

Tilapia zilli'nin Solungaç, Karaciğer, Böbrek ve Beyin Dokularında Kurşun Birikimi

Sahire KARATAŞ, Mustafa KALAY
Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Çiftlikköy, Mersin - TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 02.10.2000

Özet: Bu çalışmada *Tilapia zilli*'de ortamın farklı kurşun derişimlerinin ve etkide kalma süresinin çeşitli dokulardaki kurşun birikimine etkileri incelenmiştir.

Deney materyali 1, 7, 15 ve 30 günlük süreler ile 1.0, 2.5 ve 5.0 ppm kurşun derişimlerinin etkisinde tutularak solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularındaki kurşun birikim düzeyleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) kullanılarak saptanmıştır.

Genel olarak ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak dokulardaki kurşun birikiminde artış görülmüştür. İncelenen dokularda biriken toplam kurşunun solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularındaki dağılımı sırasıyla %15.47, %6.10, %52.87 ve %25.56 olarak belirlenmiştir (Böbrek > Beyin > Solungaç > Karaciğer). Böbrek dokusunda kurşun birikim düzeyinin yüksek olması, bu dokunun kurşun bağlayıcı proteinler içermesi ve metal atılımının önemli düzeyde bu doku üzerinden olması gibi nedenlerle açıklanabilir.

Anahtar Sözcükler: Kurşun, Doku, Birikim, *Tilapia zilli*

Accumulation of Lead in the Gill, Liver, Kidney and Brain Tissues of *Tilapia zilli*

Abstract: In this study, the accumulation of lead in various tissues of *Tilapia zilli* was tested at varying concentrations of lead in the medium for different exposure times.

Experimental animals were exposed to 1.0, 2.5 and 5.0 ppm lead over periods of 1, 7, 15 and 30 days and accumulation of lead in gill, liver, kidney and brain tissues was determined by atomic absorption spectrophotometry (AAS).

In general, the accumulation of lead in tissues increased with increasing concentrations of lead in the experimental medium and with increasing time of experiment. The ratios of total lead in the tissues were 15.47, 6.10, 52.87 and 25.56% in the gill, liver, kidney and brain respectively (Kidney > Brain > Gill > Liver). The high level of lead accumulation in the kidney tissue may be explained by the fact that this tissue contains lead combining proteins, and a high level of metal is disposed of with the aid of kidney tissue.

Key Words: Lead, Tissue, Accumulation, *Tilapia zilli*

Giriş

Doğal sular, normal koşullarda, toksik etki yapmayacak düzeyde ağır metal içermektedirler. Ancak, günümüzde endüstriyel gelişme, kentleşme ve modern tarımın yaygınlaşması doğadaki ağır metal yükünü önemli oranda arttırmaktadır (1-3).

Kurşun, biyolojik sistemlerin her ortamda karşılaşılabildikleri, metabolik işlevi olmayan eser bir elementtir. Bu metal kablo, lehim ve boya üretiminin yanısıra akü imalatı ile çini ve seramik yapımında da yaygın olarak kullanılmaktadır (4, 5).

Belirtilen alanlarda kullanılan kurşun, besin zinciri yolu ile canlıdan canlıya daha yoğun derişimler halinde

aktarılmaktadır (6). Akuatik canlılarda kurşun birikim düzeyinin ortam derişimi ve etkide kalma süresi (7-9) ile birlikte suyun sıcaklık, pH, alkalinite, sertlik gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir (10, 11).

Kurşunun; monoamin oksidaz ve asetilkolin esteraz enzimlerinin aktivitesini düşürerek nöronlarda impuls iletimini engellediği (12), beyin, karaciğer, gonad gibi doku ve organlarda kolesterol, lipit, protein ve askorbik asit düzeyini değiştirdiği (12, 13, 14), anemiye neden olduğu (15-17), dokularda patolojik değişimler yaptığı (18, 19), embriyo ve larva gelişimini yavaşlattığı (20) ifade edilmektedir.

Ağır metaller genellikle biyolojik aktivitesi yüksek olan dokularda yoğunlaşmaktadır (21, 22). Kurşun solungaç, karaciğer ve böbrek gibi dokuların yanısıra beyin ve kemik dokularında da önemli oranda birikmektedir (23, 24).

