



## Yeşil Alg *Cladophora glomerata* Mevcudiyetinde, Kadmiyuma Maruz Bırakılan Nil tilapiası, *Oreochromis niloticus*'un Karaciğer Dokularındaki Histolojik Değişiklikler

Birgül OTLUDİL, Hülya KARADEDE AKIN

Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

### Özet

Nil tilapiası, *Oreochromis niloticus* (L.), *Cladophora glomerata* (L) Kutz (*Chlorophyta*)'nın bulunup bulunmadığı ortamlarda kadmiyumun (0,1 mg/l ve 1 mg/l) sublethal konsantrasyonlarına maruz bırakıldı. 15 ve 30 günlük periyotlar sonunda *Oreochromis niloticus* karaciğerleri alınarak histolojik preparatları hazırlandı. Kadmiyumun farklı konsantrasyonlarında karaciğerlerde meydana gelen histopatolojik değişiklikler ışık mikroskopunda incelendi. Kadmiyum uygulaması sonucunda; karaciğer dokusunda, sinüzoidal bölgelerde dilatasyon, kan damarlarında ve sinüzoidlerde konjesyon, hepatositlerde hipertrofi, hiyalin damlacıkları akümüasyonu, parankim dejenerasyonu ve lipid vakuolasyonu gibi değişiklikler gözlemlendi. Ayrıca subkapsüler ve dağılmış fokal nekroz görüldü. Karaciğerlerde lezyonların şiddeti artan kadmiyum konsantrasyonuna ve zamana bağlı olarak artış gösterdi.

**Anahtar Kelimeler:** *Cladophora glomerata*, Histopatoloji, Kadmiyum, Karaciğer, *Oreochromis niloticus*.

### Histological Changes in Liver Tissues of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Exposed to Cadmium in the Presence of Green Algae *Cladophora glomerata*

#### Summary

Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), was exposed to sublethal concentrations (0.1 mg/l and 1 mg/l) of cadmium (cd) in the presence or absence of *Cladophora glomerata* (L) Kutz (*Chlorophyta*). At the end of 15 and 30 days periods, *Oreochromis niloticus* samples were dissected and their livers were collected. Then, the livers were histologically investigated. Histopathological changes occurred in the livers at different concentrations of Cd were studied by light microscope. After Cd application, changes such as dilatation in the sinusoidal region of liver tissue, congestion in blood vessels and sinusoids, hypertrophy in hepatocytes, accumulation of hyaline droplets, degeneration of parenchyma and lipid vacuolation were observed. Furthermore, subcapsular and dispersed focal necrosis were also encountered. Lesion intensity in the livers increased depending on increased Cd concentration and time.

**Keywords:** *Cladophora glomerata*, Cadmium, Histopathology, Liver, *Oreochromis niloticus*.

### Giriş

Ağır metallerin, insan faaliyetleri sonucu özellikle endüstriyel atık suların içme sularına karışması veya ağır metalle kirlenmiş partiküllerin atmosfere oradan da toprak ve suya geçmesiyle sulardaki konsantrasyonları artmaktadır. Bu kirleticiler bazı toleranslı türler tarafından biriktirilerek, giderek artan bir oranda besin zincirinin üst tabakalarına taşınarak canlılara ve özellikle insanlara zarar vermektedir (1).

Kadmiyum, toksik etki göstermesi, çevrede yaygın dağılımı ve düşük düzeylerde bile organizmalarda yan etkilere yol açması nedeniyle çevre çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir metaldir. Balıklarda kadmiyum etkisi sonrasında büyümede gerilik ve karaciğer fonksiyonlarında değişiklik gözlemlenmektedir (2,3). Araştırmada materyal olarak kullanılan Nil tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1757), kültür koşullarında besleme, gelişme ve üremesinin kolay olması,

kirleticilere karşı dirençliliği ve protein kaynağı olarak kültürünün yaygın bir şekilde yapılması nedeniyle toksikolojik çalışmalarda iyi bir biyolojik model olarak kabul edilmektedir (4).

