

## **Oreochromis niloticus ve Cyprinus carpio'da Bakır ve Kurşun Etkisinde Kan Serum İyon Düzeyleri**

Hikmet Yeter COGUN<sup>1\*</sup>, Ferit KARGIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık University, Department of Biology 079100, Kilis- TURKIYE

<sup>2</sup>Cukurova University, Department of Biology 013300, Yüreğir, Adana- TURKIYE

\*Corresponding author: hcogun@kilis.edu.tr

### **Özet**

Bu çalışmada, *Cyprinus carpio* ve *Oreochromis niloticus*'un bakır ve kurşun farklı derişimlerdeki metal ortamlarının ve bu ortamlarda kalma sürelerinin kan serum Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonlarına etkileri incelenmiştir. Balıklar 0,1, 0,5 ve 1,0 mg/L Cu ve Pb derişimlerinde 10 ve 20 günlük sürelerle bırakılarak iyon derişimleri spektrofotometrik yöntemle saptanmıştır. Serum iyon (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup>) düzeyleri bakır ve kurşun tarafından etkilenmiştir. Her iki türde de deney sürelerinin sonunda kan serum Nav düzeyleri bakır ortam derişimlerinin etkisinde azalırken, kurşun ortam derişimlerinin etkisinde artış göstermiştir. *O. niloticus* serum K<sup>+</sup> düzeyi bakır ve kurşun ortam derişimlerinin etkisinde artmıştır. *C. carpio*'da denenen sürelerde bakır ortam derişimleri serum K<sup>+</sup> düzeyini arttırırken, kurşun ortam derişimlerinde ise azalmıştır. *O. niloticus* iyonize serum Ca<sup>++</sup> düzeyi bakır ve kurşun ortam derişimlerinin etkisinde azalmıştır. *C. carpio*'da bakır ortam derişimleri iyonize serum Ca<sup>++</sup> düzeyini düşürürken, kurşun ortam derişimlerinin etkisinde ise artmıştır. Bakır ve kurşunun etkisinde ve denenen tüm sürelerde serum Mg<sup>+</sup> düzeyi *O. niloticus*'da azalırken, *C. carpio*'da arttığı gözlenmiştir. Her iki balık türünde bakırın etkisinde Cl<sup>-</sup> düzeyi artarken, kurşunun etkisinde bir azalma görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** *Cyprinus carpio*, iyon, kan, *Oreochromis niloticus*.

### **The Effect of Copper and Lead on *Oreochromis niloticus* and *Cyprinus carpio* in Blood Ion Level Abstract**

In this study, the effects of concentration and exposure time of Cu and Pb on plasma levels of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> of *Cyprinus carpio* and *Oreochromis niloticus* were tested at varying concentrations of metal in the medium and over different periods of time. Fish were exposed to 0.1, 0.5 and 1.0 mg/L Cu and Pb over periods of 10 and 20 days and ion distributions of copper and lead were determined using spectrophotometric method. Plasma ion (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup>) levels effected by Pb and Cu. In both species, blood serum Na<sup>+</sup> levels decreased after periods tested at exposure to copper while increasing at exposure lead. *O. niloticus* blood serum K<sup>+</sup> levels increased with effect of Cu and Pb concentrations. In *C. carpio* Cu concentrations blood serum K<sup>+</sup> levels increased while decreased with effect of Pb concentrations after 10 and 20 days of exposure. Ionize Ca<sup>++</sup> levels of blood serum in *O. niloticus* decreased at high concentrations of Cu and in all the concentrations of Pb. In *C. carpio* blood serums ionize Ca<sup>++</sup> levels decreased at exposure to copper while increasing at exposure to lead after periods tested. In all the concentration of Cu and Pb and periods tested, blood serum Mg<sup>+</sup> levels decreased in *O. niloticus* but an increase was observed in *C. carpio*. In both species, blood serum Cl<sup>-</sup> levels while increasing at copper exposure; it was seen that decreasing at lead exposure.

**Keywords:** Blood, *Cyprinus carpio*, ion, *Oreochromis niloticus*.

Cogun HY, Kargin F (2013) The Effect of Copper and Lead on *Oreochromis niloticus* and *Cyprinus carpio* in Blood Ion Level. Ekoloji 22 (87): 51-57.