T. zilli sıcak iklim balığıdır. *T. zilli*'nin de içinde bulunduğu *Cichlidae* familyasına ait türlerin yetiştiriciliği; başta İsrail, Mısır, Tayland, Güney Amerika olmak üzere Ülkemizde de yapılmaktadır. Bu familyaya ait türlerin kültür koşullarında bakıma ve beslenmeye uygun olmaları, üremelerinin kolay olması, kirlenme ve hastalıklara karşı dirençli olmaları kültür balıkçılığındaki önemlerini arttırmaktadır (25).

Çeşitli kirlenici ajanlara karşı *Tilapia* türlerinin tepkisini belirlemek amacıyla çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Kurşun ve benzeri ağır metallerin sudan alınmalarının, birikimlerinin ve atılımlarının dokuya göre değiştiği dikkate alınarak, bu çalışmada *T. zilli* 30 gün süre ile kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde tutularak metabolik aktivitesi yüksek olan solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin dokularındaki kurşun birikim düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Deney materyali olarak kullanılan *T. zilli*, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Araştırma Laboratuvarına getirilerek 40 x 40 x 100 cm boyutlarında 10 adet stok akvaryuma alınmıştır. Balıklar bir ay süre ile $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki laboratuvar koşullarına adapte edilmişlerdir. Bu sürenin sonunda denemeye hazır hale geldikleri anlaşılan balıklar ortalama 10.68 ± 1.43 cm boy ve 15.83 ± 2.28 g ağırlığa ulaşmışlardır.

Bir, yedi, onbeş ve otuz günlük deney süreleri dikkate alınarak deneyler dört seri halinde yürütülmüştür. Bir seri deneyde 40 x 40 x 100 cm boyutlarında dört adet akvaryum kullanılmıştır. Deneyler üç tekrarlı yapıldığından akvaryumlar cam bölmelerle üç eşit göze ayrılmışlardır. Bir seri deneyde kullanılan dört akvaryumdan ilk üçüne, literatür bilgilerinin yanısıra araştırma birimimizde yapılan ön denemeler sonucu 30 gün süre için letal olmadığı belirlenmiş olan 1.0, 2.5 ve 5.0 ppm derişimlerinde 120 şer litre kurşun çözeltisi, dördüncü akvaryuma ise kontrol grubu olarak 120 litre çeşme suyu konulmuştur. Her bir bölmede 4, her akvaryumda 12, her seri deneyde 48 balık olacak şekilde

tüm deneylerde toplam 192 balık kullanılmıştır. Zamanla ortamdaki kurşun derişiminin değişebileceği dikkate alınarak deney çözeltisi, kurşunun suda çözünebilen tuzlarından biri olan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ (Merck)'in taze olarak hazırlanan stok çözeltisinden uygun seyreltmeler yapılarak her gün değiştirilmiştir.

Belirlenen her bir sürenin sonunda deneylerden çıkartılan balıklar MS-222 (Etil ester 3-amino benzoik asit) içeren çözeltiye alınarak bayıltılmışlardır (26). Balıkların solungaç, karaciğer, böbrek ve beyin doku örnekleri, alındıktan sonra, petri kaplarına konularak 105°C sıcaklığa ayarlı etüvde kurutularak sabit tartıma getirilmişlerdir. Daha sonra kuru ağırlıkları saptanan doku örnekleri yakma tüplerine aktarılmışlardır. Yakma tüplerindeki doku örneklerinin üzerine 2 ml nitrik asit (Merck, %65) ve 1 ml perklorik asit (Merck, %60) eklendikten sonra geri soğutma sistemli ocakta yaş yakma yapılarak berrak çözeltileri elde edilmiştir (27). Yakma işlemi tamamlanan örnekler soğuduktan sonra polietilen tüplere aktarılarak çift destile su ile 5 ml'ye tamamlanmışlardır.

Analize hazırlanan doku örneklerinin kurşun derişimi, atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) yardımıyla belirlenmiştir. Deney verilerinin istatistik analizleri " Regresyon Analizi " ve " Student Newman Keul's Test (SNK)" kullanılarak yapılmıştır (28, 29).

