparasyon aşamasında yaşanan kromozom kayıpları, fiks olmuş hücrelerdeki normal olmayan yerleşimler, birbirine yakın hücrelerden dağılma esnasında gelen kromozomlar, kromozomlardaki küçük kollar, yetersiz mitotik hücre sayısı, küçük olan ve birbirinden net olarak ayıramayan kromozomların kol ölçümlerindeki hatalar ve kromozom tipinin yanlış yorumlanması gibi faktörler de çalışmalar arasındaki farklılıkları açıklayabilir (Arai 2011; Khosravanizadeh *et al.* 2011). Konvansiyonel boyamaların (giemsa) yapıldığı karyotip

alışmalarının diğ er sitogenetik tekniklerle desteklenmesi gerekmektedir. Bu nedenle araştırmamızda C-bantlama ve NOR boyama metotlarından yararlanılmıştır.

C-bantlar transkripsiyonel olarak inaktif olan tekrarlı DNA sekansları içeren kurucu heterokromatin bölgeleridir (Gold *et al.* 1986). Sazangiller familyasında C-bantlama çalışmaları az sayıdadır. Karakteristik C-bant kalıpları çoğunlukla sazangillere ve diğ er teleostei gruplarına hastır. Heterokromatin farklılığı sazangillerin kromozom evol syonunda ve türlerin farklılaşmasında kullanılabilir (Gaffaroğlu and Yüksel, 2009). Yaptığımız çalışmada konstitütif heterokromatin dört çift kromozomda tespit edilmiştir. Bugüne kadar *C. regium*'la ilgili yapılmış herhangi bir C-bantlama çalışmasına ise literatürde rastlanmamıştır. Yapılan başka bir çalışmada ise Beyşehir Gölü'ndeki *Chondrostoma beysehirense*'nin kromozomlarında sentromerik ve perisentromerik C-bantlar 1, 3, 4, 7, 8 ve 15 nolu kromozomlarda gözlemlenmiştir. Diğ er kromozom çiftlerinin C-pozitif olmadığı tespit edilmiştir (Gündoğdu, 2016). Çalışma kısmen bulgularımızı desteklemektedir.

NOR bölgeler ise n kleolusların kromozomlarda temas halinde olduğu bölgeler olup rRNA transkripsiyonu yapan genler içerirler. Sistematik ve filogenetik yorumlar kromozomal NOR bilgisine dayanarak yapılabilmekte  stelik NOR fenotiplerinin tespiti yapılarak türler arasında karşılaştırmalar daha kolay yapılabilmektedir (Amemiya and Gold, 1988). NOR bölgelerinin sayısı ve konumu balık sistematığında kromozomal işaretçi olarak da kullanılmaktadır (Pereira *et al.* 2012; Rossi *et al.* 2012; Nabais *et al.* 2013). NOR bölgelerinin genellikle submetasentrik kromozomların kısa kolunun ucunda bulunduğu ifade edilmektedir (Gromicho and Collares-Pereira, 2007). Nadiren telosentrik kromozomların uzun kolunun ucunda da gözlenebilmektedir (Rab *et al.* 1990). NOR bölgesinin konumu ve aktivitesi türler arası ve içinde değişiklikler gösterebilmektedir (Ulupınar ve Alaş, 2002). Yapılan alışmamızda NOR, sadece bir çift kromozom üzerinde gözlenmiştir. *C. regium*'la yapılmış herhangi bir NOR bantlama çalışması bulunmamaktadır. Diğ er *Chondrostoma* türü ile yapılan bir çalışmada ise Beyşehir Gölü'ndeki *Chondrostoma beysehirense*'nin 6. submetasentrik kromozom çiftinin kısa kolunda NOR aktivitesinin olduğu rapor edilmiştir (Gündoğdu 2016). *Chondrostoma prespense* türünde ise bir ift NOR bölgesi kromozomlar üzerinde belirlenmiştir (Bianco *et al.* 2004). Tüm bu sonuçlar karşılaştırıldığında çalışmalar kısmende olsa araştırma bulgularımızla uyışmaktadır (Tablo 9).