Bazı algler, sulu çözeltilerden metal iyonlarını adsorbe etme kapasitesine sahip olduklarından dolayı atıksulardaki metallerin uzaklaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadırlar (5,6). Türkiye'nin nehirlerinde yaygın olarak dağılım gösteren *Cladophora glomerata* ağır metalleri ortamdaki alabilen önemli biyoindikatör türüdür (7,8). Bu nedenle çalışmamızda *Cladophora glomerata*'yı ortamdaki kadmiyumun bir toplayıcısı olarak kullandık.

Histopatolojik çalışmalar, çevresel kirleticilerin balıklar üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde oldukça hassas bir parametre olarak görülmekte ve karaciğer gibi hedef organlarda meydana gelebilecek hücresel değişikliklerin belirlenmesinde kritik önem

taşımaktadır. Bu nedenle ağır metallere maruz kalan balık karaciğerleri çevre faktörleri ile hepatik yapılar ve fonksiyonlar arasındaki etkileşimleri histolojik olarak incelemek için uygun bir modeldir (9,10,11). Histopatolojik çalışmalarda, kadmiyumun karaciğerde birikimi sonucunda, sinüzoidlerde, hepatositlerde ve merkezi kanalda ciddi değişikliklere ve fokal nekroza neden olduğu görülmektedir (12,13,14,15).

Bu çalışmada, *Oreochromis niloticus*'a farklı dozlarda ve farklı sürelerde kadmiyum verilerek, kadmiyum birikim oranlarına bağlı olarak karaciğerde meydana gelen histopatolojik değişiklikler incelenmiş ve aynı ortamdaki *Cladophora glomerata*'nın mevcudiyetinde kadmiyum konsantrasyonlarının Nil tilapiası'nın karaciğeri üzerine olan etkisinin histolojik olarak araştırılması amaçlanmıştır.

### Materyal ve Metot

Deney materyali olarak kullanılan Nil tilapiası (*Oreochromis niloticus*) örnekleri, 2006 yılında Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından, yeşil alg (*Cladophora glomerata*) örnekleri ise Dicle nehrinden (37°55' 06" N 40°14' 057" E, 580 m) sağlandı. Laboratuvara getirilen *Oreochromis niloticus* ve *Cladophora glomerata* örnekleri, akvaryumlara yerleştirilerek  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  sıcaklıkta, 8 saat aydınlık 16 saat karanlık periyotta 20 gün boyunca laboratuvara alışmaları sağlandı. Deneyde kullanılan suyun ortalama değerleri, pH  $7.94 \pm 0.505$ , çözülmüş oksijen  $7.5 \pm 0.38$  mg / l, toplam klorid 42.6 mg/ l, toplam sertlik  $287 \pm 2.35$  mg/l  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  2.1 mg/l,  $\text{NO}_2\text{-N}$  0.002 mg/l ve iletkenlik 7.94 Mmho / cm. Akvaryumlar deney sırasında her gün oksijen ile suyu doyurmak için hava kompresörüne bağlı hava taşlarıyla havalandırıldı. Balıklara deney boyunca günde bir kez diet besin verildi (ProAqua Nutrición S.A. composition: 45% protein, 22% lipids, 15% carbohydrates, 8.5% ash, 5% vitamin and mineral). Adaptasyondan sonra balıklar 6 gruba ayrıldı.

- Grup I, Cd konsantrasyonuna maruz bırakılmayan sadece balık kontrol grubu
- Grup II, Cd konsantrasyonuna maruz bırakılmayan balık ve yeşil alg grubu
- Grup III, 0,1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan balık grubu,
- Grup IV, 0,1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubu,
- Grup V, 1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan balık grubu
- Grup VI, 1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubu

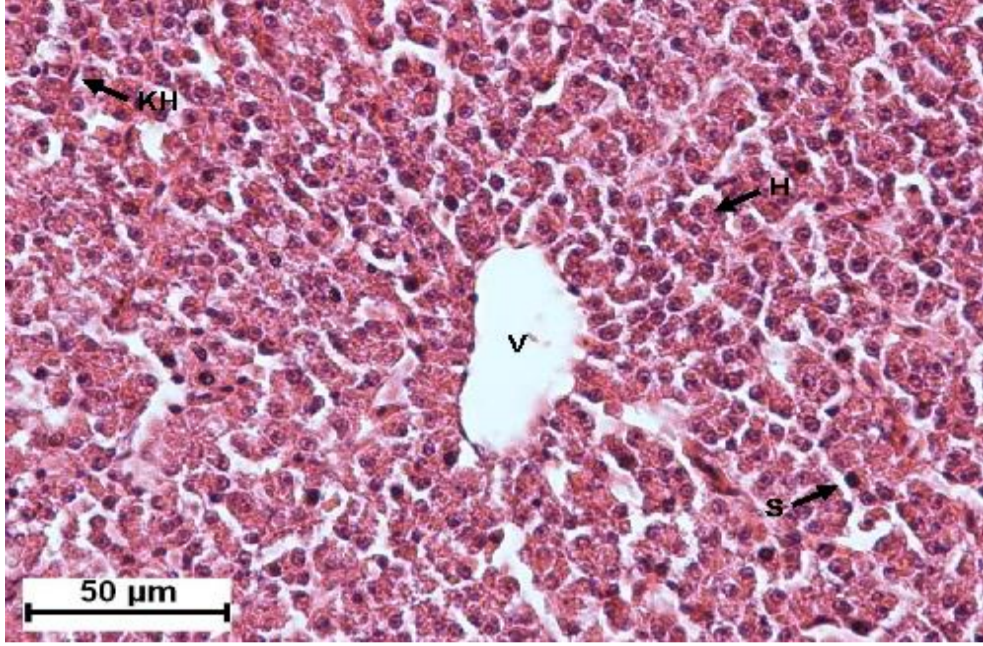
Kadmiyumun stok çözeltisi 1 litrelik distile suda 1632 mg  $\text{CdCl}_2$  çözülmesiyle hazırlandı. Deney düzeneği hazırlandıktan sonra kontrol grupları dışındaki gruplara kadmiyum subletal dozları ilave edildi ve deneysel süreç 30 günde tamamlandı.

Histopatolojik incelemeler için her bir gruptan üç balık, 15 ve 30 günlük tedavi sürelerinden sonra çıkarıldı. Balık, 50 mg/l MS-222 (3-aminobenzoik asit etil ester metan sülfonat tuzu, Sigma) solüsyonu içinde anestezi altına alındı ve disseksiyonları yapıldı. Balık karaciğer dokuları %10'luk formalinde tespit edildi ve 24 saat akar çeşme suyu altında bekletildi. Etil alkol ile dehidre edilen dokular ksilolde şeffaflaştırıldı. Parafin banyolarından sonra parafin bloklara alınan dokulardan rotary mikrotom aracılığı ile 5  $\mu\text{m}$  kalınlığında kesitler alındı. Dokular hematoxylin ve eosin boyası ile boyandıktan sonra ışık mikroskobu (Eclipse 80i, Nikon) ile incelenerek fotoğrafları çekildi (Digital Sight DS-2Mv, Nikon, Tokyo, Japan).

### Bulgular

#### Kontrol Grupları

Karaciğer, hepatosit adı verilen bir nükleus ve yoğun boyanan nükleolusu olan poligonal hücrelerden oluşur. Hepatositler biraraya gelerek karaciğer hücre kordonlarını oluşturur. Hepatositler tarafından çevrilen sinüzoidler kupfer hücreleri ile sınırlanmıştır.



**Şekil 1.** *Oreochromis niloticus*'un 30. gün kontrol grubu. V; Merkezi kanal, H; Hepatosit, KH; Kupfer hücresi, S; Sinüzoid, H &E.

Çalışmamızda kontrol gruplarının (Grup I ve Grup II) karaciğer dokularında herhangi bir histopatolojik değişiklik gözlenmedi (Şekil 1).