Bulgular

Deney süresince çalışılan ortam derişimlerinde mortalite görülmemiştir. Ancak, 5.0 ppm ortam derişiminde kurşun çözeltisi akvaryuma ilave edildiğinde balıkların suyun yüzeyine doğru çıkarak sık sık soludukları, bir süre için kısmen kontrolsüz yüzdükleri ve daha az yem tükettikleri gözlemlenmiştir.

Her bir dokunun biriktirdiği kurşunun, incelenen tüm dokuların biriktirdiği toplam kurşundaki yüzde değeri hesaplandığında (Örneğin; Tablo 3'deki verilerin toplanması sonucu 2328.62 değeri, dört tablodaki tüm verilerin toplanması sonucu ise 4404.43 değeri elde edilmiştir. Tablo 3 deki verilerin toplamı olan 2328.62 değerinin 4404.43' deki yüzde oranı olan 52.87 rakamı, diğer dokulara göre böbrek dokusunun biriktirdiği metal düzeyinin yüzde ifadesidir.) kurşun birikiminin en yüksek oranda böbrekte (%52.87), en düşük oranda ise karaciğerde (%6.10) olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada incelenen bütün dokular için kontrol grubu örneklerinde değerlendirilebilir düzeyde kurşun absorbanı alınamamıştır. Bu durum, kontrol grubu örneklerindeki kurşun düzeyinin AAS' nin duyarlılık sınırının altında olduğunu gösterdiğinden tüm tablolarda sıfır olarak ifade edilmiştir.

Birinci günün sonunda solungaç dokusunda önemli düzeyde kurşun birikmiştir. Bu sürede ortam derişiminin birikim düzeyi üzerindeki etkisi belirgin olup, veriler arasında istatistik fark bulunmaktadır. Solungaç dokusu için en yüksek kurşun birikiminin 1. günde 5.0 ppm ortam derişiminde ölçülmesi dikkat çekicidir. Birinci günün dışındaki deney sürelerinde de ortam derişimine bağlı olarak kurşun birikim düzeyi artış göstermiş olmakla birlikte, istatistik fark gösterecek düzeyde değildir. Tüm ortam derişimleri için solungaç dokusundaki kurşun birikim düzeyi, 15. günde 7. güne oranla önemli oranda artış göstermezken, 30. günde belirgin olarak artmıştır (Tablo 1).

Bakır ve kadmiyum birikimi üzerine yapılan çalışmalar dikkate alındığında, bu metallerle oranla kurşunun karaciğer dokusunda daha az biriktiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle incelenen diğer dokular ile karşılaştırıldığında karaciğer dokusu kurşun birikim düzeyi oldukça düşüktür. Karaciğer dokusu kurşun birikim düzeyi de ortam derişimine ve etkide kalma süresine bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak, genellikle bu artış istatistik fark gösterecek düzeyde değildir. Bu dokudaki birikim düzeyini, ortam derişimine oranla deney süresi daha fazla arttırmıştır. Daha düşük olan 1.0 ve 2.5 ppm lik kurşun derişimlerinde 30. güne kadar birikim düzeyi bir önceki süre ile istatistik fark gösterecek şekilde artmaya devam ederken, 5.0 ppm derişimde 15. günden itibaren birikim düzeyinin sabitleşmesi karaciğer dokusunun bu metali tutma kapasitesinin sınırlı olduğunu göstermektedir (Tablo 2).

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, böbrek kurşun birikim düzeyi en yüksek olan dokudur. Birinci günde bu

Tablo 1. T. zilli'de kurşunun solungaç dokusundaki birikimi ($\mu\text{g Pb/g k.a.}$) üzerine ortam derişiminin ve sürenin etkileri.

Ortam Derişimi (ppm Pb)	N	SÜRE			
		1. Gün	7. Gün	15. Gün	30. Gün
		$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$
0.0	12	DA a	DA a	DA a	DA a
1.0	12	20.28 \pm 1.68 bx	34.35 \pm 2.23 bt	41.54 \pm 2.33 bt	66.93 \pm 2.92 bv
2.5	12	56.45 \pm 5.71 cx	34.86 \pm 4.35 bxt	45.50 \pm 2.45 bxt	80.70 \pm 0.55 bv
5.0	12	137.84 \pm 8.78 dx	41.22 \pm 3.36 bt	48.28 \pm 4.27 bt	73.27 \pm 5.73 bv

*=SNK: a, b, c ve d derişimler; x, t ve v ve y harfleri süreler arası farkı belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında P<0.05 düzeyinde istatistik fark vardır.