Tablo 9. Türkiye ve Dünyada yaşayan *Chondrostoma* Türlerine Ait Tespit Edilen Karyotipik Özellikler

Tür	Lokalite	Kromozom sayısı (2n), FN, simetri/asimetri	Kromozom formülü	C-bant	NO R	Kaynak
<i>C. regium</i>	Erzurum	50, 82, 2.4 S/A	18M+12SM+2ST+18T	1,6,13, 16	21	Bu çalışma
<i>C. regium</i>	Mersin	50, 86, 2.24 S/A	22M+8SM+6ST+14T	-	-	Kaya, 2009
<i>C. regium</i>	İran	52, 58, 2.19 S/A	42SM+10ST	-	-	Esmaeili <i>et al.</i> 2010
<i>C.beysehirense</i>	Konya	50, 92, 2.14 S/A	20M+22SM/ST+8T	1, 3, 4, 7, 8, 15	6	Gündoğdu, 2016
<i>C.meandrense</i>	Aydın	52, 82, 2.61 S/A	18M+6SM+6ST+22T	-	-	Uysal, 2011
<i>C. nasus</i>	Bosna	50, 88, 2.28 S/A	38M/SM+12T	-	-	Barshiene, 1977
<i>C. nasus</i>	Bosna	50, 80, 2.3 S/A	15M+15SM+12ST+8T	-	-	Barshiene, 1977
<i>C. knerii</i>	Yugoslavya	50, 86, 2.56 S/A	36M/SM+14T	-	-	Berberovic <i>et al.</i> 1970
<i>C.prespense</i>	İtalya	50, 92, 2.0 S	16M+26SM+8T	-	-	Bianco <i>et al.</i> 2004
<i>C. soetta</i>	İtalya	50, 94, 2.2 S/A	16M+14SM+14ST+6T	-	-	Cataudella <i>et al.</i> 1977
<i>C.phoxinus</i>	Yugoslavya	50, 86, 2.56 S/A	36M/SM+14ST/T	-	-	Berberovic <i>et al.</i> 1970

Yukarıdaki tablo incelendiğinde *Chondrostoma regium*'un İran'dan Orta Avrupa'ya kadar en önemli ortak noktası, kromozom sayısının $2n=50$ olması ve kromozom simetri/asimetri değerinin 2.00-2.61 arasında olup biri hariç diğerlerinin “simetrik/asimetrik” kromozom yapısına sahip oluşudur. Ancak kromozom yapısında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar da genellikle submetasentrik ve subtelosentrik kromozomlardan kaynaklanmaktadır. Karasu Nehri balıklarının Göksu Nehri balıklarına karyotipik olarak benzediği, ancak İran balıklarına hiç benzemediği anlaşılmıştır.

Bilim insanları balıkların daha fazla telosentrik kromozoma sahip olan türleri ilkel olarak, metasentrik ve submetasentrik kromozomları bulunan türlerin daha gelişmiş olduğunu kabul etmektedirler (Geng *et al.* 2013, Şahin, 2015). Buna göre Tablo 1'den anlaşılabileceği gibi Metasentrik (M) ve Submetasentrik (SM) kromozomların *Chondrostoma* türlerinde sıklıkla görülmektedir. Birçok çalışmada ortaya çıkan veriler, *Chondrostoma* genomlarında M ve SM

tipi kromozomların tek kollu kromozomlardan (telosentrik) fazla olması bu genusun gelişmiş olması hipotezini destekler niteliktedir. Bu araştırmada *Chondrostoma regium*'un tespit edilen karyotipinde (18M+12SM+2ST+18T) de 30 adet çift kollu 18 adet tek kollu kromozomun olması nedeniyle, bu türün de gelişmiş olduğu söylenebilir. Aynı şekilde çift kollu kromozomları M/SM olarak düşündüğümüzde Tablo 9'da belirtildiği gibi *Chondrostoma*'ların tamamında M/SM toplamı (ortalama 34.5) T'den (ortalama 12.2) fazla görülmekte olup çalışmamız da bulduğumuz *Chondrostoma regium*'un M ve SM kromozom sayıları toplamı 30 olması türdeşlerine uyum göstermektedir.

Kromozom kol sayıları (NF) karyotipe bağlı olarak değişmektedir. Bazı durumlarda türler arasındaki farklılaşmanın belirteci olarak da kullanılmaktadır. *Chondrostoma* cinsi ile yapılan çalışmalarda NF değerleri en düşük 58 en yüksek 94 olarak görünse de çoğunlukla 80-86 arasında değiştiği görülmektedir. Bu çalışmada, NF=82 olup en çok tekrar eden değer aralığı içinde kalmıştır (Tablo 9). Öte yandan *Chondrostoma* türlerinde kromozom sayısı ve yapısı az da olsa değişiklik göstermektedir. Neredeyse tek bir tür için ayrı zamanlarda aynı bölgede çalışma yapan aynı araştırmacılar da dahi kendi buldukları sonuçlarda değişimler olduğunu rapor etmektedirler. Bu durum balıkların sitogenetiksel sonuçlarında görülebilen stabil olmayan bir durumdur (Şahin, 2015). FISH gibi moleküler sitogenetik yöntemlerin kullanıldığı çalışmaların hızla yaygınlaşarak bu konuda çıkan karmaşaları azaltabileceği tahmin edilmektedir.