#### **Deney Grupları**

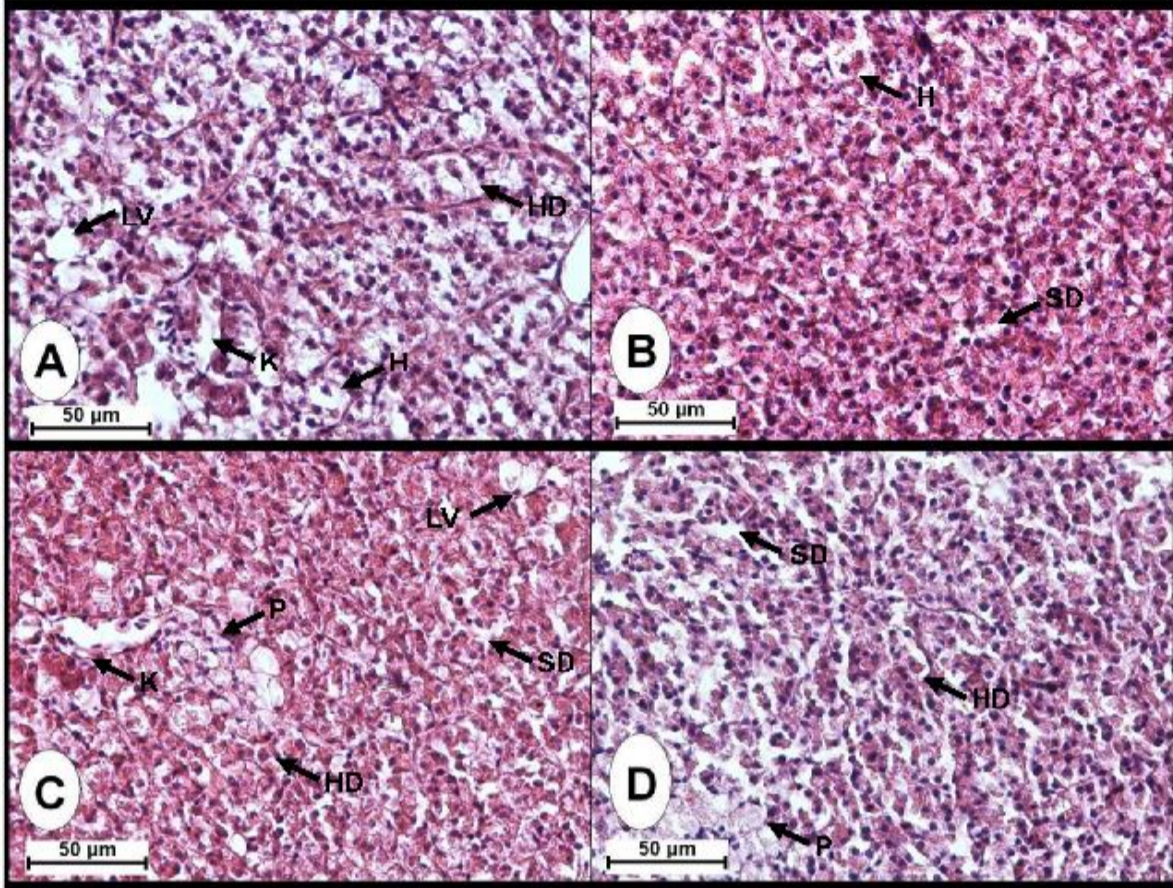
##### **Kısa süreli periyot**

Deneyin 15 günlük tedavisi sonunda 0,1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan balık grubunda (Grup III); hepatositlerde hipertrofi, az miktarda hiyalin damlaları akümülyasyonu, lipid vakuolasyonu, sinüzoidlerde ve venalarda konjesyon tespit edilmiştir (Şekil 2A). Kadmiyum konsantrasyonuna maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubunda (Grup IV); çok hafif hipertrofi gözlenmiştir (Şekil 2B). Kadmiyum konsantrasyonuna maruz bırakılan balık grubunda (Grup V); lipid vakuolasyonu ve hiyalin granülü akümülyasyonu orta derecede artış göstermiş, sinüzoid dilatasyonda ilerleme, parankim dejenerasyonu ve konjesyon tespit edilmiştir (Şekil 2C). Kadmiyum konsantrasyonuna maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubunda (Grup VI); az miktarda hiyalin granülü akümülyasyonu, orta derecede sinüzoid dilatasyonu ve parankim dejenerasyonu tespit edilmiştir (Şekil 2D).