$\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama \pm Standart hata,

DA : Duyarlılık düzeyi altında,

N : Her bir gruptaki balık sayısı

Tablo 2. T. zilli'de kurşunun karaciğer dokusundaki birikimi ($\mu\text{g Pb/g k.a.}$) üzerine ortam derişiminin ve sürenin etkileri.

Ortam Derişimi (ppm Pb)	N	SÜRE			
		1. Gün	7. Gün	15. Gün	30. Gün
		$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$
0.0	12	DA a	DA a	DA a	DA a
1.0	12	8.78 \pm 0.97 bx	12.54 \pm 0.19 bx	21.69 \pm 1.42 bt	37.23 \pm 3.72 bv
2.5	12	9.24 \pm 1.57 bx	16.56 \pm 1.02 ct	26.79 \pm 3.20 bcv	36.76 \pm 2.09 by
5.0	12	11.55 \pm 1.41 bx	18.23 \pm 1.28 cx	34.24 \pm 3.05 ct	34.92 \pm 2.65 bt

Kısaltmalar Tablo: 1'de kullanıldığı gibidir.

dokudaki birikim düzeyi düşüktür. Buna karşın, 7. günden itibaren birikim belirgin olup, özellikle 15. ve 30. günlerde çok yüksek düzeye ulaşmıştır. Ancak, tüm derişimlerde birikim düzeyi bakımından 15. ve 30. günler arasında istatistik fark bulunmaması 15. günden itibaren böbrek dokusu kurşun birikim hızının yavaşladığını göstermektedir (Tablo 3).

Kurşun, böbrek dokusundan sonra en fazla beyin dokusunda birikmiştir. Özellikle 15. ve 30. günlerde, böbrek dokusundakine benzer şekilde, beyin dokusu kurşun birikim düzeyi belirgin olarak artış göstermiştir. Ortam derişimine bağlı olarak dokudaki metal birikim düzeyi artmakla birlikte, sürenin etkisi daha belirgin olup genellikle istatistik fark gösterecek düzeydedir. Örneğin; 2.5 ve 5.0 ppm kurşun derişimlerinde bütün süreler arasında istatistik fark bulunmaktadır. Her bir süre için ortam derişiminin etkisi dikkate alındığında; 1 ve 7

günlük sürelerde 5.0 ppm derişimin etkisi, 15 ve 30 günlük sürelerde ise 2.5 ve 5.0 ppm derişimlerin etkisi istatistik fark gösterecek düzeyde önemlidir (Tablo 4).

Tartışma

Bu çalışmada belirlenen ortam derişimlerinin etkisinde 30 günlük sürenin sonunda mortalite görülmemesi, *Tilapia* türlerinin çeşitli ağır metallere karşı tolerans düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan araştırmalarla uyum göstermektedir (30, 31). Araştırma birimimizde yapılan bir mortalite çalışması sonucu, bakır toksisitesine karşı *Tilapia nilotica*'nın *Cyprinus carpio*'dan daha dirençli olduğu saptanmıştır (32). *Cyprinus carpio*'da 4 gün süre ile 5 ppm kurşun etkisinde mortalite görülmesine rağmen (7) çalışmamızda mortalite görülmemesi dikkat çekicidir.

Tablo 3. *T. zilli*'de kurşunun böbrek dokusundaki birikimi ($\mu\text{g Pb/g k.a.}$) üzerine ortam derişiminin ve sürenin etkileri.

Ortam Derişimi (ppm Pb)	N	SÜRE			
		1. Gün	7. Gün	15. Gün	30. Gün
		$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$
0.0	12	DA a	DA a	DA a	DA a
1.0	12	14.76 \pm 0.74 bx	52.42 \pm 1.25 bt	216.58 \pm 16.18 bv	213.52 \pm 13.03 bv
2.5	12	16.12 \pm 1.32 bx	66.39 \pm 3.18 bt	392.10 \pm 14.57 cv	393.53 \pm 22.72 cv
5.0	12	21.57 \pm 1.68 cx	94.10 \pm 3.01 ct	411.43 \pm 12.89 cv	436.10 \pm 7.65 cv

Kısaltmalar Tablo: 1'de kullanıldığı gibidir.