SONUÇ

Fırat Nehri ve kollarında yayılış gösteren *Chondrostoma regium*'un karyotipi ile ilgili bugüne kadar yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Çalışma Fırat'ın kollarından biri olan Karasu Nehri için ilktir. Aynı nehrin Erzurum il sınırları içinde kalan bölümlerinde daha önce 2 balık türünün (*Squalius cephalus* ve *Chalcalburnus mossulensis*) karyotipik analizi Kılıç and Şişman (2016) ve Şişman vd. (2016) tarafından yapılmış olup bu üçüncü çalışma olmaktadır. Böylece Karasu Nehri'nin faunistik balık yapısı biraz daha açıklığa kavuşturulmuştur. Üstelik bu çalışmada karyotipe NOR ve C-pozitif bölgelerinin analizi de ilk kez eklenmiştir. Bununla birlikte Karasu Nehri'ndeki hem mevcut karyotipi çıkarılan türlerin hem de henüz karyotipi belirlenmemiş olan türlerin (toplam 13 tür balık olduğu düşünülmektedir) G-Band, NOR, C-pozitif bantlama yöntemlerine ilaveten moleküler boyama (FISH ve CMA3) teknikleri kullanılarak genom özelliklerinin ayrıntılı olarak açığa çıkartılmasının daha net sonuçlar sağlayacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- Al-Marjan, K. S. N. (2016). Seasonal variations and prevalence of infections of some species of ectoparasites affecting freshwater fish, *Chondrostoma regium* from Greater Zab river, Kurdistan region, Iraq. *PolyTechnic*, 6(1), 310-315.
- Al-Sabti, K., 1991. Handbook of genotoxic effects and fish chromosomes. J. Stefan Institute, Ljubljana, Yugoslavia, 221pp.
- Amemiya, C. T. and Gold, J. R. (1988). Chromosomal NORs as taxonomic and systematic characters in North American cyprinid fishes. *Genetica*, 76, 81-90.
- Arai, R., 2011. Fish Karyotypes: A check list. Springer e-book. Tokyo Berlin Heidelberg New York, 340 pages.
- Araya-Jaime, C., Palma-Rojas, C., Von Brand, E., & Silva, A. (2020). Cytogenetic characterization, rDNA mapping and quantification of the nuclear DNA content in *Seriolella violacea* Guichenot, 1848 (Perciformes, Centrolophidae). *Comparative Cytogenetics*, 14(3), 319.
- Arslan, A., & Gündoğdu, H. (2016). Cytogenetic studies on the endemic Beyşehir nase, *Chondrostoma beysehirense* (Bogutskaya, 1997) in Turkey. *Caryologia*, 69(2), 116-120.
- Ayata, M. K. 2015. Anadolu’da Yayılış Gösteren Bazı *Pseudophoxinus* (Pisces, Cyprinidae) Türlerinde Sitogenetik Araştırmalar. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 82s.
- Ayata, M. K., Unal, S., & Gaffaroglu, M. (2018). Chromosomal analysis of *Oxynoemacheilus atili* Erkakan, 2012 (Teleostei, Nemacheilidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(8), 991-994.
- Ayata, M. K., Ünal, S., & Gaffaroğlu, M. (2017). Karyotypes of *Capoeta antalyensis* (Battalgil, 1944) and *Capoeta baliki* Turan, Kottelat, Ekmekçi & İmamoğlu, 2006 (Actinopterygii, Cyprinidae). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(2), 269-273.
- Ayata, M. K., Yüksel, E., & Gaffaroğlu, M. (2016). Cytogenetic studies on six species of the leuciscine genus *Pseudophoxinus* Bleeker, 1860 (Teleostei, Cyprinidae). *Caryologia*, 69(3), 215-222.
- Aydın, D. Ö., 2001. Kızılırmak (Kayseri-Türkiye)’ta Yaşayan *Carassius auratus* (L., 1758)’un Karyotipi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3: 33-37.
- Bănărescu, P. (1991). *Zoogeography of fresh waters. Volume 2: distribution and dispersal of freshwater animals in North America and Eurasia* (pp. 519-1091). Aula-Verlag.
- Barshiene JV (1977) Karyotype studies in the under mouth *Chondrostoma nasus*. *Citologia* 19:390–392 (in Russian)
- Başusta, A., & YENİYOL, S. (2016). Atatürk Barajı Gerger Bölgesi Balık Faunasının Taksonomik Yönden İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 28(2), 43-50.
- Berberovic’ LJ, Hadz’iselimovic’ R, Sofradz’ija A (1970) Comparative review on the basic data on the chromosome complements of *Chondrostoma phoxinus* Heckel and