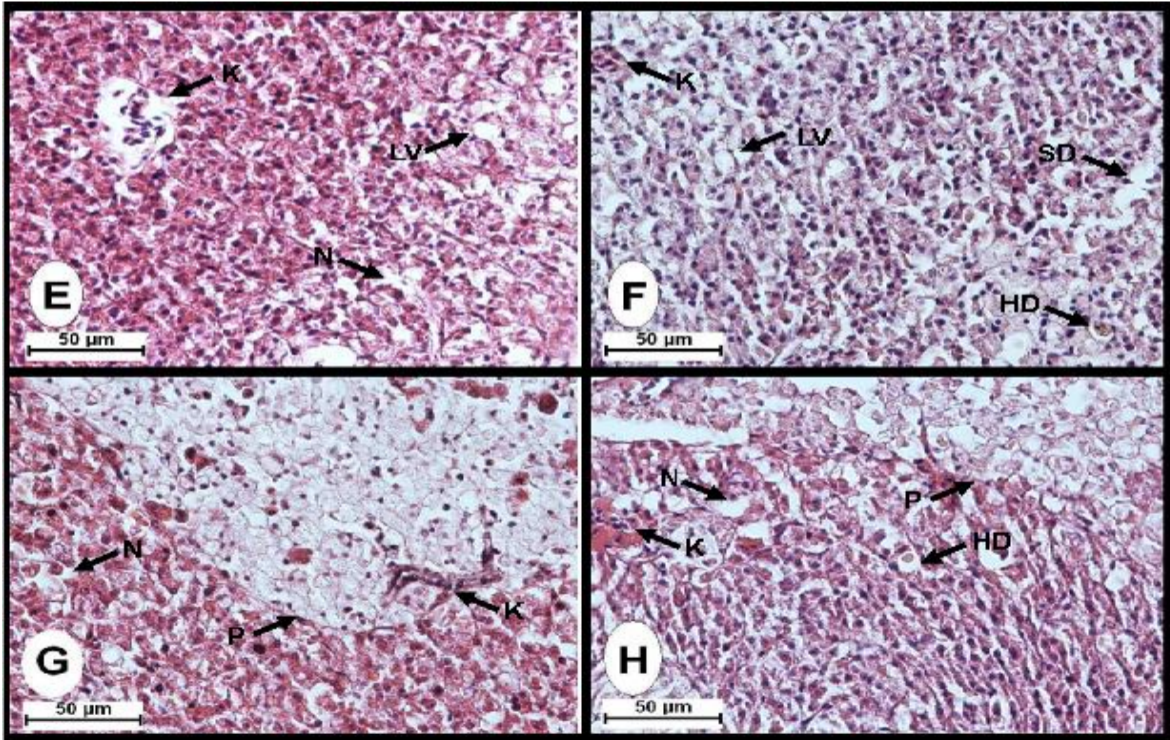
##### **Uzun süreli periyot**

Kadmiyumun subletal konsantrasyonlarına maruz bırakılan balıklarda 30. günün sonunda 0,1 mg/l Cd grubunda (Grup III); hepatositlerde hipertrofi, aşırı miktarda hiyalin damlaları akümülyasyonu ve lipid vakuolasyonu, sinüzoidlerde ve venalarda ileri derecede konjesyon ve fokal nekroz görülmüştür (Şekil 3E). 0,1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubunda (Grup IV); lezyonları alglerden dolayı daha hafif olup sinüzoidlerde dilatasyon, hiyalin damlaları ve lipid vakuolasyonu daha hafif gözlenmiştir (Şekil 3F). 1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan balık grubunda (Grup V); parankim dejenerasyonu, hepatositlerde hipertrofi, fokal nekroz, sinüzoidlerde ve venalarda konjesyon oldukça ileri derecede görülmüştür (Şekil 3G). 1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubunda (Grup VI); hiyalin damlası, konjesyon, parankim dejenerasyonu ve fokal nekroz gibi lezyonları algler ortamındaki balıklara kıyasla daha hafif seyretmiştir (Şekil 3H).





Şekil 2. (A) 0,1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan *Oreochromis niloticus*'un 15. günde karaciğer dokusu. H; Hipertrofi, HD; Hiyalin damlası, K; Konjesyon, LV; Lipid vakuolasyonu, H&E. (B) 0,1 mg/l Cd maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubu, H; Hipertrofi, SD; Sinüzoid dilatasyonu, H&E. (C) 1 mg/l Cd maruz bırakılan balık grubu, HD; Hiyalin damlası, LV; Lipid vakuolasyonu, SD; Sinüzoid dilatasyonu, K; Konjesyon, P; Parankim dejenerasyonu, H&E. (D) 1 mg/l Cd maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubu, HD; Hiyalin damlası, SD; Sinüzoid dilatasyonu, P; Parankim dejenerasyonu, H&E.