### **GİRİŞ**

Ağır metaller, çevredeki varlıkları ve sucul organizmalar tarafından biriktirilebilmelerinden dolayı sucul ortamların ciddi kirleticileri olarak bilinmektedir. Son yıllarda su ortamlarında ağır metal düzeylerindeki artış nedeniyle organizmalar olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bakır bir iz element olarak sınıflandırılmaktadır ve tüm hücrelerde pikomolar düzeyinde bulunmaktadır. Bakır tüm canlı organizmaların gerek-

sinim duyduğu bir elementtir. Yaklaşık 30 enziminin kofaktör olarak bakırı kullandığı belirlenmiştir (Arellano ve ark. 1999). Kurşun periyodik tabloda IV A gurubunda yer alan bir metaldir. Organizmalarda herhangi bir biyolojik işlevi bulunmayan kurşun dünyanın kabuğunda, kayalarda, toprakta ve suda doğal olarak bulunmaktadır.

Akuatik organizmalarda ağır metallerin subletal etkilerinin hızlı ve doğru bir şekilde belirlenebilmesi için balıkların, bu metallere karşı fizyolojik ve

Geliş: 16.08.2011 / Kabul: 20.12.2012

biyokimyasal tepkilerinin araştırılması gerekmektedir (Campana ve ark. 2003). Canlı organizmalarda iyonlar protein ve lipit yapısında bulunurlar, enzimatik reaksiyonlarda kofaktör olarak görev alırlar ve asit-baz dengesini sağlarlar. Ağır metaller hücre zarının geçirgenliğini değiştirmesi, birçok enzimatik reaksiyonda değişikliklere neden olması ve yaşamsal öneme sahip inorganik kationların düzeylerini değiştirmesiyle iyon dengesini bozmaktadır (Viarengo 1985, Suresh ve ark. 1995).

İyonlar, organizmada sadece osmotik dengenin korunmasında değil, aynı zamanda besinlerin bağırsak hücrelerine taşınmasında ve beyinde nörotransmitterlerin alınımında da önemli görevler yaparlar (Suresh ve ark. 1995). Tatlı su ortamlarında yaşayan balıklarda osmotik dengenin sürdürülebilmesi için  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının alınması gereklidir.  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyonlarının içeriye alınması engellenirse plazma osmolitesi bozulur ve bunun sonucunda kalbe yakın damarlardaki tıkanıklıklardan balık ölümleri meydana gelir (Hongstrand ve ark. 1999). Balıklar gelişmiş bir osmo ve iyon regülasyon mekanizmalarına sahiptirler. Balıklar diğer omurgalılarla karşılaştırıldığında  $\text{Ca}^{++}$  homeostasisini gerçekleştirmek için gelişmiş bir  $\text{Ca}^{++}$  taşınma mekanizmasına sahiptir (Flik ve ark. 1993).

Ağır metaller düşük derişimlerinin etkisinde balıklarda plazma iyon bozuklukları oluşmaktadır (Pratap ve ark. 1989). Balıklarda plazma iyon kompozisyonunda değişiklikler bakır (Lauren ve Mcdonald 1985). Kadmiyum (Pratap ve ark. 1989) ve kurşun (Roger ve ark. 2003) gibi metallerin etkisinde gözlenmiştir. Bakır ve kurşunun subletal etkilerinde plazma,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  düzeyleri azalırken, Plazma Mg düzeylerinde bir artış gözlenmiştir (Lauren ve Mcdonald 1985, Bjerregaard ve Vislie 1986).

Bu çalışmada; 10 ve 20 günlük sürelerle bakır ve kurşunun farklı derişimlerine maruz bırakılan *Oreochromis niloticus* ve *Cyprinus carpio*'nun karşılaştırılmalı olarak serumdaki  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , İyonize  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^+$  ve  $\text{Cl}^-$  iyon düzeyleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

#### MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada kullanılan *Oreochromis niloticus*'lar Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından *Cyprinus carpio*'lar ise Devlet Su İşleri işletmesinden alınmış ve iki ay süre

ile 40X120X40 cm boyutlarındaki on dört stok akvaryum içerisinde laboratuvar koşullarına adaptasyonları sağlanmıştır. Balıklardan *O. niloticus*'lar bu sürenin sonunda  $14,72 \pm 0,44$  cm boy ve  $37,87 \pm 1,19$  g ağırlığa ulaşmışlardır. *C. carpio*'lar ise  $15,03 \pm 0,23$  cm boy ve  $38,77 \pm 2,53$  g. ağırlığa ulaşmışlardır.