Chondrostoma knerii Heckel (in Serbo-Croatian with abstract in English). *Acta Biol Jug* 2:25–30

- 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.
- Bilecenoğlu, M., Kaya, M., Cihangir, B., & Çiçek, E. (2014). An updated checklist of the marine fishes of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 38(6), 901-929.
- Boroń, A., Grabowska, A., Spóz, A., & Przybył, A. (2020). B chromosomes and cytogenetic characteristics of the common nase *Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758). *Genes*, 11(11), 1317.
- Canpolat, E., Şişman, T., Yahya, T., Türkez, H. 2018. *Pelophylax ridibundus* un Karyotipik Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(3), 253-264.
- 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.
- Coad, B. W. 2010. Freshwater Fishes of Iran. at www.briancoad.com, maintained by Brian W. Coad and Nicholas P. Coad, Pure Throttle Technologies Inc., Ottawa, Ontario.
- Collares-Pereira, M. J., & Ráb, P. (1999). NOR polymorphism in the Iberian species *Chondrostoma lusitanicum* (Pisces: Cyprinidae) re-examination by FISH. *Genetica*, 105(3), 301-303.
- Collares-Pereira, M.J., 1992. First International Workshop on Fish Cytogenetic Techniques, Concarneau, France, 14-24 September.
- Collares-Pereira, M.J., Madeira, J.M. 1990. Cytotaxonomical studies in Iberian cyprinids. II. Karyology of Portuguese populations of *Barbus* Cuvier, 1817 reconsiderations on the karyological evolution of Cyprinidae. *Caryologia*, 43:17-26.
- 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.
- Cucchi, C., & Baruffaldi, A. (1990). A new method for karyological studies in teleost fishes. *Journal of Fish Biology*, 37, 71-75.
- Çiçek, E., Birecikligil, S.S., & Fricke, R. (2015). Freshwater fishes of Turkey: a revised and updated annotated checklist. *Biharean Biologist*, 9 (2), 141-157.
- Çiftçi, Y., Gül Mutlu, A., Güçlü, S. S., Turan, D., & Küçük, F. (2020). Phylogeography of the genus *Chondrostoma* Agassiz, 1835 (Teleostei: Leuciscidae) in Anatolia, as inferred from mitochondrial DNA analysis. *Zoology in the Middle East*, 66(3), 206-221.
- Çolak, A., Sezgin, D., Sürgü, Y. S., 1985. Sazangiller Familyasına (Cyprinidae) Ait Beni Balığı (*Cyprinion macrostomum* Heckel, 1843) nda Kromozomal Araştırmalar. *Doğa Türk Biyoloji Dergisi*, 9: 193-195.
- Dai, Y., & Han, H. (2018). Karyological Analysis of Two Species in the Subfamily Schizothoracinae (Cypriniformes: Cyprinidae) from China, with Notes on Karyotype Evolution in Schizothoracinae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1), 175-186.