Şekil 3. (E) 0,1 mg/l Cd maruz bırakılan *Oreochromis niloticus*'un 30. günde karaciğer dokusu. K; Konjesyon, LV; Lipid vakuolasyonu, N; Fokal nekroz, H&E. (F) Cd maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubu, SD; Sinüzoid dilatasyonu, HD; Hiyalin damlası, LV; Lipid vakuolasyonu, K; Konjesyon, H&E. (G) 1 mg/l Cd maruz bırakılan balık grubu, P; Parankim dejenerasyonu, K; Konjesyon, N; Fokal nekroz, H&E. (H) 1 mg/l Cd'a maruz bırakılan balık ve yeşil alg grubu, HD; Hiyalin damlası, K; Konjesyon, P; Parankim dejenerasyonu, N; Fokal nekroz, H&E.



## Tartışma

Balıklarda kadmiyum akümülyasyonu sonucu oluşan histopatolojik değişiklikler oldukça önemli boyutlardadır. Histopatolojik biomarkırlar, ekosistemlerde çevre kirliliğine maruz kalan balık populasyon sağlıının incelenmesinde, çeşitli antropojenik kirlenmelerin göstergesi olarak kullanılabilir (16). Kirliliğe maruz kalan balıklarda birçok histopatolojik değişiklik gözlenmiştir. Velkova-Jordanoska and Kostoski (17),’e göre histopatolojik değişiklikler, etkilenen organizmada doku ve hücresele düzeydeki değişikliklerin belirmesinde biomarkır olarak kullanılabilir.

Histopatolojik araştırmaların, aynı zamanda, laboratuvar şartlarında çalışılan balıkların hedef organlarında biriken kimyasal maddelerin etkisini ortaya çıkarmada kullanılan çalışmalar olduğu düşünölmektedir. Kadmiyum çalışmaları sonucunda balıklarda büyümede gerilik ve karaciğer fonksiyonlarında değişiklik gözlenmiştir (2,3,13,18)

Kadmiyum akümülyasyonunun en fazla karaciğer dokusunda olduğu düşünölmektedir. Rashed (19), tarafından en yüksek kadmiyum konsantrasyonunun karaciğerde olduğu gösterilmiştir. Marafante (20), *Carassius auratus* L. tarafından alınan kadmiyumun %75’inin karaciğer ve böbreklerde biriktiğini açıklamıştır.

Al-Nasser (12), balığın karaciğerindeki kadmiyum birikiminin, mitokondri iç zarının kaybına ve mitokondri içindeki kalsiyum birikiminin yok olmasına neden olarak balığın mitokondriyal fonksiyonunu bozduğunu açıklamıştır. Böylece de balığın solunumu engellenmekte, buna bağlı olarak da histopatolojik değişiklikler gelişmektedir. Ayrıca balık karaciğerindeki lipid miktarının değişimi (çoğunlukla hepatositlerdeki lipid peroksitin kadmiyum tarafından indirgenmesi sonucu), hepatosit ölümüne neden olmaktadır (21).

Kadmiyuma maruz kalmış *Oreochromis niloticus*’un karaciğerlerinde; sinüzoidal bölgelerde dilatasyon, kan damarlarında ve sinüzoidlerde konjesyon, hepatositlerde hipertrofi, hiyalin damlacıkları akümülyasyonu, parankim dejenerasyonu ve lipid vakuolasyonu gibi değişiklikler belirlendi. Ayrıca subkapsüler ve dağınık fokal nekroz göröldü. Kabir and Begüm (22), Singhi balığı (*Heteropneustes fossilis*) üzerine yaptıkları çalışma sonucunda karaciğer dokularında sitoplazmik dejenerasyon, piknotik nükleus, hepatic hücrelerde vakuolasyon ve

kan damarlarında bozulma gözlemlenmiştir. Selvanathan ve ark., (14), tarafından Cd uygulanan *Clarias batrachus*’un karaciğer dokularında subkapsüler vakuolizasyon, hepatositlerde hipertrofi, epitelde hemoraji, piknotik nükleus, sinüzoidlerde ve merkezi venlerde konjesyon ve şiddetli nekroz tespit etmişlerdir. Kadmiyuma maruz kalan balıklarda toksin akümülyasyonu, karaciğer ve böbreklerin fonksiyon bozukluğu sonucu organların iflasına ve balıkların ölümüne neden olan histopatolojik değişikliklerle ilişkilendirilmektedir (14).

