

Araştırma Makalesi
Research Article

Karasu Nehri'ndeki Su Kirliliğinin *Barbus plebejus*'daki Genotoksik Etkileri

Zehra YAZICI, Turgay ŞİŞMAN*

Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü 25240 Erzurum.

* Sorumlu yazar tel: :+90 442 231 4337
e-posta: tsisman@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.06.2014
Kabul Tarihi:22.01.2015

Abstract

Genotoxic Effects of Water Pollution on *Barbus plebejus* Living in Karasu River, Erzurum

Karasu River, which is the only river in the Erzurum plain, is the source of the river Euphrates (Eastern Anatolia of Turkey). The river is in a serious environmental situation as a result of pollution by agricultural and industrial sewage and domestic discharges. In this study, the genotoxic effects of toxic metals were investigated on the fish species (*Barbus plebejus*) collected from contaminated site of the Karasu River, in comparison with fish from a non-polluted reference site. Some heavy metals (Cd, Al, As, Pb, Cu, Mn, Cr) concentrations in surface water of the river were determined. The condition factor (CF) was taken as a general biomarker of the health of the fish, and genotoxicity assays such as micronucleus (MN) and other nuclear abnormalities (NA) were carried out on the fish studied. MN and NA such as kidney-shaped nucleus, notched nucleus, binucleated, lobed nucleus and blebbed nucleus were assessed in peripheral blood erythrocytes, gill epithelial cells and liver cells of the fish. A significant variation in CF values associated with a significant elevation in MN and NA frequencies was observed in fish collected from the polluted sites compared with those from the reference site. In conclusion, high concentrations of heavy metals have a potential genotoxic effects, and the toxicity is possibly related to industrial, agricultural and domestic activities.

Keywords: Biomonitoring, Freshwater fish, Toxicity.

Özet

Erzurum Ovası'nın tek nehri olan Karasu Nehri, Doğu Anadolu'daki Fırat Nehri'nin de kaynağını oluşturmaktadır. Tarımsal ve endüstriyel atıklar ile şehir kanalizasyon sistemlerinin nehre deşarjı sonucu ciddi olarak birtakım kirlilik problemleri ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada nehir suyundaki toksik metallerin genotoksik etkileri nehrin iki farklı noktasında belirlenen istasyonlarda (kirlenmiş alan ve kirlenmemiş referans alan) yakalanan *Barbus plebejus* türü balıklar üzerindeki etkisi araştırıldı. Nehrin yüzey suyunda bulunan bazı ağır metallerin (Cd, Al, As, Pb, Cu, Mn, Cr) konsantrasyonları ölçüldü. Balık sağlığının genel bir belirteci olarak Kondisyon Faktörü (KF) hesaplandı. Genotoksik araştırmalarda mikroçekirdek (MÇ) oluşumu ve diğer çekirdek anormallikleri (ÇA) *Barbus plebejus* balık türünde araştırıldı. Balığın kanındaki eritrositlerde, solungaç epitel hücrelerinde ve karaciğer hücrelerinde MÇ, böbrek şekilli çekirdek, çentikli çekirdek, çift çekirdek, loplu çekirdek ve tomurcuklu çekirdek gibi çekirdek anormallikleri tespit edildi. Kirlenmemiş referans alanı ile kirlenmiş nehir alanı karşılaştırıldığında, MÇ ve ÇA frekansında kirlenmiş alan balıklarında bir artışın olduğu, KF değerinin ise değiştiği görüldü. Ağır metal konsantrasyonundaki artışın potansiyel genotoksik etkilere sahip olduğu ve bu toksisitenin endüstriyel, tarımsal ve evsel atıkların nehre deşarjı sonucu olabileceği kanaatine varıldı.

Anahtar Kelimeler: Biyogözlem, Tatlısu balıkları, Toksikite.