- 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.
- Denton, T.E., 1973. Fish chromosome methodology. Charles C. Thomas Publisher, Springfield, USA, pp 166.
- Eagderi, S., Jouladeh-Roudbar, A., Birecikligil, S. S., Çiçek, E., & Coad, B. W. (2017). *Chondrostoma esmaeili*, a new cyprinid species from the Tigris river drainage in Iran (Teleostei: Cyprinidae). *Vertebr Zool*, 67, 125-132.
- Elçi, Ş., 1994. Sitogenetikte Araştırma Yöntemleri ve Gözlemler. 100. Yıl Üniversitesi Yayınları, Van, 238s.
- 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.
- Ergüden, S. A., Göksu, M. Z. L., & Avşar, D. (2010). Growth properties of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) living in Seyhan Dam Lake (Adana). *Journal of Fisheriessciences. com*, 4(4), 391-399.
- Eroğlu, H. E. (2015). Which chromosomes are subtelocentric or acrocentric? A new karyotype symmetry/asymmetry index. *Caryologia*, 68(3), 239-245.
- 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.
- Foresti, F., Almedo Toledo, L.F., Ozoufcostaz, C., 1992. First International Workshop on Fish Cytogenetic Techniques, Draft Report and Contributions. Concarneau, France.
- Freyhof, J. (2014). *Chondrostoma beysehirense*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T61366A19010470. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20141.RLTS.T61366A19010470.en>. Accessed on 19 January 2022.
- Freyhof, J., & Özuluğ, M. (2009). *Pseudophoxinus evliyaee*, a new species of spring minnow from Western Anatolia with remarks on the distribution of *P. ninae* and the systematic position of *P. fahirae* (Teleostei: Cyprinidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 20, 309-318.
- Gaffaroğlu, M. and Yüksel, E. (2009). Constitutive heterochromatin in *Acanthobrama marmid* and *Cyprinion macrostomus* (Osteichthyes, Cyprinidae). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(2), 169-172.
- 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)'in karyotipi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17:114-12.
- Gaffaroğlu, M., Ayata, M. K., Sevgi, Ü., & Kalkan, E. 2014. Chromosomal Properties of *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) (Actinopterygii, Cyprinidae). *Caucasian Journal of Science*, 1(1), 37-42.

- Gaffaroğlu, M., Karasu Ayata, M., Ünal, S., Arslan, A. 2013. Chromosomal studies of two different populations (Turkey) of *Luciobarbus escherichii* (Steindachner, 1897). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13:875-879.
- Ganai, F.A., Yousuf, A.R. 2011. A karyological analysis of *Puntius conchoni* (Hamilton, 1822) (Pisces, Cyprinidae), a new cytotype from Dal Lake Srinagar Kashmir, J&K. Indian International Journal of Fisheries and Aquaculture, 3(11): 213-217.
- Geldiay, R. ve Balık, S., 2009. Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniversitesi Basımevi, VI. Baskı, İzmir.
- Geng, L.W., Xu, W., Jiang, H.F., Tong, G.X. 2013. Karyotype analysis of *Barbus capito* (Güldenstädt, 1773) using curve measurement software. Journal of Applied Ichthyology 29: 922–924.
- Goes, C. A. G., Daniel, S. N., Piva, L. H., Yasui, G. S., Artoni, R. F., Hashimoto, D. T., ... & Porto-Foresti, F. (2020). Cytogenetic markers as a tool for characterization of hybrids of *Astyanax* Baird & Girard, 1854 and *Hyphessobrycon* Eigenmann, 1907. *Comparative Cytogenetics*, 14(2), 231–242.
- Gold, J. R., Amemiya, C. T. and Ellison, J. R. (1986). Chromosomal heterochromatin differentiation in North American cyprinid fishes. *Caryologia*, 51, 557-566.
- Gromicho, M. and Collares-Pereira, M. J. (2007). The evolutionary role of hybridization and polyploidy in an Iberian cyprinid fish-A cytogenetic review. In E. Pisano, C. Ozouf-Costaz, F. Foresti and B. G. Kapoor (Eds.). *Fish cytogenetics*. Science Publishers, USA, pp. 41-67.
- Guégan, J.F., Rab, P., Machordom, A., Doadrio, I. 1995. New evidence of hexaploidy in ‘large’ African *Barbus* with some considerations of the origin of hexaploidy. Journal of Fish Biology, 47: 192–198.
- Güçlü, S. S., Küçük, F., Turan, D., Çiftçi, Y., & Mutlu, A. G. (2018). A new *Chondrostoma* species from the Büyük Menderes River Basin, Turkey (Teleostei: Cyprinidae). *Zoology in the Middle East*, 64(4), 315-321.
- 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.
- Gündoğdu, H. 2016. Endemik Beyşehir Kababurun Balığı, *Chondrostoma Beysehirense* (Bogutskaya, 1997) Üzerine Sitogenetik Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 43 Syf.
- 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.
- Hennig, W. (1999). *Phylogenetic systematics*. University of Illinois Press.
- Howell, W. M. and Black, D. A. (1980). Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: a 1-step method. *Experientia*, 36, 1014-1015.
- İlhan, A. (2009). Threatened fishes of the world: *Chondrostoma beysehirense* Bogutskaya, 1997 (Cyprinidae). *Environmental biology of fishes*, 86(4), 483-484. DOI: 10.1007/s10641-009-9557-5

