



# Klorantraniliprol İndüklü Toksisitenin *Oreochromis niloticus* Solungaç İyon Taşınım Enzim Aktivitelerine Etkileri

## *Effects of Chlorantraniliprole-Induced Toxicity on Oreochromis niloticus Gill Ion Transport Enzyme Activities*

Özge Temiz<sup>1\*</sup>, Tüzin Aytakin<sup>2</sup>, Hikmet Y. Çoğun<sup>3</sup>, Ferit Kargın<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Osmaniye, Türkiye

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi İmamoğlu Meslek Yüksek Okulu Adana, Türkiye

<sup>3</sup>Çukurova Üniversitesi Ceyhan Veteriner Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Adana, Türkiye

<sup>4</sup>Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Adana, Türkiye

### Öz

Diamid türü bir insektisit olan klorantraniliprol tarım uygulamalarında çok kullanılan, zararlılarda iyonoregülasyon sistemini bloke eden, toksik özelliği ile etkinlik gösteren bir pestisittir. Bu çalışmada klorantraniliprol, 1 ppm ve 2 ppm konsantrasyonlarının etkisinde *Oreochromis niloticus* solungaç dokularında iyon transport enzim aktivitelerine üzerine etkileri 7 gün süre ile araştırılmıştır. Araştırmamızda elde edilen sonuçlar solungaç dokusunda klorantraniliprol 7 gün süreyle etkisinde  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPaz enzim aktivitesinin kontrol grubuna göre 1 ppm ve 2 ppm konsantrasyonlarında sırasıyla % 61 ve % 65 azalma gösterdiği belirlendi. Klorantraniliprol maruziyetinde, kontrol grubuna göre 1 ppm ve 2 ppm konsantrasyonlarında sırasıyla  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPaz enzim aktivitesinde %68 ve %76,  $\text{Mg}^{2+}$ -ATPaz enzim aktivitesinde %28 ve %44 azalma olduğu belirlendi. Çalışmanın sonuçları, *Oreochromis niloticus* balıklarının iyon regülasyon sisteminin, klorantraniliprol'un etkisinde iyi bir biyobelirteç olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** ATPaz enzimleri, Klorantraniliprol, *Oreochromis niloticus*, Solungaç

### Abstract

Chlorantraniliprole, a diamide type insecticide, is a pesticide that is very used in agricultural applications, in this sense, it causes toxicity of the ionoregulation system against pests and is effective with its toxic feature. In this study, the effects of chlorantraniliprole, 1ppm and 2 ppm concentrations on ion-transporting enzyme activity in *Oreochromis niloticus* gill tissues were investigated for 7 days. The results obtained in our study showed that  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase enzyme activity showed a 61% and 65% reduction in concentrations of 1 ppm and 2 ppm, respectively, in the effect of chlorantraniliprole in gill tissue for 7 days. In the exposure to chlorantraniliprole, it was determined that there was a 68% and 76% decrease in  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase enzyme activity and 28% and 44% in  $\text{Mg}^{2+}$ -ATPase enzyme activity at concentrations of 1 ppm and 2 ppm compared to the control group. The results of the study show that the ion regulation system of *Oreochromis niloticus* are a biomarker in the effect of chlorantraniliprole.

**Keywords:** ATPases enzymes, Chlorantraniliprole, *Oreochromis niloticus*, Gill

## 1. Giriş

Pestisit uygulamaları, modern tarım sistemlerinde ve halk sağlığı programlarında zararlı kontrolünde kullanımıyla

beraberinde çevre ve insan sağlığı üzerinde toksik etki oluşturabilen kimyasal grubudur. Tarım uygulamaları sonucunda suçlu organizmalar ve besin zinciri ile insanlara kadar ulaştığında biyokimyasal özelliklerine göre biyolojik olarak birikebilmektedir. Deney hayvanları ile yapılan araştırmalarda pestisitlerin biyotransformasyonu, birikimi veya atılımı üzerine yapılan araştırmalar da, bu kimyasalların organ/doku sistemleri üzerindeki toksik etkilerini anlamak temel hedeftir (Stahl vd. 2009). Yeni sınıf pestisit olan