Deneyler  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  sıcaklıkta yürütülmüş, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde sekiz saat aydınlanma (8 saat gündüz/16 saat gece) periyodu uygulanmıştır. Balıklar, günde iki kez olmak üzere balık ağırlığının %1'i kadar hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmişlerdir.

Deneyler, incelenen metaller esas alınarak her bir tür için iki seri olarak yürütülmüştür. Her tür birinci seride 10 ve 20 gün sürelerde bakırın 0,1, 0,5 ve 1,0  $\text{mg.L}^{-1}$  derişimlerine, ikinci seride kurşunun, bakırın aynı ortam derişimlerine bırakılmıştır.

Deneylerde her bir seride 40X120X40 cm. boyutlarında olan ve her birinin içerisinde 18 balık bulunan 4 cam akvaryum kullanılmıştır. Birinci seride bu akvaryumlardan üçüne 120'şer litre 0,1, 0,5 ve 1,0  $\text{mg.L}^{-1}$  bakır çözeltileri, ikinci seride aynı ortam derişimlerinde kurşun çözeltileri konulmuştur. Her seride dördüncü akvaryum kontrol olarak kullanılmıştır. Deneyler üç tekrarlı olarak yürütülmüştür.

Deney ortamında metal derişimlerinin zamana bağlı olabilecek derişimler için deney boyunca akvaryum suları ve metallerin derişimleri iki günde bir değiştirilmiştir. Kullanılan metaller  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Merck) ve  $\text{PbCl}_2$  (Merck) olup deney boyunca deiyonize su ile taze hazırlanmıştır. Bu hazırlanan çözeltiden uygun derişimler uygun sulandırma ile akvaryumlara uygulanmıştır.

Her deney süresi bitiminde balıklar MS-222 (Etil ester 3-amino benzoik asit) ile 0.1 g/L çözeltisi hazırlanarak balıklara genel anestezi uygulanarak bayıltılmıştır (Hawkins 1981). Daha sonra çeşme suyu ile iyice yıkanmış ve kurutma kâğıdı ile yüzeylerinde bulunan su damlacıkları alınmıştır. Bayılan balıkların kaudal yüzgeçleri kesilerek her tekrar için iki balıktan yaklaşık 2 mL kan ependorf tüplere alınmıştır. Ependorf tüplere alınan kan örnekleri 10 dakika 4000 rpm'de santrifüjlenmiştir (Bricknell 1999). Alınan serum örnekleri  $-20^\circ\text{C}$  derecede deney süreleri bitinceye kadar bekletilmiştir.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  ve iyonize  $\text{Ca}^+$  düzeylerini belirlemek için Çukurova Üniversitesi

Balcalı Hastanesi Merkez laboratuvarında İntegra 800 marka otoanalizörde cihazda iyonların düzeyleri belirlenmiştir.

Deneylerden elde edilen verilerin istatistik analizleri "Regresyon analizi" ve "Student-Newman Keul's Test (SNK)" testleri SPSS 10.0 hazır Bilgisayar programı uygulanarak yapılmıştır.

#### BULGULAR

*O. niloticus* ve *C. carpio* sodyum iyon düzeyleri her iki balıkta karşılaştırıldığı zaman düzey olarak en fazla *O. niloticus* serumunda fazladır. Her iki balık türünde de sodyum artan kurşun derişimleri ile birlikte artma göstermiş, *O. niloticus*'da azalmıştır (Şekil 1A). Potasyum iyon düzeyleri her iki balık türünde istatistiksel öneme sahip farklılıklara neden olmuştur. Kontrol grubunda tüm sürelerde potasyum düzey olarak en az *C. carpio*'da bulunur iken artan kurşun derişimleri ile azalma göstermiştir (Şekil 1B). İyonize kalsiyum düzeyleri *O. niloticus*'un 10. gün düzeyleri diğer sürelerle oranla ve *C. carpio*'daki düzeye oranla tüm kurşun derişimlerinde daha fazladır. *O. niloticus* serumundaki iyonize kalsiyum, ortam kurşun derişimindeki artma ile birlikte azalma olmuştur. *C. carpio*'da ise artan kurşun derişimleri ile birlikte bir artma olmuştur (Şekil 1C). Magnezyum iyon düzeyleri düşük kurşun derişimlerinde ve kontrol grubunda en fazla *O. niloticus*'da tüm sürelerde yaklaşık 2-2,5 kat daha fazladır. Kurşun derişimi arttıkça *C. carpio*'daki magnezyum iyon düzeyleri artma göstermiştir (Şekil 1D). *O. niloticus* ve *C. carpio* balıklarının kurşun etkisinde kan serumundaki klor iyon düzeyleri ise her iki balık türünde artan ortam kurşun derişimleri ile birlikte artma göstermiştir. Klor iyonu düzey olarak her iki balık türünde de birbirine yakın değerlerdedir (Şekil 1E).