- Jouladeh-Roudbar, A. (2014): Morphological and molecular study of the genus *Chondrostoma* Agassiz, 1832 in Iran. Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. IX+76pp.
- Kalbassi, M.R., Dorafshan, S., Tavakolian, T., Khazab, M., Abdolhay, H. 2006. Karyological analysis of endangered Caspian salmon, *Salmo trutta caspius* (Kessler, 1877). Aquaculture Research, 37: 1341-1347.
- Karahan, A., 2007. *Garra rufa* ve *Garra variabilis*'in morfometrik ve sitogenetik yönden karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, 123s.
- Karasu, M., 2009. *Pseudophoxinus firsati* (Pisces: Cyprinidae)'nin karyotip özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 57s.
- Kaya, F. (2009). *Göksu Nehri'nde yaşayan bazı ekonomik balıkların karyolojilerinin incelenmesi*, Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 102.
- Khoshkholgh, M., Alavi, A., & Nazari, S. (2015). Karyotypic characterization of the pike, *Esox lucius* from the south Caspian Sea basin. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 11(1), 43-49.
- 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, D. 2013 Erzurum Karasu Nehri'nde yaşayan *Leuciscus cephalus*'un (Tatlısu Kefali) Karyotip Analizi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 49 sayfa.
- Kılıç, D., and Şişman, T. (2016). Karyotype analysis of chub, *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758) (Teleostei: Cyprinidae) from Karasu River, Erzurum, Turkey. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 14(2), 95-103.
- 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.
- Klug, W.S. and Cummings, M.R. 2009. Genetik Kavramlar (Çeviri). Palme yayıncılık, 784 s.
- Knytl, M., Kalous, L., Symonová, R., Rylková, K., Ráb, P. 2013. Chromosome Studies of European Cyprinid Fishes: Cross-Species Painting Reveals Natural Allotetraploid Origin of a *Carassius* Female with 206 Chromosomes. *Cytogenet Genome Research*, 139: 276-283.
- Kottelat, M, Freyhof, J. 2007. Subfamily Cyprininae, Carps, Barbels: Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland, pp:109-142.
- Kuru, M., 2004. Türkiye içsu balıklarının son sistematik durumu. Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 24: 1-21.
- Kuru, M., Yerli, S.V., Mangıt, F., Ünlü, E., & Alp, A. (2014). Türkiye içsularında balık biyolojik çeşitliliği. *Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture*, 1 (3), 93-120.
- Küçük, F., Çiftçi, Y., Güçlü, S. S., & Turan, D. (2021). *Chondrostoma smyrnae*, a new nase from the Tahtalı reservoir drainage in the Aegean Sea basin (Teleostei, Leuciscidae). *Zoosystematics and Evolution*, 97(1), 235-248. DOI: 10.3897/zse.97.63691