Tablo 4. *T. zilli*'de kurşunun beyin dokusundaki birikimi ($\mu\text{g Pb/g k.a.}$) üzerine ortam derişiminin ve sürenin etkileri.

Ortam Derişimi (ppm Pb)	N	SÜRE			
		1. Gün	7. Gün	15. Gün	30. Gün
		$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$	$\bar{X} \pm S\bar{x}^*$
0.0	12	DA a	DA a	DA a	DA a
1.0	12	11.61 \pm 1.45 bx	20.64 \pm 1.86 bx	130.83 \pm 11.42 bt	154.57 \pm 7.42 bv
2.5	12	11.81 \pm 1.62 bx	29.86 \pm 1.31 bt	155.03 \pm 5.16 bcv	189.64 \pm 5.78 cya
5.0	12	20.55 \pm 2.04 cx	47.58 \pm 4.43 ct	172.58 \pm 9.70 cv	181.46 \pm 4.22 cv

Kısaltmalar Tablo: 1'de kullanıldığı gibidir.

Kurşun birikim düzeyi bakımından dokular arasındaki ilişki böbrek > beyin > solungaç > karaciğer şeklinde olmasına karşın, 1. günde solungaç dokusu çalışılan diğer dokulardan daha fazla metal biriktirmiştir. Özellikle 5.0 ppm ortam derişiminde solungaç dokusu kurşun düzeyi oldukça yüksektir (Tablo 1). Benzer şekilde *C. carpio* ile yapılan bir çalışma sonucu 2.5, 5.0, 10 ve 20 ppm kurşun ortam derişimlerinde 1. günün sonunda solungaç dokusunun böbrek, karaciğer, kas, kemik ve beyin dokularına oranla daha fazla metal biriktirdiği saptanmıştır (7). Balıklarda ortamdaki ağır metallerin öncelikle solungaç dokusu yüzeyi ile etkileştikleri bilinmektedir (33). Bu çalışmada, solungaç dokusu kurşun birikim düzeyi 1.0 ppm ortam derişiminde deney süresine bağlı olarak artarken, 2.5 ve 5.0 ppm ortam derişimlerinde 1. güne oranla 7. ve 15. günlerde bir miktar düşüş göstermiştir (Tablo 1). Bu durum, deney süresine bağlı olarak solungaç üzerinden kan yolu ile karaciğer, böbrek, beyin ve kemik gibi dokulara taşınan kurşun oranının artması, ayrıca solungaç yüzeyinden daha fazla mukus salınmasının metal geçişini engellemesi gibi nedenler ile açıklanabilir (23, 34). Kurşunun solungaç filamentlerinde patolojik değişiklik yaparak hücrede çekirdek dejenerasyonuna ve doku bütünlüğünün bozulmasına neden olduğu da bilinmektedir (19).

Karaciğer dokusu metalotionein (MT) ve metalotionein dışı, metal bağlayıcı proteinlerin başlıca sentez yeri olduğundan (35) kadmiyum, bakır ve çinko gibi metalleri yüksek düzeyde biriktirmektedir (22, 36). Ancak, bu çalışmada karaciğer dokusunun incelenen diğer dokulara göre daha az kurşun biriktirdiği saptanmıştır (Tablo 2). İskenderun Körfezi'nden alınan *Mullus barbatus* ve *Sparus aurata* türü balıklarda, karaciğer dokusunun kurşuna oranla kadmiyumu daha yüksek düzeyde biriktirdiği belirlenmiştir (37).