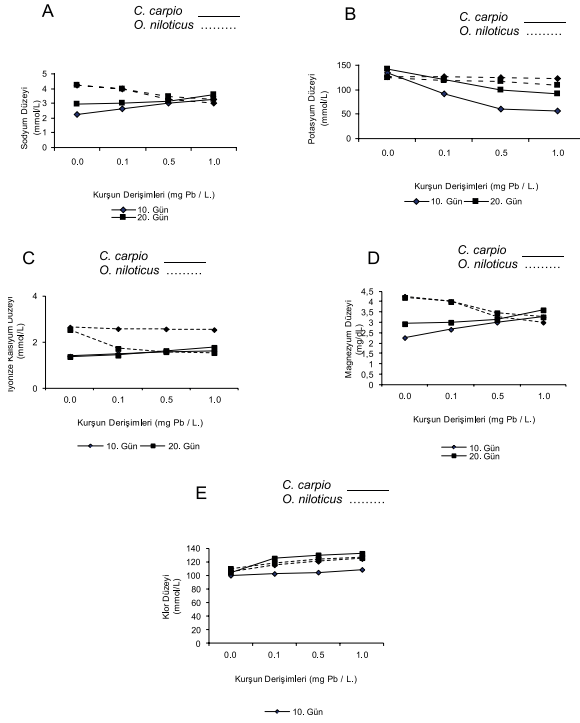
*O. niloticus* ve *C. carpio* balıkları bakır etkisinde kan serumundaki iyon düzeyleri karşılaştırıldığı zaman istatistiksel öneme sahip değişmeler saptanmıştır. Bunlar, *O. niloticus*'da potasyum iyonunda artma, sodyum, iyonize kalsiyum, magnezyum ve klor iyon düzeylerinde ise bir azalma gözlenmiştir. *C. carpio*'da ise potasyum ve magnezyum iyonlarında bir artma, sodyum, iyonize kalsiyum ve klor iyonlarında ise bir azalma gözlenmiştir (Şekil 2). *O. niloticus* ve *C. carpio* balıklarının bakır etkisinde kan serumundaki iyon düzeyleri süre ve bakır derişimlerine göre incelenmiştir. Sodyum iyon düzeyleri her iki balık türünde de ortam bakır derişimlerinin artması ile birlikte azalma göstermiştir.

Sodyum iyonu düzey olarak tüm sürelerde en fazla *O. niloticus*'da gözlenmiştir (Şekil 2A). Potasyum iyon düzeyi her iki balıkta düşük bakır derişimlerinde artma göstermiş, yüksek bakır derişiminde de artma fazla olmuştur. Düzey olarak en fazla potasyum *C. carpio*'nun 20. günde düzeylerinde olmuştur. (Şekil 2B). İyonize kalsiyum düzeyleri en fazla *O. niloticus*'da bulunmuştur. Her iki balık türünde de iyonize kalsiyum düzeyleri artan bakır derişimleri ile birlikte azalma göstermiştir. İyonize kalsiyum düzeyleri en yüksek bakır derişiminde bu fark yaklaşık 2 kat kadardır (Şekil 2C). Magnezyum iyon düzeyleri *O. niloticus*'da artan ortam bakır derişimleri ile birlikte azalma göstermiş, *C. carpio*'da ise artma göstermiştir. Kontrol grubu ve 0,1 mg Pb/L düşük derişiminde magnezyum iyon düzeyleri tüm sürelerde *O. niloticus*'da *C. carpio*'ya oranla yaklaşık 2 kat daha fazladır. 0,5 mg Pb/L derişiminde ise her iki balık türündeki magnezyum iyon düzeyleri birbirine yakın değerlerdedir. Yüksek bakır derişimlerinde ise *C. carpio*'nun magnezyum iyon düzeyleri *O. niloticus*'a oranla 2 kat daha fazladır (Şekil 2D). Her iki balık türünde de klor iyon düzeyleri incelenmiş kontrol grubunda klor iyonu *C. carpio*'da daha fazla olmasına rağmen artan bakır derişimleri ile birlikte azalmıştır. *O. niloticus*'daki klor iyonu ise artan bakır derişimleri ile azalma göstermiştir. Her iki balık türünde de klor iyonu 10. gün süre sonunda 1,0 mg Pb/L derişiminde *O. niloticus*'da *C. carpio*'ya oranla 3 kat daha fazladır (Şekil 2E).