Giriş

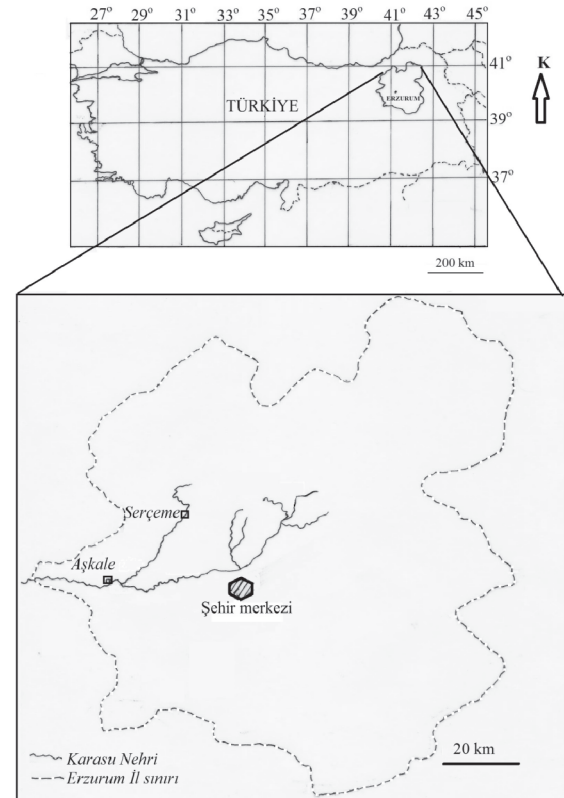
Su kaynaklarının kirliliği günden güne artan çok önemli bir çevre problemidir. Konu ile ilgili çıkarılan yasalara rağmen nehirlere, denize ve göllere boşaltılan toksik kirleticiler, yerel ve endüstriyel atıklar sucul kirlenmenin temel kaynakları oluşturmaktadır. (Ergene vd., 2007). Su ortamı ve bu ortamda yaşayan canlılar, çevresel kirlilikten çok fazla etkilenmekle beraber kirliliğin tespitinde de birer indikatör görevindedirler. Çünkü hava ve toprağı kirleten toksik maddeler bir şekilde su ortamına ulaşmakta ve orada birikmektedir (Gül, 2008). Su ortamına bırakılan toksik maddelerin insanlara kadar ulaşması ve özellikle besin olarak vücuda alınması insanlarda da birtakım yan etkilere yol açabilir. Yapılan araştırmalar su kaynaklarına yakın bölgelerde yaşayan insanlarda düşük doğum oranı, doğum anormalliklerinde ve bazı kanser tiplerinde artış gibi olumsuz etkiler olduğunu göstermiştir (Deguchi vd., 2007). Özellikle organik kirleticiler balıklarda kalıcı hasarlara yol açarak insanlar tarafından tüketildiği takdirde uzun vadede kanser oluşumuna varan olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Benzer şekilde ağır metal birikimi de sinir sistemi, böbrek ve karaciğer rahatsızlıklarına yol açabilmektedir (Cihangir ve Küçüksezgin, 2001). Bu nedenle, su kaynaklı kirleticilerin su ortamındaki canlılarda (özellikle balıklarda) nasıl bir etkiye sahip olduğunun iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu sebeplerle son yıllarda, sucul ortamdaki kimyasalların genotoksisite potansiyellerinin insan sağlığı üzerine zararlı etkileri ile genotoksik ajanların tespitine yönelik çalışmalarda büyük bir artış görülmektedir (Bombardier vd., 2001).

Su ortamındaki kirlenmenin bu denli artması ve alınan tedbirlerin yetersizliği kirliliği daha ciddi boyutlara ulaştırmakta ve tüm ekosistem için önemli bir risk oluşturmaktadır. Bu amaçla kirlenmenin fazla olduğu su

ortamlarındaki toksisitenin hangi boyutta olduğu ve maruziyetin hem sucul ekosistem hem de toplum sağlığı açısından ne gibi sonuçlar meydana getireceği tespit edilmelidir. Bu çalışma ile Erzurum ili sınırlarında doğan ve il içindeki endüstri, sanayi, kanalizasyon, tarım ve evsel atıkların deşarj edildiği Karasu Nehri'ndeki kirliliğin, nehirde yaşayan *Barbus plebejus* türleri üzerine muhtemel toksik etkilerinin *in vivo* sitogenetik yöntemlerle tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Araştırmamızda kirlilik durumu göz önüne alınarak 2 istasyon seçilmiştir. Bunlardan ilki Karasu Nehri'ndeki kirliliğin hat safhaya ulaştığı düşünülen Aşkale ilçesinin çıkışı, diğer istasyon ise gerisinde herhangi bir yerleşim yeri olmayan ve üzerinde Kuzgun Barajı inşa edilmiş olan Serçeme Deresi olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Karasu Nehri ve örneklemenin yapıldığı istasyonlar.