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: [temizozge@gmail.com](mailto:temizozge@gmail.com)

Özge Temiz [orcid.org/0000-0003-0668-5744](https://orcid.org/0000-0003-0668-5744)

Tüzin Aytakin [orcid.org/0000-0003-2666-0798](https://orcid.org/0000-0003-2666-0798)

Hikmet Y. Çoğun [orcid.org/0000-0001-6559-4397](https://orcid.org/0000-0001-6559-4397)

Ferit Kargın [orcid.org/0000-0003-4315-5689](https://orcid.org/0000-0003-4315-5689)

antranilik diamid grubundan klorantraniliprol, yüksek toksik etkisiyle zararlıları bertaraf eder. Zararlılar üzerinde etkisini  $Ca^{+2}$  iyonunun düzensiz salınımı sayesinde yetersiz kalan  $Ca^{+2}$  düzeyleri ile kas kasılmalarına ve felç sonucu zararlının ölümüne sebep olmaktadır (Lahm vd. 2005, 2009, Sattelle vd. 2008). Akuatik sistem üzerinde oluşan olumsuz etkinin belirlenmesinde balık türleri biyoindikator olarak araştırmalarda geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Pestisitlerin toksik etkilerinin belirlenmesinde canlılarda, fizyolojik ve biyokimyasal biyobelirteçlerde oluşan değişimler ile belirlenmektedir (Webb vd. 2005, Dellali vd. 2010).

Balıklar, sucul ekosistemde kirleticilere ilk olarak solungaçları ile maruz kalmaktadır. Solungaçlar balıkta gaz alışverişi için kritik rol oynamaktadır. Gaz alışverişinde dolayı iyonoregülasyon enzimleri biyomarkır olarak toksisitenin ve kirliliğin belirlenmesinde önemli rol almaktadır (Ciacci vd. 2012, Pałecz vd. 2005). İyon regülasyonu sağlayan adenosin trifosfatlar (ATPazlar;  $Na^{+}/K^{+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ), hücre metabolizması için gerekli iyonların alımı ve taşınımında önemli rol oynayan enzimlerdir.  $Na^{+}/K^{+}$ -ATPaz enzimi, hücre membranında katyon iyonlarının geçişi ve hücre duvar potansiyelinin bütünlüğünü sağlayan önemli bir enzimdir.  $Ca^{2+}$  ve  $Mg^{+2}$  ATPaz enzimleri, hücrede membran bütünlüğünün sağlanması ve  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{+2}$  iyon taşınımından sorumlu olan yapısal iyonoregülasyon enzimleridir (Parvez vd. 2006).

Toksik kimyasalların etkisinde, selüler aktivitenin biyoindikatoru olarak araştırmalarda kullanılmaktadır (Pałecz vd. 2005, Vijayavel vd. 2007). Araştırmamızda, *O. niloticus* solungaç dokusunda klorantraniliprol maruziyetinde oluşan toksik etkinin 7 gün etkide 1ppm ve 2 ppm konsantrasyonlarında iyon regülasyon enzimlerinin aktivitelerinde değişiklikler araştırılmıştır.

## 2. Gereç ve Yöntem

Deneylerde kullanılan *O. niloticus*, Çukurova Üniversitesi balık yetiştirme çiftliğinden alınarak deney ortamıyla aynı şartlarda olan laboratuvar ortamında 2 hafta boyunca akklimatize edildi. Deneylerde kullanılan *O. niloticus* türünün ortalama boyu  $11,5 \pm 0,77$  cm, ağırlığı ise  $27,8 \pm 1,74$  gr olarak ölçülmüştür.  $40 \times 40 \times 40$  cm boyutta cam akvaryumlar dinlendirilmiş musluk suyu ile 40 L doldurulmuş ve akvaryumlarda merkezi sistem ile havalandırma yapılmıştır. Laboratuvar ortamında 12/12 saat fotoperiyodik periyodu uygulanmıştır. Deneyde kullanılan akvaryum su kalitesi parametreleri; sıcaklık  $22 \pm 2$  °C, pH  $6,72 \pm 0,61$ , çözünmüş oksijen  $6,64 \pm 0,34$  mg/L, alkalinite 239 mg/L  $CaCO_3$  ve sertlik 271 mg/L  $CaCO_3$  olarak belirlenmiştir. Balıklar