#### TARTIŞMA

Her iki balık türünde hem bakırın hem de kurşunun etkisinde ve etkide kalma süresine bağlı olarak balık ölümleri gözlenmemiştir. Ağır metallerin toksik etkileri ile ilgili yapılan araştırmalarda metaller balıklarda iyon regülasyonunun bozulmasına, solungaçlarda oksijen alınımının engellenerek hipoksiyanın oluşmasına (Lacrox ve ark 1985, Heath 1987) ve enzim aktivitelerinin engellenmesi gibi (Viarengo 1985) birçok etkiler yapabileceği belirlenmiştir.

Balıklarda fizyolojik olayların tam olarak yapılabilmesi ve canlılığın sürdürülebilmesi için hücre içi ve hücre dışı arasında iyon derişimindeki dengenin sürekli olarak korunması gerekmektedir. Bunu sağlamak için çeşitli sistemler geliştirilmiştir. Örneğin  $Na^+,K^+-ATP$  az sistemi hücre içinde potasyumun, hücre dışında da sodyumun yüksek derişimlerde tutulmasını (Satyavathi ve Rao 2000),  $Na^+,K^+-ATP$  az ile  $Ca^{++}-Mg^+$  ATP az sistemi

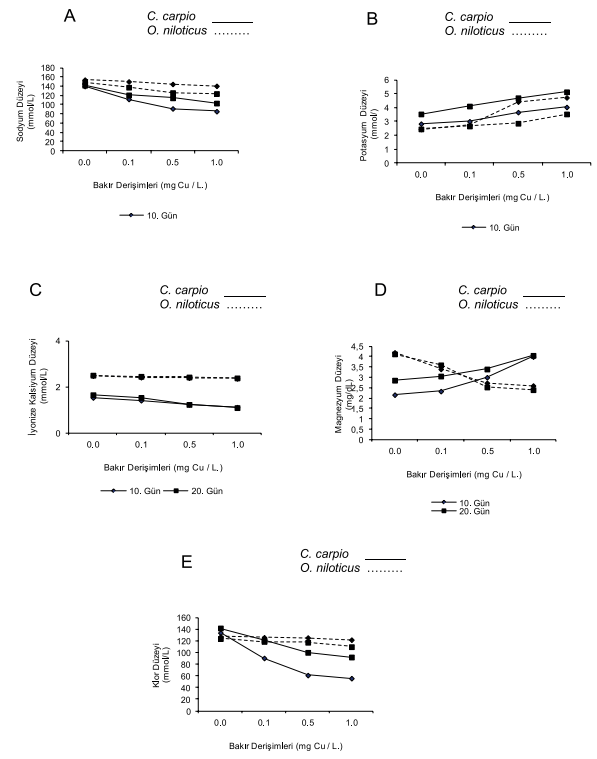


**Şekil 1.** Farklı ortam derişimleri ve sürelerde *C. carpio* ve *O. niloticus* serumunda kurşun etkisi altında iyon düzeyleri üzerine etkisi (A:  $\text{Na}^+$ , B:  $\text{K}^+$ , C:  $\text{Ca}^{2+}$ , D:  $\text{Mg}^{2+}$  ve E:  $\text{Cl}^-$ ).

solungaçlarda ilgili iyonların aktif taşınmalarını (Roger ve Richards 2003; Sloman ve ark. 2003), karbonik anhidraz enzimi  $\text{Na}^+$  ve  $\text{Ca}^{2+}$  iyonlarının taşınmalarını (McGeer ve ark. 2000) sağlayarak iyon dengesinin korunmasında büyük önem taşırlar. Ağır metaller bu enzimlerin sülfidril gruplarına bağlanarak bu sistemlerin inhibisyonuna neden olabilmektedirler. Bu inhibisyon sonucunda gerek solungaçlarda gerekse hücre membranlarından iyon geçişleri aksamakta ve iyon dengesi büyük ölçüde bozulmaktadır.