Her istasyondan aynı aylar içerisinde (Mayıs, Haziran ve Temmuz 2012) balık örnekleri ve su numuneleri alınmıştır. Su örnekleri yüzeyden 0,5 m derinlikten alınmış ve atomik absorpsiyon spektrofotometre ile örneklerdeki ağır metaller tespit edilmiştir. Analizlerde Perkin Elmer 306 model Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre cihazı kullanılmıştır (AP-HA-AWWA-WPCF, 1998).

Çalışmada seçilen merkezlerin doğal faunasını oluşturan balıklardan *Barbus plebejus* türü kullanılmıştır. Bunun için gerekli izinler olan Atatürk Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan Etik Kurulu İzni (Sayı: 36643897-132), Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakan-lığı'ndan Araştırma İzni (Sayı: 67852565 / 140.03.03-863), Orman ve Su İşleri Bakan-lığı'ndan Araştırma İzni (Sayı: 72784983-488.04-63471) çalışma başlamadan önce ilgili yerlere müracaat edilerek alınmıştır. Mikroçekirdek ve çekirdek anormalliklerinin değerlendirilmesi için her istasyondan en az 5 balık ve her dokudan 5 preparat hazırlanmıştır. Çekirdek anormallikleri Carrasco vd., (1990) çalışmasına göre sınıflandırılmıştır. Her preparatta 1000 hücre sayılarak çekirdek anormalliği tespiti yapılmıştır.

Laboratuara canlı olarak getirilen balıklar dekapite edildikten sonra boyları ölçülmüş ve ağırlıkları alınmıştır. Daha sonra balığın kuyruk toplardamarından alınan kan örnekleri ile yayma preparatlar hazırlanmıştır. Hazırlanan preparatlar havada kurutulduktan sonra 20 dk. saf etanolde fiske edilmiştir. Bu işlemden sonra tekrar kurutulan preparatlar %5' lik Giemsa ile 30 dk boyanmıştır. Boyama işleminden sonra saf sudan geçirilen preparatlar kurutularak mikroskop altında (100x büyütme ile) sayılmıştır. Solungaç ve karaciğerler ise Carnoy ile fikse edilmiş, küçük parçalara ayrıldıktan sonra 15-30 dakika asetik asitte bekletilmiş ve hazırlanan yayma preparatlar

%5' lik Giemsa ile 30 dk boyanmıştır.

Kondisyon faktörü (KF) tespiti için balığın gonadları çıkarılarak tartılmış ve şu formülle hesaplanmıştır:

$$KF = (\text{Toplam Vücut Ağırlığı-Gonad Ağırlığı} / \text{Balık Boyu}^3) \times 100.$$

Elde edilen verilerin değerlendirmeleri çoklu varyans analizi (MANOVA) ile gerçekleştirilmiştir. Varyans analizindeki çoklu karşılaştırmalar için LSD (Least Significant Difference) testi uygulanmıştır. Tüm istatistiksel analizler için SPSS 16.0 Software bilgisayar programı kullanılmıştır.

Bulgular

İstasyonlardan alınan örneklerde tespit edilen ağır metal oranları ve TS 266'ya göre kabul edilebilir ağır metal oranları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tespit edilen toplam ağır metal konsantrasyonları Serçeme istasyonunda Aşkale istasyonuna göre daha düşük seviyelerde tespit edilmiştir. Aşkale istasyonu yüzey suyunda tespit edilen Cd, Al, As, Pb ve Mn oranları Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen seviyelerin üzerinde bulunmuştur (TSE 2005).