Algli ve algsiz gruplar arasındaki kadmiyum akümülyasyonu karşılaştırıldığında, 15. günde 0,1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz kalan algli ortamda bulunan balıklarda önemli farklılıklar gözlenmezken diğer gruplarda ciddi histopatolojik değişiklikler gözlemlenmektedir. Ayrıca 0,1 mg/l Cd ve 1 mg/l Cd konsantrasyonuna maruz bırakılan algli ortamlardaki balıkların dokularındaki lezyonların çok daha hafif seyrettiği belirlenmektedir.

Algler yüksek oranda metal birikimi yapmaktadırlar. Yeşil alglerden *Cladophora* ağır metalleri ortamdan alabilen önemli biyoidikatör türdür (23). Bunların ortamdan ağır metal alması, ortam konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır. Adsorbsiyon büyüklüğü algin hücre yüzey genişliğine bağlı olarak değişmektedir. Alglerde metal birikimi öncelikle hücre yüzeyinde (24), daha sonra hücre içi elemanlarda birikim göstermektedir (5). Balıklardaki çeşitli metabolizma artıkları algin metabolizmasını hızlandırarak algdeki metal akümülyasyonunu arttırmakta, aynı zamanda ortamın pH’da yükseltmektedir (7).

Sonuç olarak yapılan histopatolojik çalışmadan elde edilen bulgular, kadmiyumun akümülyasyon miktarı ile histopatolojik değişiklikler arasında doğrudan bir ilişki olduğunu düşündürmektedir. Histopatolojik değişiklikler, kullanılan dozun ve sürenin etkisinin artması ile doğru orantılı artış göstermiştir. Çevre akümülyasyon çalışmaları sucul organizmalar arasında bir ilişki olduğunu düşündürmektedir. Yeşil alglerin ortamdaki ağır metalleri akümüle etme yeteneğine sahip olduğu ve kontamine olmuş alanlardan ağır metalleri ucuz maliyetle uzaklaştırmak için kullanılabilereği sonucuna varılabilir.

## Teşekkür

Çalışmamızda vermiş olduğu maddi destekten dolayı Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (DÜAPK -03-FF-59) teşekkür ederiz.