$\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ve  $\text{Cl}^-$  gibi iyonlar osmolarite ve plazmanın osmotik basıncının korunmasından sorumlu minerallerdir ve fizyolojik işlevlerin çoğu için gereklidirler. Buna ek olarak bu mineraller büyüme ve iyon homeostasisi için de gereklidirler (Nussey ve ark. 1995, Stouthart ve ark. 1995).

Her iki türde de denenen bakır derişimleri serum  $\text{Na}^+$  düzeyini azaltırken, kurşun ortam derişimleri ise serum  $\text{Na}^+$  düzeyini arttırdığı saptanmıştır. Su organizmalarının doku ve serumlarında ağır metallerin etkisinde  $\text{Na}^+$  düzeyinin azaldığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. *O. mykiss*'de bakırın (Wang ve ark. 1998) ve gümüşün (Wood ve ark. 1996) etkisinde serum ve solungaç



**Şekil 2.** Farklı ortam derişimleri ve sürelerde *C. carpio* ve *O. niloticus* serumunda bakır etkisi altında iyon düzeyleri üzerine etkisi (A:  $\text{Na}^+$ , B:  $\text{K}^+$ , C:  $\text{Ca}^{2+}$ , D:  $\text{Mg}^{2+}$  ve E:  $\text{Cl}^-$ ).

dokusu  $\text{Na}^+$  düzeylerinde azalma olduğu belirlenmiştir. McGeer ve ark. (2000) Cu, Cd ve Zn'un etkisine bıraktıkları *O. mykiss*'de vücut  $\text{Na}^+$  derişiminde azalmalar olduğunu saptamışlardır. *Carcinus means* ve *Crangon crangon*'da Cu ve Zn etkisinde hemolenfte  $\text{Na}^+$  düzeyinin azaldığı saptanmıştır (Johnson 1988). Örneğin bakır *Oncorhynchus mykiss*'de solungaç  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATP az aktivitesini (Wang ve ark. 1998), bakır ve kadmiyum *O. mykiss*'de solungaç karbonik anhidraz aktivitesini (McGeer ve ark. 2000), krom *Periophthalmus dispes*'de solungaç, barsak ve böbreklerde  $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Mg}^{2+}$ -ATP az ile  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATP az aktivitelerini (Thaker ve ark. 1996), kadmiyum *Anguilla anguilla*'nın barsak ve solungaçlarında  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATP az ile karbonik anhidraz aktivitelerini (Linde ve ark. 1999), Kurşun *O. mykiss*'de solungaçlarda  $\text{Ca}^{2+}$ -ATP az ve karbonik anhidraz aktivitelerini (Roger ve ark. 2003), bakır *Oreochromis mossambicus*'da  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATP az aktivitesini (Pelgrom ve ark. 1995), bakır *Salmo gairdnerii*'de solungaçlarda  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ -ATP az aktivitelerini inhibe etmiştir.

Tatlı su balıkları ile yapılan araştırmalarda, metallerin etkisine bırakılan balıklarda ilk olarak