Yapılan sitogenetik çalışmalar sonucunda periferik kan hücrelerinde 5 farklı çekirdek anormalliği tespit edilmiştir. En çok tespit edilen anormallik mikroçekirdek (MÇ) (Şekil 2A) oluşumdur. Eritrositlerde MÇ dışında tespit edilen diğer çekirdek anormallikleri; çekirdeğin içeriye doğru girinti yaptığı böbrek şekilli çekirdek (kidney shaped nucleus) (Şekil 2B), iki çekirdeğe sahip olan hücreler çift çekirdekli (binükleus) (Şekil 2C), vakuelleri olan çekirdekler çentikli çekirdek (notched nukleus) (Şekil 2D), tomurcuklu çekirdeklerden daha büyük çıkıntılara sahip ve loplul bir görüntü sergileyen çekirdekler loplul çekirdek (lobbed nukleus) (Şekil 2E) ve son olarak tomurcuklu çekirdek (blebbed nukleus)

(Şekil 2F) olup hepsi eritrositlerde tespit edilmiştir. Solungaç (Şekil 2G) ve karaciğer (Şekil 2H) epitel hücrelerinde ise sadece MÇ oluşumu gözlenmiştir.

Belirlenen anormalliklerin Aşkale istasyonu balıklarında önemli ölçülerde arttığı tespit edilmiştir (Tablo 2 ve Tablo 3).

Sitogenetik analizler dışında 3 farklı ayda 2 farklı istasyondan yakalanan balıkların Kondisyon Faktörleri de hesaplanmış (Tablo 4) ve Aşkale istasyonundan yakalanan balıkların KF değerinin diğer istasyona göre daha fazla olduğu bulunmuştur.

Tablo 1. Aşkale ve Serçeme Deresi'nden alınan su örneklerinde bulunan ağır metal oranları ve İnsani tüketim amaçlı sularda kabul edilebilir ağır metal oranları

Metaller	TS 266 ^a	Serçeme İstasyonu	Aşkale İstasyonu
Cd (µg/L)	5,00	<0,05	7,10*
Al (µg/L)	200	69,20	287,80*
As (µg/L)	10	2,20	12,50*
Pb (µg/L)	10	3,05	11,30*
Cu (mg/L)	2	<0,10	0,15
Mn (µg/L)	50	23,40	85,35*
Cr (µg/L)	50	16,30	45,80

* TS266 ve istasyonlar arasındaki farklılıkları göstermektedir. ^a TSE 2005.

Tablo 2. Periferik kan hücrelerinde belirlenen çekirdek anormallikleri frekansları (% Ort ± S.H.)