- Küçük, F., Çiftçi, Y., Güçlü, S.S., Mutlu, A.G., & Turan, D. (2023) Taxonomic review of the *Chondrostoma* (Teleostei, Leuciscidae) species from inland waters of Turkey: an integrative approach. *Zoosystematics and Evolution* 99 (1): 1-13. DOI: [10.3897/zse.99.91275](https://doi.org/10.3897/zse.99.91275)
- Küçük, F., Gümüş, E., Güllü, İ., & Güçlü, S. S. (2007). The fish fauna of the Göksu River (Türkiye): taxonomic and zoogeographic features. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 7(1), 53-63.
- Küçük, F., Turan, D., Güçlü, S. S., Mutlu, A. G., & Çiftçi, Y. (2017). Two new species of *Chondrostoma* Agassiz, 1832 (Teleostei: Cyprinidae) from the Ceyhan, Seyhan and Göksu rivers in the East Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(4), 795-803. DOI: [10.4194/1303-2712-v17_4_15](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_4_15)
- Levan, A., Fredga, K., Sandberg, A. A., 1964. Nomenclature for Centromeric Position on Chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220.
- Luca, C., Suci, R., Costache, M. 2010. Comparative karyotype in different lineages of cyprinid fish (Teleostei: Cypriniformes: Cyprinidae). *Studia Universitatis "Vasile Goldiș" Seria Științele Vieții*, 20(1): 37-41.
- Macgregor, H.C. (1993). An introduction to animal cytogenetics. London, UK, Chapman & Hall Press., 238 pp.
- Matur F., 2009. Batı Türkiye *Nannospalax* (mammalia: rodentia) Kromozomal formlarının G ve C bantlama yöntemleriyle karşılaştırılması, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Mayr, E. (2015). Principles of systematic zoology. Scientific Publishers.
- Mayr, E., & Bock, W. J. (2002). Classifications and other ordering systems. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 40(4), 169-194.
- Moreva, I. N. (2020). The karyotype of the brightbelly sculpin *Microcottus sellaris* (Gilbert, 1896) (Cottidae: Myoxocephalinae). *Russian Journal of Marine Biology*, 46(1), 29-33.
- Nabais, C., Rampin, M. and Collares-Pereira, M. J. (2013). Comparative cytogenetics of two endangered leuciscine fish, *Squalius aradensis* and *S. torgalensis* (Teleostei, Cyprinidae), from the Iberian Peninsula. *Comparative Cytogenetics*, 7(1), 33-42.
- Naran, D. 1997. Cytogenetic studies of *Pseudobarbus* and selected *Barbus* (Pisces: Cyprinidae) of southern Africa. M.Sc. thesis, Rhodes University, Grahamstown, South Africa.
- Naran, D., Skelton, P.H., Villet, M.H. 2006. Karyology of the redfin minnows, genus *Pseudobarbus* Smith, 1841 (Teleostei: Cyprinidae): one of the evolutionarily tetraploid lineages of South African barbines. *African Zoology*, 41(2): 178-182.
- Nasri, M., Keivany, Y., Dorafshan, S. 2010. First karyological analysis of smallmouth loach, *Cyprinion kais* Heckel, 1843, an endemic Cyprinid fish from the Tigris–Euphrates Basin. *Italian Journal of Zoology*, 77: 272–276.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the world. John Wiley & Sons, New York.
- Nirchio, M., Mujica, A., Oliveira, C., Granado, A., Mora, J., Hett, A.K., Rossi, A.R., Milana V., Sola, L. 2013. *Pseudoplatystoma metaense* and *P. orinocoense* (Siluriformes: Pimelodidae) from the Orinoco basin, Venezuela: cytogenetic and molecular analyses. *Italian Journal of Zoology*, 80(4): 526–535.
- Oymak, S. A. (2000). Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un büyüme özellikleri. *Turkish Journal of Zoology*, 24, 41-50.

- Örs, T., 2003. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Böbrek Doku Örnekleri ile Karyotip Oluşturulması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 20: 497-501.
- Özcan, G. (2008). Threatened fishes of the world: *Chondrostoma meandrense* Elvira, 1987 (Cyprinidae). *Environmental biology of fishes*, 83(3), 297-298.
- Pekol, S., 1999. Kastamonu Beyler ve Germeçtepe Barajlarındaki *Cyprinus carpio* (L., 1758) ve *Leuciscus cephalus* (L., 1758) populasyonlarının karşılaştırmalı karyotip analizi ve morfolojileri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 69s.
- Pereira, C. S. A., Ráb, 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.
- Ráb, P. and Collares-Pereira, M. J. (1995). Chromosomes of European cyprinid fishes (Cyprinidae, Cypriniformes): A review. *Folia Zoologica*, 44(3), 193-214.
- Ráb, P., Rábová, M., Pereira, C. S., Collares-Pereira, M. J., & Pelikánová, Š. (2008). Chromosome studies of European cyprinid fishes: interspecific homology of leuciscine cytotoxic marker—the largest subtelocentric chromosome pair as revealed by cross-species painting. *Chromosome Research*, 16(6), 863-873.
- Ráb, P., Roth, P., Arefjev, V. A. (1990). Chromosome studies of European Leuciscine fishes (Pisces, Cyprinidae) karyotype of *Aspius aspius*. *Caryologia*, 43 (3-4), 249-255.
- Rieseberg, L. H. (2001). Chromosomal rearrangements and speciation. *Trends in ecology & evolution*, 16(7), 351-358.
- Rossi, A. R., Milana, V., Hett, A. K. and Tancioni, L. (2012). Molecular cytogenetic analysis of the Appenine endemic cyprinid fish *Squalius lucumonis* and three other Italian leuciscines using chromosome banding and FISH with rDNA probes. *Genetica*, 140, 469-476.
- Saygun, S. (2021). Cytogenetical studies in Turkey: Fish (Vertebrata, Pisces). *Turkish Journal of Bioscience and Collection*, 5, 83-107.
- Saygun, S. 2005. Karadeniz'de Yaşayan Çeşitli Yassı Balıkların (Pisces, Pleuronectiformes) Kromozom Yapılarının Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Sevindik, M. 2013. Türkiye Talpa Linnaeus, 1758 (Mammalia: Soricomorpha) Türlerinin G ve C Bantlama Özelliklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sneath, P. H., & Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy*. The principles and practice of numerical classification. Freeman and Co, San Francisco.
- Sola, L., Cataudella, S., & Capanna, E. (1981). New developments in vertebrate cytotoxicology III. Karyology of bony fishes: a review. *Genetica*, 54, 285-328.
- 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.
- Sukham, S., Chingakham, B., Thoidingjam, L., Waikhom, G., Kumar, R., & Kushwaha, B. (2015). Cytogenetic characterization of *Pethia meingambii* (Arunkumar and Tombi,