Bu çalışmada, böbrek dokusu kurşun derişimi özellikle 15. ve 30. günlerde belirgin olarak artmıştır. Ayrıca, incelenen dokularda biriken toplam metalin %52.87'si bu dokuda ölçülmüştür. Böbrek dokusundaki kurşunun metal bağlayıcı proteinlerin sentezini aktive ettiği, dokudaki kurşun yüküne bağlı olarak proteinlerin tutamadığı serbest metalin tübüllerin geri emme fonksiyonunu (reabsorbsiyon) zayıflatarak amino asit, glikoz ve fosfat kaybına neden olduğu ifade edilmektedir (16). Bu çalışmada olduğu gibi *Mytilus edulis* türü midyelerde de dokulardaki kurşun birikim düzeyi, ortam

derişimine bağlı olarak artış göstermiş olup, en yüksek kurşun derişimi de böbrek dokusunda ölçülmüştür (38).

Birinci ve yedinci günlerde düşük olan beyin dokusu kurşun derişimi, özellikle 15. ve 30. günlerde belirgin olarak artış göstermiştir (Tablo 4). Daha önce aynı araştırma biriminde *Tilapia nilotica* ve *Cyprinus carpio* ile yapılan bir çalışma sonucu da beyin dokusunun kadmiyum, nikel ve kroma oranla kurşunu daha yüksek düzeyde biriktirdiği saptanmıştır (8). Beyin dokusu kurşun birikim düzeyinin yüksek olması bakımından bu çalışmanın sonuçları bizim elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Yine tatlısu türü olan *Anabas testudineus* ile yapılan bir çalışma sonucu beyin ve kemik dokularında yüksek düzeyde kurşun biriktiği belirlenmiştir (14). Kan - beyin engelini aşarak beyin dokusunda yoğunlaşan kurşunun, bu dokunun biyokimyasal fonksiyonlarına etkisini belirlemek amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Kurşunun beyinde monoamin oksidaz ve asetilkolin esteraz enzimlerinin aktivitesini, ayrıca gama amino butirik asit, kolesterol ve lipid düzeyini düşürerek nörotransmitter fonksiyonları engellediği belirlenmiştir (12).

Organizmada toksik etki yapacak düzeyde biriken kurşun, öncelikle anemiye, nöron iletim sisteminde blokasyona, böbrek tübüllerinde yıkıma neden olmaktadır. Kurşuna bağlı olarak ortaya çıkan anemi, delta-amino levulinik asit dehidrataz aktivitesi ölçülerek belirlenmektedir. Kurşun merkezi sinir sisteminde yıkıma neden olabilmektedir. Ayrıca kurşun kalsiyum kanallarını bloke etmekte, siklik adenosin monofosfatın hidrolizini hızlandırmakta, Na⁺/K⁺- ATPaz aktivitesini inhibe edebilmektedir (39, 40).

Bu çalışmanın sonucunda, 30 gün süre ile 5.0 ppm kurşunun *T. zilli*'de ölüme neden olmadığı belirlenmiştir. Kurşun en fazla böbrek ve beyin dokularında birikmiştir. Ancak 1. günde solungaç dokusunun içerdiği toplam metal düzeyi oldukça yüksektir. Deney süresine bağlı olarak özellikle böbrek ve beyin dokuları metal birikim düzeyi belirgin olarak artış göstermiştir. Bu durum, böbrek dokusunun kurşun bağlayıcı proteinler içermesi, metal atılımının önemli düzeyde bu doku üzerinden olması, kurşunun kalsiyum kanalları yardımıyla beyin ve böbrek dokularına daha kolay taşınması, ayrıca trialkil kurşunun kan - beyin engelini kolayca aşabilmesi ile açıklanabilir.