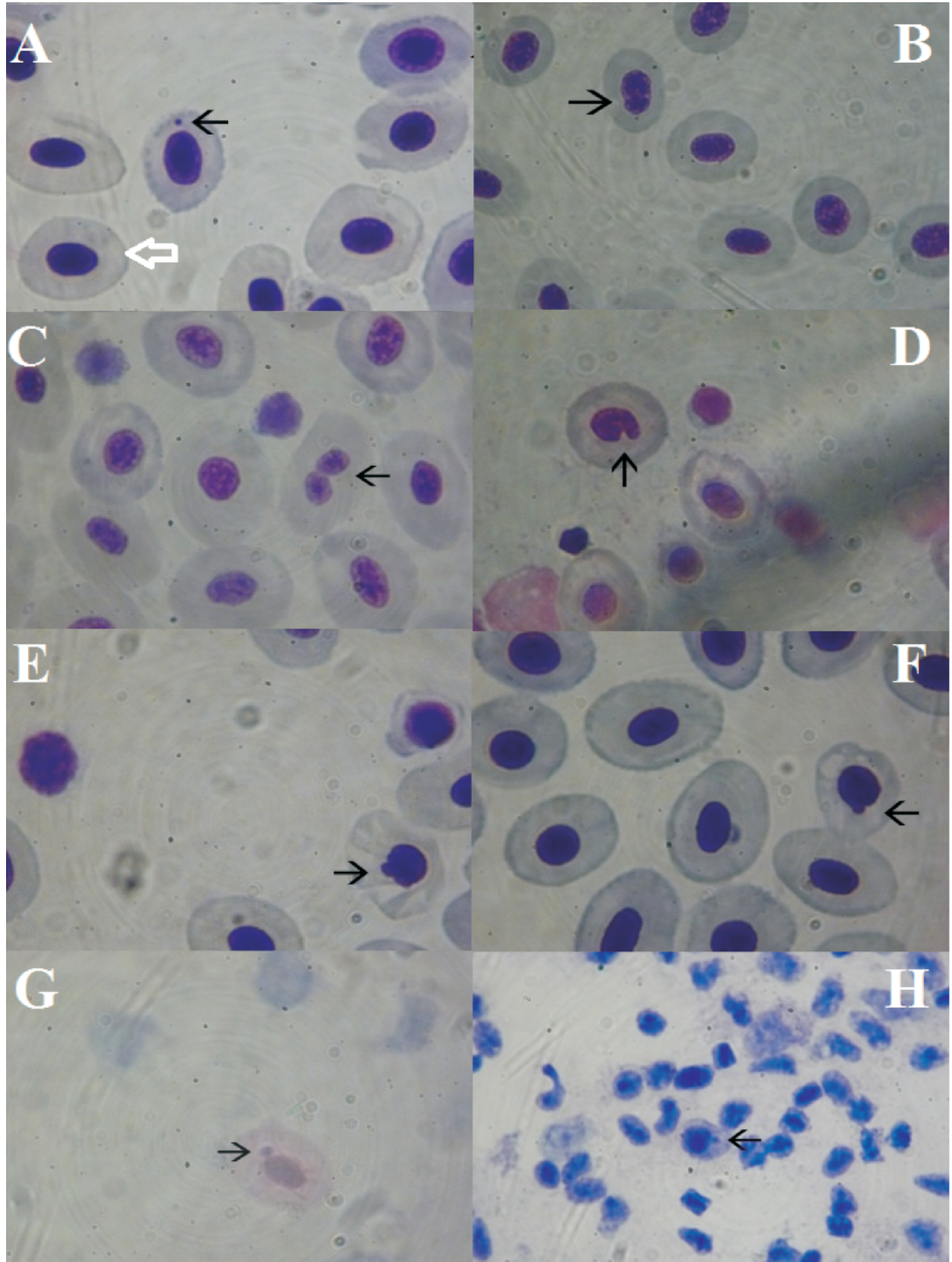
İstasyon	Mikro çekirdek	Böbrek şekilli çekirdek	Çift çekirdek	Çentikli çekirdek	Loplu çekirdek	Tomurcu klu çekirdek
Aşkale	2.00 ±0.58	3.80±0.83	0.60 ±0.04	2.08±0.33	0.60±0.04	1.00 ±0.07
Serçeme	1.00 ±0.10	1.40±0.14	0.20 ±0.04	1.60±0.14	0.80±0.03	0.40 ±0.04

Tablo 3. Solungaç ve karaciğer epitel hücrelerinde belirlenen MÇ frekansları (% Ort ± S.H.)

İstasyon	Solungaç	Karaciğer
Aşkale	12,00 ± 2,00	10,60 ± 1,14
Serçeme	2,40 ± 1,10	2,00 ± 0,70

Tablo 4. 2012 yılında yakalanan balıkların KF değerleri

İstasyon	Toplam balık sayısı	Uzunluk (Min-Max)	Ağırlık (Min-Max)	KF (Ortalama)
Aşkale	15	9,0-23,0	17.5-92,4	2,40
Serçeme	15	8,5-22,4	16,6-85,8	1.28



Şekil 2. *Barbus plebejus*'da tespit edilen eritrositik çekirdek anomallileri. A) normal (beyaz ok) ve mikro çekirdekli eritrosit (siyah ok), B) böbrek şekilli çekirdek, C) çift çekirdekli eritrosit, D) çentikli çekirdek, E) loplu çekirdek, F) tomurcuklu çekirdek G) Solungaç epitel hücresinde mikro çekirdek ve H) Karaciğer epitel hücresinde mikro çekirdek oluşumu (Giemsa, x100).