solungaç ve serum iyon dengesinin bozulduğu belirlenmiştir (Pelgrom ve ark. 1995, Morgan ve ark. 1997; Sloman ve ark. 2003). Pelgrom ve ark. (1995) bakırın etkisine bırakılan *O. mossambicus*'da serum  $K^+$  düzeyindeki artışın, hücre permeabilitesinin artışı sonucu, serum  $Cl^-$  düzeyindeki azalmanın ise  $HCO_3^-$  atılımının azalması sonucu olduğunu belirtmişlerdir. *O. mykiss*'de gümüş serum  $Cl^-$  düzeyini azaltmıştır (Morgan ve ark. 1997). Hongstrand ve ark. (1999) bakırın, solungaçlarda hücre içi  $Cl^-$  iyonlarının güçlü inhibitörü olduğunu belirlemişlerdir. *O. mykiss*'de bakırın etkisinde serum  $Cl^-$  düzeyi kontrol balıklarına göre azalırken,  $K^+$  düzeyi ise artmıştır (Wang ve ark. 1998). Bakırın etkisine 96 saat bırakıldıktan sonra 7 gün temiz suya bırakılan *Prochilodus scrofa*'da serum  $Na^+$  ve  $Cl^-$  düzeyleri azalırken,  $K^+$  düzeyi ise artmıştır (Cerqueira ve Fernandes 2002). Bakırın etkisine bırakılan *O. mossambicus*'da serum  $Cl^-$  düzeyindeki azalma, böbreklerde  $Cl^-$  iyonlarının atılmasından kaynaklandığı,  $K^+$  düzeyindeki artışların ise  $Na^+$  düzeyinin azalması nedeni ile intraselüler sıvıda osmotik farklılıklardan oluştuğu belirtilmiştir (Nussey ve ark. 1995). Bu çalışmada bakır, her iki türde de serum  $K^+$  düzeyini arttırırken,  $Cl^-$  düzeyini ise azaltmıştır. Serum  $K^+$  düzeyindeki artışın

osmotik adaptasyona,  $Cl^-$  düzeyindeki azalmaların ise böbrek işlevlerinin bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bakırın etkisine bırakılan her iki balık türünün de serum  $Ca^{++}$  düzeyinin azaldığı belirlenmiştir. Bu büyük bir olasılıkla bakır ortam derişimlerinin etkisinde böbrek tübüllerinin işlevlerinin bozulması (Nussey ve ark. 1995) sonucu olabilir. *O. mykiss*'de kurşunun ortam derişimlerinin etkisinde serum  $Mg^{++}$  düzeyi 72 saat sonra %36 oranında artış göstermiştir (Roger ve Richards 2003). Bu çalışmada, *C. carpio*'da her iki metalin etkisinde ve denenen tüm koşullarda serum  $Mg^{++}$  düzeyinin arttığı saptanmıştır. Serum  $Mg^{++}$  düzeyinin artması, böbrek tübüllerinde işlevsel bozukluklar ve serum  $Ca^{++}$  düzeyindeki azalmaya bağlı olabilir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, *O. niloticus*'un *C. carpio*'ya oranla metal toksisitesine karşı daha dirençli bir tür olduğu ve iyon regülasyonu ile osmoregülasyonun da *C. carpio*'dan daha iyi olduğunu göstermektedir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi (BAP) tarafından desteklenmiştir (Proje No: FEF2003D13).

#### KAYNAKLAR

- Arellano JM, Storch V, Sarasquete C (1999) Histological Changes and Copper Accumulation in Liver and Gills of the Senegales Sole, *Solea senegalensis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 44: 62-72.
- Bjerregaard P, Vislie T (1986) Effect of Copper on Ion-And Osmoregulation in the Shore Crab *Carcinus maenas* *Marine Biology* 91: 69-76.
- Bricknell IR, Bowden TJ, Bruno DW, Maclachlan P, Johntone R, Ellis AE (1999) Susceptibility of Atlantic Halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.) to Infection with Typical and Atypical *Aeromonas salmonicida*. *Aquaculture* 175: 1-13
- Campana O, Sarasquete C, Blasco J (2003) Effect of Lead on ALA-D Activity, Metallothionein Levels, and Lipid Peroxidation in Blood, Kidney, and Liver of the Toadfish *Halobatrachus didactylus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 55: 116-125.
- Cerqueira CCC, Fernandes MN (2002) Gill Tissue Recovery After Copper Exposure and Blood Parameter Responses in the Tropical Fish *Prochilodus scrofa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 52: 83-91.
- Flik G, Verbost PM (1993)  $Ca^{2+}$  and  $Mg^{2+}$  Transport in Gills and Gut of Tilapia *Oreochromis mossambicus*: A Review. *Journal of Experimental Zoology* 265: 356-365.
- Hawkins AD (1981) *Aquarium Systems*. Academic Pres, London.
- Heath AG (1987) *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press, Florida.
- Hongstrand C, Ferguson EA, Galves F, Shaw JR, Webb NA, Wood CM J (1999) Physiology of Acute Silver Toxicity in the Starry Flounder (*Platichthys stellatus*) in Seawater. *Journal of Comparative Physiology B* 169: 461-473.