Kaynaklar

1. Mance, G.: Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environment. Elsevier, 363 pp, London, 1987.
2. Dobrowolski, J.W., Fertig, S.: Bioindication of the Contamination by Heavy Metals of People and Animals in the Regions of Some Metallurgical Works. Polish Academy of Sciences – The Krakow Section. Proceedings of the Mining and Geodesy Commission, Geodesy 35, 1990.
3. Langston, W.J.: Toxic Effects of Metals and the Incidence of Marine Ecosystems In: Furness, R.W., Rainbow, P.S. (Ed.), Heavy Metals in the Marine Environment, 256 pp. CRS Press, New York, 1990.
4. Harrison, R.M.: Lead Pollution Causes and Control. University of Lancaster, Lancaster. Laxen D.P.H. London and New York, 1981.
5. Albert, L.A., Badillo F.: Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Vol. 117. Ware, G. W. (Ed.), Environmental Lead in Mexico Springer – Verlag, New York Inc., 1991.
6. Kulikova, I., Selsuma, Z., Lengzdina, M.: Heavy Metals in Marine Organisms. Symposia Biologica Hungarica, 1985; 29, 141-151.
7. Nishihara, T., Shimamoto, T., Wen, K.G., Kondo, M.: Accumulation of Lead, Cadmium and Chromium in Several Organs and Tissues of Carp. Eisei Kagaku, 1985; 31(2), 119-123.
8. Canlı, M., Kargin, F.: A Comparative Study of Heavy Metal (Cd, Cr, Pb and Ni) Accumulation in the Tissue of the Carp *Cyprinus carpio* and the Nile Fish *Tilapia nilotica*. Tr. J. Zoology, 1995; 19, 165-171.
9. Zouranyika, M.F., Goredema, R.: Concentration of Cd, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn in Bream, *Oreochromis macrochii*, During the 1996 Male Fish Deaths in Lake Chivero, Zimbabwe. J. Environ. Sci. Health, 1997; A 32(7), 1895-1906.
10. Douben, P.E.T., Koeman, J.H.: Effects of Sediments on Cadmium and Lead in the Stone Loach (*Noemacheilus barbatulus* L.). Aquatic Toxicol., 1989; 15, 253-268.
11. Sayer, M.D.J., Reader, J.P., Morris, R.: Embryonic and Larval Development of Brown Trout, *Salmo trutta* L.: Exposure to Aluminium, Copper, Lead or Zinc in Soft Acid Water. J. Fish Biol., 1991; 38, 431-455.
12. Katti, S.R., Sathyanesan, A.G.: Lead Nitrate Induced Changes in the Brain Constituents of the Freshwater Fish *Clarias batrachus*. Neuro Toxicol., 1986; 3: 47-52.
13. Katti, S. R., Satyanesan, A.G.: Lead Nitrate Induced Changes in Lipid and Cholesterol Levels in the Freshwater Fish (*Clarias batrachus*). Toxicology Letters, 1983; 19, 93-96.
14. Tulasi, S. J.; Reddy, P.U.M., Romana Rao, J.V.: Accumulation of Lead and Effects on Total Lipids on Lipid Derivatives in the Fresh Water Fish *Anabas Testudineus* (Bloch) Ecotoxicol. Environ. Safety, 1992; 23, 33-38.
15. Pain, D.J.: Haematological Parameters as Predictors of Blood Lead and Indicators of Lead Poisoning in the Black Duck (*Anas rubripes*). Environ. Pollution, 1989; 60, 67-81.
16. Abdulla, M., Chmielnicka, J.: New Aspects of the Distribution and Metabolism of Essential Trace Elements. After Exposure to Toxic Metals. Biol. Trace Elem. Res., 1990; 23, 25-53.
17. Murgueyio, A.M., Evans, R.G., Sterling, D., Serrano, F., Roberts, D.: Behaviors and Blood Lead Levels of Children in a Lead-Mining Area and Comparison Community. Environmental Health, January-February, 14-20, 1998.
18. Sastry, K.V., Gupta, P.K.: Histopathological and Enzymological Studies on the Effects of Chronic Lead Nitrate Intoxication in the Digestive System of a Freshwater Teleost, *Channa punctatus*. Environ. Res. 1978; 17, 472-479.
19. Rubio, R., Tineo, P., Torreblanca, A., Ramo, J.D., Mayans, J.D.: Histological and Electron Microscopical Observations on the Effects of Lead on Gills and Midgut Gland of *Procambarus clarkii*. Toxicol. Environ. Chem., 1991; 31-32, 347-352.
20. Dave, G., Xiu, R.: Toxicity of Mercury, Copper, Nickel, Lead and Cobalt to Embryos and Larvae of Zebrafish. *Brachydanio rerio*. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 1991; 21, 126-134.
21. Legarbun, I., Canton, L., Millan, E., Casado, A.: Trace Metal Levels in Fish from Unda River (Spain) Anguillidae, Mugillidae and Salmonidae. Environ. Technol. Lett, 1988; 9, 1373-1378.
22. Kalay, M.: *Tilapia nilotica*'da Karaciğer, Dalak, Böbrek, Kas ve Solungaç Dokularındaki Kadmium Birikiminin Total Protein Düzeyi ve İyon Dağılımı Üzerine Etkileri. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Doktora Tezi. Eylül-1996. Adana.
23. Varanasi, L., Markey, D.: Uptake and Release of Lead and Cadmium in Skin and Mucus of Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Comp. Biochem. Physiol. 1978; 60 C,187-191.
24. Demichele, S.J.: Review, Nutrition of Lead. Comp. Biochem. Physiol.1984; Vol. 78A, No: 3, 401.
25. Saruhan, E., Toral, O.: Bir Tropik Balık Türü Olan *Tilapia Nilotica* (Lin.) 1758' in Çukurova Bölgesinde Geliştirme Sorunları Üzerine Bir Tartışma Tübitak 7. Bilim Kongresi (9 Eylül – 3 Ekim 1980, İstanbul).
26. Ruparelia, S.G., Verma, Y., Saiyed, S.R., Raval, U.M.: Effects of Cadmium on Blood of Tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), During Prolonged Exposure. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 1990; 45, 305-312.
27. Muramoto, S.: Elimination of Copper from Cu-Contaminated Fish by Long-Term Exposure to EDTA and Freshwater. J. Environ. Sci. Health, 1983; A18(3), 455-461.
28. Rohlf, J.F., Sokal, R.R.: 'Statistical Tables'. W.H. and Freeman and Company, San Francisco, 253, 1969.
29. Sokal, R.R., Rohlf, J.F.: 'Biometry'. W.H. and Freeman and Company, San Francisco, 776, 1969.
30. Erdem, C.: Cadmium Accumulation in Liver, Spleen, Gill and Muscle Tissues of *Tilapia nilotica* (L.). Biyokim. Derg. 1990; XV, 3, 13 – 22.