**Kaynaklar**

1. Aksoy A, Demirezen D, Duman F. (2005). Bioaccumulation, Detection and Analyses of Heavy Metal Pollution in Sultan Marsh and Its Environment. *Water Air & Soil Pollution*. 164: 241-255.
2. Garcia-Santos S, Fontainhas-Fernandes A, Wilson JM. (2006). Cadmium Tolerance in the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Following Acute Exposure: Assessment of some Ionoregulatory Parameters. *Environmental Toxicology*. 21: 33-46.
3. Almeida JA, Novelli KB, Silva MDP, Junior RA. (2001). Environmental Cadmium Exposure and Metabolic Responses of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, *Environmental Pollution*. 114: 169-175.
4. Kargin F, Cogun HY. (1999). Metal Interactions During Accumulation and Elimination of Zinc and Cadmium in Tissues of Zthe Freshwater Fish *Tilapia nilotica*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 63, 546-552.
5. Mehta S, Gaur JP. (2005). Use of Algae for Removing Heavy Metal Ions from Wastewater: Progress and Prospects. *Critical Reviews in Biotechnology*. 25: 113-152.
6. McHardy BM, George JJ. (1990). Bioaccumulation and Toxicity of Zinc in The Green Alga, *Cladophora glomerata*. *Environmental Pollution*. 66: 55-66.
7. Yalçın E, Çavuşoğlu K, Maraş M, Bıykoğlu M. (2008). Biosorption of Lead (II) and Copper (II) Metal Ions on *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (Chlorophyta) Algae: Effect of Algal Surface Modification. *Acta Chimica Slovenica* 55 (1): 228-232.
8. Karadede Akın H, Ünlü E. (2013). Cadmium Accumulation by Green Algae *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. (Chlorophyta) in Presence of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.), *Toxicological and Environmental Chemistry*. 95(9): 1565-1571.
9. Heath AC. (1995). *Water Pollution and Fish Physiology*. 2nd Edn., Lewis Publishers, Boca Raton. 125-140.
10. Gernhofer M, Pawet M, Schramm M, Müller E, Triebkorn R. (2001). Ultrastructural Biomarkers Tools to Characterize the Health Status of Fish in Contaminated Streams. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*. 8: 241-260.
11. Piyanut P, Maleeya K, Prayad P, Sombat S. (2008). Histopathological Alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* in Acute and Subchronic Alachlor Exposure. *Journal of Environmental Biology*. 29 (3): 325-331.
12. Al-Nasser LA. (2000). Cadmium Hepatotoxicity and Alterations of the Mitochondrial Function. *Journal of Toxicology. Clinical Toxicology*. 38: 407-413.
13. Kaoud HA, Zaki MM, El-Dahshan AR, Saeid S, El Zorba HY. (2011). Amelioration the Toxic Effects of Cadmium-Exposure in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by using *Lemna gibba* L. *Life Science Journal*. 8: 185-195.
14. Selvanathan J, Vincent S, Nirmala A. (2012). Histopathology Changes in Fresh Water Fish *Clarias batrachus* (Linn.) Exposed to Mercury and Cadmium. *International Journal of Pharmacy Teaching and Practices*. 3 (4): 422-428.
15. Omer S.A, Elobeid MA, Fouad D et al. (2012). Cadmium Bioaccumulation and Toxicity in Tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Animal and Veterinary Advances* 11 (10): 1601-1606.
16. Stentiford G.D, Longshaw M, Lyons B.P. et al. 2003. Histopathological biomarkers in estuarine fish species for the assessment of biological effects of contaminants. *Marine Environmental Research*. 55: 137-159.
17. Velkova-Jordanoska L, Kostoski G. (2005). Histopathological Analysis of Liver in Fish (*Barbus meridionalis petenyi*) Heckel in Reservoir Trebenita. *Nature. Croatica*. 14.(2): 147-153.
18. Jiraungkoorskul W, Sahaphong S, Kangwanrangsn N, Huk Kim M. (2006). Histopathological Study: The Effect of Ascorbic Acid on Cadmium Exposure in Fish (*Puntius altus*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 1 (2): 191-199.
19. Rashed MN. (2001). Monitoring of Environmental Heavy Metals in Fish from Nasser Lake. *Environment International*. 27: 27-33.
20. Marafante, E. (1976). Binding of Mercury and Zinc to Cadmium-Binding Protein in Liver and Kidney of Gold Fish (*Carassius auratus* L.). *Experientia*. 32: 149-150.
21. Bagchi D, Bagchi M, Hassoun EA and Stohs SJ. (1996). Cadmium Induced Excretion of Urinary Lipid Metabolites, DNA Damage, Glutathione Depletion and Hepatic Lipid Peroxidation in Sprague-Dawley rats. *Biological Trace Element Research*. 52: 143-154.
22. Kabir SMH, Begum R. (1978). Toxicity of Three Organophosphorus Insecticides to Singhi Fish *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Dhaka University Studies*. B26: 115-122.
23. Chmielewská E, Medved J. (2001). Bioaccumulation of heavy metals by green algae *Cladophora glomerata* in a refinery sewage Lagoon. *Croatia Chemical Acta*. 74 (1), 135-145
24. Andrade SALD, Jorge RA, Silveira APDD. (2005). Cadmium Effect on the Association of Jackbean (*Canavalia ensiformis*) and Arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia Agricola*. 62: 389-394.

**Yazışma Adresi:**

Prof. Dr. Hülya KARADEDE AKIN  
Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji  
Bölümü  
E-mail: [hkdede@dicle.edu.tr](mailto:hkdede@dicle.edu.tr)