Johnson I (1988) The Effects of Combinations of Heavy Metals, Hypoxia and Salinity on Ion Regulation in *Crangon crangon* (L) and *Calcinus maenas* (L). *Comparative Biochemistry and Physiology* 91C (2): 459-463.

Lacroix GL, Gordon DJ, Johnstan DJ (1985) Effectsof Low Environmental pH on the Survival, Growth, and Ionic Composition of Postemergent Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 768-775.

Lauren DJ, Mcdonald DG (1985) Effects of Copper on Branchial Ionoregulation in the Rainbow Trout, *Salmo gairdnerii* Richardson Modulation by Hardness and pH. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 155: 635-644.

Linde AR, Sanchez-Galan S, Klein D, Garcia-Vazquez E, Summer KH (1999) Metallthionein and Heavy Metals in Brown Trout (*Salmo trutta*) and European Eel (*Anguilla anguilla*): A Comparative Study. *Neotoxicology and Environmental Safety* 44: 168-173.

Mcgeer JC, Szebedinszky C, Mcdonald DG, Wood CM (2000) Effect of Chronic Sublethal Exposure to Waterborne Cu, Cd or Zn in Rainbow trout 2: Tissue Specific Metal Accumulation. *Aquatic Toxicology* 50: 245-256.

Morgan IJ, Henry RP, Wood CM (1997) The Mechanism of Acute Silver Nitrate Toxicity in Freshwater Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) is Inhibition of Gill Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> Transport. *Aquatic Toxicology* 38: 145-163.

Nussey G, Van Vuren JHJ, Du Preez HH (1995) Effect of Copper on the Haematology and Osmoregulation of the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae). *Comparative Biochemistry and Physiology* 111C: 369-380.

Pelgrom SMGJ, Lock RAC, Balm PHM, Wendelaar Bonga SE (1995) Integrated Physiological Response of Tilapia, *Oreochromis mossambicus*, to Sublethal Copper Exposure. *Aquatic Toxicology* 32: 303-320.

Pratap HB, Fu H, Lock RAC and Wendelaar Bonga SE (1989) Effect of Waterborne and Dietary Cadmium on Plasma Ions of Teleost *Oreochromis mossambicus* in Relation to Water Calcium Levels. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 18: 568-575.

Roger JT, Richards JG, Wood CM (2003) Ionoregulatory Disruption as the Toxic Mechanism for Lead in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology*. 64(2): 215-34.

Satyavathi C, Rao YP (2000) Inhibition of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase in *Penaeus indicus* Postlarvae by Lead. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 127: 11-22.

Sloman KA, Morgan TP, Mcdonald DG, Wood CM (2003) Socially-induced Changes in Sodium Regulation Affect the Uptake of Water-borne Copper and Silver in the Rainbow trouth, *Oncorhynchus mykiss*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 135: 393-403.

Stouthart AJHX, Spanings FAT, Lock RAC, Wendelaar Bonga SE (1995) Effects of Water pH Toxicity to Early Life Stages of Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Aquatic Toxicology* 32: 31-42.

Suresh A, Sivaramakrishna B, Radhakrishnaiah K (1995) Cadmium Induced Changes in Ion Levels and ATPase Activities in the Muscle of the Fry and Fingerlings of the Freshwater Fish, *Cyprinus carpio*. *Chemosphere* 30(2): 365-375.

Thaker J, Chhaya J, Nuzhat S, Mittal R, Mansuri AP, Kundu R (1996) Effects of Chromium (VI) on Some Ion-Dependent ATPases in Gills, Kidney and Intestine of a Coastal Teleost *Periophtalmus dips*. *Toxicology* 112: 237-244.

Viarengo A (1985) Biochemical Effects of Trace Metals. *Marine Pollution Bulletin* 16(4): 153-158.

Wang T, Knudsen PK, Brauner CJ, Busk M, Vijayan MM., Jensen FB (1998) Copper Exposure Impairs Intra-and Extracellular Acid-Base Regulation During Hypercapnia in the Fresh Water Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology B* 168: 591-599.

Wood CM, Hogstrand C, Galves F, Munger RS (1996) The Physiology of Waterborne Silver Toxicity in Freshwater Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) 2. The Effects of Silver Thiosulfate. *Aquatic Toxicology* 35: 111-125.