Tartışma

Sucul ortamlarda meydana gelen kirlilik, bazı yerlerde tehlikeli boyutlara ulaşarak sucul ekosistemlerin kendi kendini temizleme kapasitesini bozmaktadır. Bu yüzden su ortamında meydana gelen tehlikenin belirlenmesi açısından sucul organizmalardan yararlanılmaktadır. Buradan yola çıkarak bu çalışma ile Erzurum ili içinde yerleşim merkezlerinden geçerek suyunu Fırat Nehri'ne ulaştıran Karasu Nehri'ndeki kirliliğin nehrin doğal faunası üzerindeki genotoksik etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Karasu Nehri'ni birçok yan dere beslemektedir. Bu derelerin çoğu yazın Karasu'ya ulaşmadan kurumaktadır. Karasu Nehri belirli bir kesimden sonra şehrin kanalizasyon atıklarını, sanayi bölgesinin, et kombinalarının, şeker, çimento ve boya fabrikalarının atıklarını alarak büyük ölçüde kirlenmektedir. Eylül ayı içerisinde başlayan şeker fabrikasının pancar kampanyası döneminde nehirdeki bulanıklık hat safhaya ulaşmaktadır. Bunların yanı sıra bölgesel önemi çok büyük olan Karasu Nehri'nde toplu balık ölümleri 10 yıl ara ile iki defa tekrarlanmış ve suyun kirlilik boyutunu gözler önüne sermiştir (Sönmez, 2011). Yaptığımız çalışmada Karasu Nehri üzerinde belirlenen iki istasyondan (Aşkale ve Serçeme) yakalanan *Barbus plebejus* türü üzerinde su kirliliğinin etkileri sitogenetik yöntemlerle belirlenmiştir. Bu amaçla balıkların eritrositlerinde, solungaç ve karaciğer epitel hücrelerinde çeşitli çekirdek anormallikleri tespit edilmiştir. Ayrıca aynı bölgelerden alınan yüzey suyu örneklerinde de ağır metal analizleri yapılmıştır. Çalışma sonunda Aşkale istasyonundaki kirliliğin özellikle ağır metal yönünden Serçeme'ye oranla önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Bu bulgu Aşkale istasyonu balıklarında tespit edilen çekirdek anormalliğinin diğer istasyonlardan fazla çıkmasıyla da doğrulanmıştır. Üstelik Aşkale balıklarındaki yüksek KF değeri bu balıkların üreme kapasitelerinin

düşmesiyle sayılarının da azalabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Literatürde Karasu Nehri'ndeki kirlilik ile ilgili olarak yapılmış olan birkaç çalışma da bulgularımızı destekler niteliktedir.

Yazıcı ve Şişman (2014), aynı nehirde yaşayan *Capoeta capoeta* ve *Leuciscus cephalus* balık türleri ile yapmış oldukları çalışmada her iki balık türünde su kirliliğine bağlı olarak genotoksik etkilerin ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada Daniş (1996), Erzurum Et Kesimhanesi, et işleme tesisleri ve yerleşim yeri atık sularının Karasu Nehri'ne olan etkilerini incelemiş, 8 ayrı noktadan alınan su örneklerinin laboratuvar analizi sonucunda en fazla kirliliğe et kesim noktasından alınan örneklerde rastlanıldığını belirtmiştir.

Bu kirliliğin kesim esnasında arta kalan atıklar, yağlar, kıl, et parçaları vb. atıkların atık su kanalına boşaltılması ile toplam katı madde derişiminin artmasıyla gerçekleştiğini bildirmiştir. Şişman vd. (2008), Erzurum'da faaliyet gösteren bir yağ fabrikasının atıklarının Karasu Nehri'ne karıştığı bölgedeki su kirliliğinin tespiti için yapmış oldukları *in vivo* çalışmasında, su örneklerinin Zebra balığı (*Danio rerio*) embriyolarında gelişimde gerilemeye, teratojeniteye ve koryondan çıkışta gecikmeye neden olduğunu tespit etmişler ve buna neden olarak fabrika atıklarıyla suya karışan ağır metalleri göstermişlerdir. Araştırma aynı yolla yakaladığımız balıkların etkilendiğini doğrulaması açısından çok önemlidir. Türkez vd. (2009), Erzurum Ilıca ilçesinde Karasu Nehri'ne dökülen bir yağ fabrikasının atıklarının genotoksik etkisini insan kan hücrelerinde SCE yöntemi ile araştırmışlar ve çalışma sonucunda atık su örneklerinin SCE frekansını önemli ölçüde arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca SCE frekansını ile atık su konsantrasyonları arasında pozitif bir korelasyonun varlığını rapor etmişlerdir. Yine yapılan bu çalışma yakaladığımız balıklardaki genotoksisiteyi doğrudan desteklemesi açısından çok önemlidir. Karasu