- 2003) (Cypriniformes: Cyprinidae): karyotypic evolutionary and taxonomic perspectives. *Int J Res Fish Aquacult*, 5(4), 156-162.
- Sumner, A. T. (1972). A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Experimental Cell Research*, 75, 304-306.
- Sumner, A.T. 2008. Chromosomes: Organization and Function. Blackwell Publishing, 275 s.
- Şahin, T.A. 2015. İlica Deresi'nde (Fatsa/Ordu) Yaşayan *Barbus Tauricus* Kessler, 1877 (Pisces; Cypriniformes)'ın Karyotip Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, 87s.
- Şişman, T., Şanlı, F., Yahya, T., & Kılıç, D. (2016). Karyotype Characteristics of *Chalcalburnus mossulensis* (Heckel, 1843) from Karasu River, Erzurum. *Aquaculture Studies*, 16(4), 281-292.
- Tan, X., Qin, J.G., Chen, B., Chen, L., & Li, X. (2004). Karyological analyses on redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*, 234, 65-76.
- Thorgard, G. H. and Disney, J. E., 1990, Chromosome Preparation and Analysis. Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, 171-187.
- Topaktaş M., Rencüzoğulları E., 2010. Sitogenetik. Nobel Yayınları, 17-18.
- Uğurlu, S., Polat, N., & Kandemir, Ş. (2009). Changes in the Lake Ladik fish community (1972-2004) and ichthyofauna of its inlet and outlet streams (Samsun, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 33(4), 393-401.
- Ulupınar, M. ve Alaş, A. (2002). *Balık Sitogenetiği ve Laboratuvar Teknikleri*. (1. Baskı). Isparta/Türkiye: Tuğra Matbaası, 1-66, 148-157.
- Unal, S., Gaffaroğlu, M., Ayata, M. K. and Yüksel, E. (2014). Karyotype, C-banding and AgNORs of two endemic leuciscine fish, *Pseudophoxinus crassus* (Ladiges, 1960) and *P. hittitorum* Freyhof & Özulug, 2010 (Teleostei, Cyprinidae). *Comparative Cytogenetics*, 8(4), 249-257.
- 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.
- White, M. J. D. (1969). Chromosomal rearrangements and speciation in animals. *Annual review of genetics*, 3(1), 75-98.
- Winston, J. E., & Disney, H. (2000). Describing species: practical taxonomic procedure for biologists. *Nature*, 405(6787), 619.
- Wright, C. A. (1959). The application of paper chromatography to a taxonomic study in the molluscan genus *Lymnaea*. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 44(296), 222-237.
- Wright, C. A. (1974). Biochemical and immunological taxonomy of animals. Academic Press, London and New York.
- Yeğen, V., balık, S., Bostan, H., Uysal, R., Bilçen, E. 2006. Göller bölgesindeki bazı göl ve baraj göllerinin balık faunalarının son durumu. 1.ulusal balıklandırma ve rezervuar yönetimi sempozyumu, 7-9 Şubat 2006, Antalya.
- Yılmaz, İ. 2012. Taksonomik Zoolojinin Prensipleri ve Metodları. Sürat Üniversite yayınları, 245.
- Yılmaz, İ., 1997. Sitolojik ve Karyolojik Özellikler. Taksonomik Zoolojinin Prensipleri ve Metodları (Hayvan Taksonomi Dersleri), Oran Yayıncılık, İzmir, 59-126.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Büşra YAMAÇ
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Lisans:	Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens, Biyoloji Anabilim Dalı (2023)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Orta
Tezden Üretilmiş Yayınlar	
Yamaç, B., & Şişman, T. (2023). Karyotypic analysis of <i>Chondrostoma regium</i> (Teleostei: Leuciscidae) distributed in the Karasu River (Erzurum). <i>Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences</i> , 40(1), 62-68.	