31. Cıçık, B., Erdem, C.: *Tilapia nilotica*'da Bakırın Karaciğer ve Kas Dokularındaki Nicel Protein derişimlerine Etkileri. *Biyokim. Derg.*, 1992; XVII(1): 51 – 64.
32. Erdem, C., Kargin, F.: *Cyprinus carpio* ile *Tilapia nilotica*'nın Karaciğer, Dalak, Barsak, Solungaç ve kas dokularındaki Bakır Birikiminin Karşılaştırmalı olarak Araştırılması. *Biyokim. Derg.*, 1992; XVII(1): 13 – 27.
33. Collvin, L.: Uptake of Copper in the Gills and Liver of Perch, *Perca fluviatilis*. *Ecol. Bull.*, 1984; 36, 57 – 61.
34. Part, P., Lock, R.A.: Diffusion of Calcium, Cadmium and Mercury in a Mucous Solution from Rainbow Trout. *Comp. Biochem. Physiol.* 1983; 76C(2): 259 – 263.
35. Olsson, P. E., Haux, C.: Increased Hepatic Metallothionein Content Correlate to Cadmium Accumulation in Environmentally Exposed Perch (*Perca fluviatilis*). *Aqua. Toxicol.*, 1986; 9, 231 – 242.
36. Kalay, M., Erdem, C.: Bakırın *Tilapia nilotica*'da Karaciğer, Böbrek, Solungaç, Kas, Beyin ve Kan Dokularındaki Birikimi ile Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. *Tr. J. Zool.*, 1995; 19, 27 – 33.
37. Kargin, F.: Seasonal Changes in Levels of Heavy Metals in Tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* collected from İskenderun Gulf (Turkey). *Water, Air Soil Pollut.*, 1996; 90: 557 – 562.
38. Schulz – Baldes, M.: Lead Uptake from the Sea Water and Food, and Lead Loss in the Common Mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biol.*, 1974; 25, 177 – 193.
39. Simons, T.T.B., Pocock, G.: Lead Enters Bovine Adrenal Medullary Cells Through Calcium Channels. *J. Neurochem.*, 1987; 48, 383 – 389.
40. Pain, D.J., Rattner, B.A.: Mortality and Hematology Associated with the Ingestion of One Number Four Lead Shot in Black Ducks, *Anas rubripes*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1988; 40: 159-164.