Nehri'ndeki tarımsal ve endüstriyel kaynaklı sucul kirlenmenin doğal fauna ve florayı olumsuz yönde etkilediği yaptığımız bu çalışmanın ve diğer çalışmaların bulguları ile ortaya çıkmaktadır. Yurdumuzun diğer akarsularında yapılmış olan benzer çalışmalardan da aynı sonuçların elde edilmiş olması su kirliliğinin sucul ekosistem üzerine önemli bir tehdit oluşturduğunun bir işaretidir. Koca vd. (2005) Çine Çayı'nda yaşayan *Lepomis gibbosus* balığı üzerine su kirliliğinin toksik etkilerini araştırmışlar ve suda bulunan yüksek metal iyonu konsantrasyonunun balığın solungaç, karaciğer ve kas dokusunda patolojik anomalilere, eritrositlerinde de MÇ oluşumuna neden olduğunu tespit etmişlerdir. Koca vd. (2008), Büyük Menderes Nehri'nde yaşayan iki balık türü (*Barbus capito pectoralis* ve *Chondrostoma toxostoma*) üzerine su kirliliğinin genotoksik ve histopatolojik etkilerini araştırmışlar ve sonuçta Zn seviyesi yüksek olan yüzey suyunun genotoksiteyi önemli ölçüde etkilemediği, ancak balık solungaç epiteli ve karaciğerinde patolojik bozukluklara yol açtığını bulmuşlardır. Ergene vd. (2007), şehir kanalizasyon atıkları ve endüstriyel atıklarla kirlenen Mersin'deki Berdan Nehri'nde yaptıkları araştırmada farklı alanlardan su örnekleri toplamış ve laboratuvar ortamında *Oreochromis niloticus* balıklarını bu numunelere 6 gün süreyle maruz bırakmışlardır. Deneme sonunda eritrosit, solungaç epitel hücresi ve kuyruk epitel hücrelerinde MÇ, çift çekirdek, loplu çekirdek, çentikli çekirdek gibi çekirdek anomalilerinin ağır metal içeriğine bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir.

Dünya'da yapılan çok sayıda araştırma fabrika, yerleşim yeri ve tarımsal kaynaklı atıkların su sistemine karıştıktan sonra ekosistem üzerine olumsuz etkiler yaptığını göstermektedir. Bu araştırmalar daha çok akarsular üzerinde yoğunlaşmıştır. Matsumoto vd. (2006), nehir sularıyla yaptıkları bir çalış-

mada özellikle Cr içeren bölgelerdeki su örneklerine maruz kalmış İsrail Sazanı eritrositlerinde yüksek oranda MÇ ve çekirdek anormalliğine rastlamışlardır. Omar vd. (2012), aşırı derecede kirlenmiş habitatlardaki ağır metallerin *Oreochromis niloticus* ve *Mugil cephalus* üzerine genotoksik etkilerini MÇ testi ile araştırmışlar, MÇ ve çekirdek anormalliklerinin frekanslarında önemli bir artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Sonuç olarak araştırma yaptığımız yerlerden Aşkale istasyonundaki kirliliğin hem su analizleri, hem balık sitogenetik analizlerine ve hem de yüksek KF değerine dayanarak Serçeme istasyonundan fazla olduğunu söyleyebiliriz. Karasu Nehri'ne atık bırakılmaya devam edildikçe bu kirliliğin git gide artacağı da bir gerçek. Özellikle metal konsantrasyonlarında önemli artışların olacağı öngörülmektedir. Bu nedenle nehirdeki kirlilik kimyasal analiz ve biyolojik araştırmalarla sürekli takip edilmelidir.