günde iki kez ağırlıklarının %3'si kadar hazır yem ile beslenmişlerdir (Pınar, Türkiye). Kontrol akvaryumuyla birlikte yürütülen deneylerde toksik kimyasal olan klorantraniliprol Coragen 20SC ticari adıyla DuPont şirketinden alındı ve toksik konsantrasyonlar olan 1 ppm ve 2 ppm konsantrasyonlarda hergün taze olarak hazırlandı. Deney akvaryumlarına rastgele 6 balık bırakılarak, toplamda 3 akvaryum ile araştırma yürütülmüştür. Toksik deneylerde kimyasal miktarında azalmayı önlemek amacıyla 24 saat aralıklarla su değişimi ve toksik madde eklemesi yapılmıştır. 7. günün sonunda dekapitasyon yöntemiyle öldürülen balıklardan solungaç dokuları disekte edilerek çıkarılmıştır (n=6). Solungaç dokusu fizyolojik tuz çözeltisi (%0.59 NaCl) ile yıkandıktan sonra biyokimyasal analizler yapılan kadar  $-80$  °C'ye kaldırılmıştır. Solungaç dokusu %1,17 KCl içeren pH 7,4, 0,1M sodyum-fosfat tamponunda, 1/10 oranında seyreltilerek 4 dk homojenize edilmiştir. Homojenatların  $+4$  °C'de 16000 rpm'de 20 dakika santrifüjden sonra elde edilen süpernatant  $Na^{+}/K^{+}$ ,  $Ca^{2+}$  ve  $Mg^{+2}$  ATPaz enzimleri (Atkinson vd. 1973) ve protein (Bradford, 1976) miktarlarının spektrofotometrik yöntemlerle her örnek için 2 tekrarlı okuma yapılarak belirlenmiştir. İstatiksel analizler deneylerden elde edilen veriler ile SPSS 22.0 programında Oneway ANOVA Duncan testi kullanılarak  $p < 0.05$  önem derecesinde hesaplanmıştır.

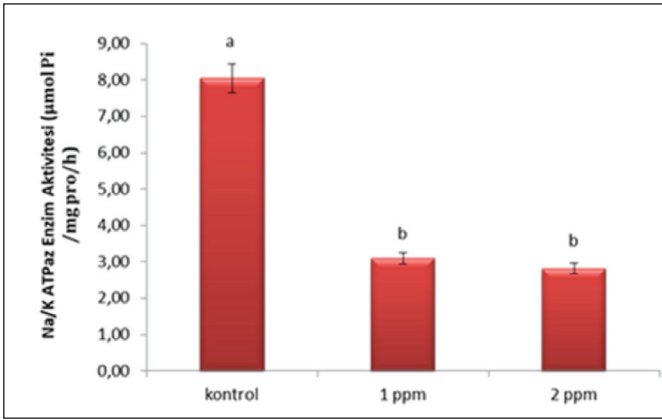
## 3. Bulgular ve Tartışma

Pestisitler tarım alanı, hayvancılık ve ev zararlılarına karşı üretilen ve geniş bir spektrumda kullanılan kimyasal grubudur. Bu alanlarda kullanımı ile drenaj ve sulama yoluyla sucul organizmalara ulaşımı sonucu ekolojik zincirde önemli yer tutan balıklar üzerinde ölümcül etkilere yol açmaktadır. Yapılan çalışmalarda balıklarda pestisitlere maruziyetin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde önemli değişimlere neden olduğu bildirilmiştir (Narra vd. 2017).