Kaynaklar

- APHA, AWWA, WPCF. 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, DC.
- Bombardier, M., Birmingham, N., Legault, R. ve Fouquet A. 2001. Evaluation of an SOS Chromo test-based approach for the isolation and detection of sediment-associated genotoxins. *Chemosphere*, 42 (8), 931-44.
- Carrasco, K. R., Tilbury, K. L. ve Myers, M. S. 1990. An assessment of the piscine micronucleus test as an in-situ biological indicator of chemical contaminant effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 47 (11), 2723-2136.
- Cihangir, B. ve Küçüksezgin, F. 2001. İzmir Körfezi; Kirlenme ve Balıklar. Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İzmir.
- Danış, Ü. 1996. Et işleme tesisleri ve yerleşim yeri atıklarının karasu nehrine etkisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2 (1), 9-14.

- Deguchi, Y., Toyozıımı, T., Masuda, S., Yasuhara, A., Mohrı, S., Yamada, M., Inoue, Y. ve Kınae, N. 2007. Evaluation of mutagenic activities of leachates in landfill sites by micronucleus test and comet assay using goldfish. *Mutation Research*, 627 (2), 178-185.
- Ergene, S., Çavas, T., Çelik, A., Köleli, N., Kaya, F. ve Karahan, A. 2007. Monitoring of nuclear abnormalities in periphera lerthrocytes of three fish species from Göksu delta (Turkey): genotoxic damage in relation to water pollution. *Ecotoxicology*, 16 (4), 385-391.
- Gül, S. 2008. Kura-Aras Havzasında yaygın olarak bulunan *Orthriasangorae* Steindachner, 1897), *Orthriaspanthera* (Heckel, 1843) ve *Orthriastigris* (Heckel, 1843)'de kromozomal çalışmalar. Tübitak, Proje No: 105T319, Kars.
- Koca, Y. B., Koca, S., Yıldız, S., Gürcü, B., Osanç, E., Tunçbaş, O. ve Aksoy, G. 2005. Investigation of histopathological and cytogenetic effects on *Lepomisgibbosus* (Pisces: Perciformes) in the Çine stream (Aydın/Turkey) with determination of water pollution. *Environmental Toxicology*, 20 (6), 560-571.
- Koca, S., Koca, Y. B., Yıldız, Ş. ve Gürcü, B. 2008. Genotoxic and histopathological effects of water pollution on two fish species, *Barbus capito pectoralis* and *Chondrostoma nasus* in the Büyük Menderes River, Turkey. *Biological Trace Element Research*, 122 (3), 276-291.
- Matsumoto, S. T., Mantovani, M. S., Malagutti, M. I. A., Dias, A. L., Fonseca, I. C. ve Marin Morales, M. A. 2006. Genotoxicity and mutagenicity of water contaminated with tannery effluents ,as evaluated by the micronucleus test and comet assay using the fish *Oreochromis niloticus* and chromosome aberrations in onion root tips. *Genetics and Molecular Biology*, 29 (1), 148-158.
- Omar, W. A., Zaghoul, K. H., Abdel-Khaleka, A. A. ve Abo-Hegab, S. 2012. Genotoxic effects of metal pollution in two fish species, *Oreochromis niloticus* and *Mugil cephalus*, from highly degraded aquatic habitats. *Mutation Research, Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 746 (1), 7-14.
- Sönmez, Y. A. 2011. Karasu Irmağı'nda ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve bulanık mantıkla değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Şişman, T., İncekara, Ü. ve Yıldız, Y. Ş. 2008. Determination of acute and early life stage toxicity of fat-plant effluent using zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental Toxicology*, 23 (4), 480-486. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular. Standart No: TS 266.
- Türkez, H., Şişman, T., İncekara, Ü., Geyikoğlu F., Tatar, A., ve Keleş, M. S. 2009. The genotoxic and biochemica leffects of waste water samples from a fat plant in Erzurum BAÜ FBE Dergisi, 11 (2), 55-63.
- Yazıcı, Z. ve Şişman, T. 2014. Genotoxic effects of water pollution on two fish species living in Karasu River, Erzurum, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, (2014) 186: 8007-8016.