Solungaç dokusu balık türlerinde oksijen alımı için birincil bölgedir ve solunumla ilgili enerji metabolizması için anahtar bir rol oynar (Nilsson vd., 2012). Solungaç dokusunda hücre metabolik süreçlerinde enerji ihtiyacının karşılanması, solungaçlarda adenosin trifosfatın (ATP) sentezine ve iletilmesine bağlıdır. Hücre zarında bulunan  $Na^{+}/K^{+}$ -ATPaz enzim aktivitesinin normal işlevi için ATP gereklidir.  $Na^{+}/K^{+}$ -ATPaz, monovalent katyonların ( $Na^{+}$  ve  $K^{+}$ ) zar boyunca aktif taşınmasında önemli bir rol oynar (Jorgensen vd., 2003).  $Na^{+}/K^{+}$ -ATPaz enzimi organizmalarda hücresel düzeyde iyon regülasyonunu sağlayan temel membran enzimlerinden biridir (Davis ve Wedemeyer, 1971, Stagg ve Shuttle Worth, 1982, Temiz vd. 2018).

Araştırımızda klorantraniliprole 7 gün boyunca maruz kalan *O. niloticus* solungaç dokusunda Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPaz enzim aktivitesinde kontrol grubuna göre 1 ppm ve 2 ppm uygulamalarında % 61 ve % 65 azalma olduğu belirlenmiştir (şekil 1).

Klorantraniliprol etkisi, Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPaz aktivitesi üzerindeki inhibisyonun bir sonucu olarak ATP retimi, kullanımının ve bölgeler arasındaki iletimin inhibe olmasına sebep olmaktadır. Bulgularımız, iyon regülasyon sisteminde oluşan hasar ile solungaç dokularında klorantraniliprol maruziyeti sonucunda oksidatif stres oluşturabileceğini ve hüresel bütünlüğün bozulmasında rol oynayacağını göstermiştir.



şekil 1. Klorantraniliprol'n farklı derişimlerinin etkisine bırakılan *O. niloticus*'da solungaç Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>- ATPaz aktivitesine etkisi.

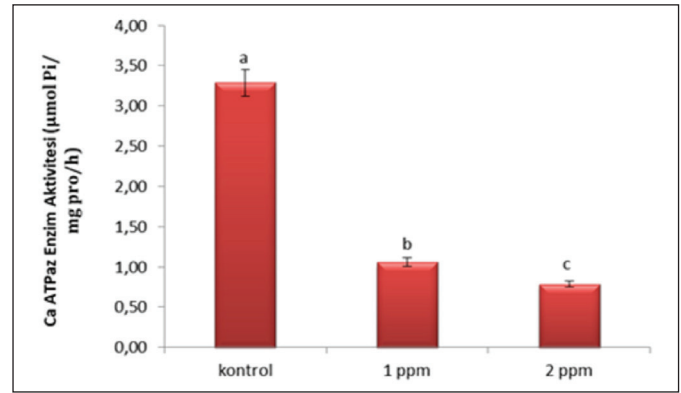
Organofosfatlı pestisit monocrotophos maruziyetinde *Channa punctata* dokularında, Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPaz enzim aktivitesinin solungaç (70%)>böbrek (63%)>beyin (57%)>bağırsak (52%)>karaciğer (50%)>kas (47%)> kalp (44%) dokularında azalma olduğu bildirilmiştir. Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPaz enzim aktivitesinin farklı dokulardaki inhibisyonu toksik maddenin maruziyetinin süresine ve uygulanan konsantrasyona bağlı olarak enzim aktivitesinde inhibisyon olduğu bildirilmiştir (Agrahari vd., 2008). Cypermethrin maruziyetinde *Cyprinus carpio* dokularında benzer şekilde Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>- ATPaz enzim aktivitesinde önemli bir azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Suvetha vd. 2010). Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPaz aktivitesinin toksik maddenin çeşidine ve konsantrasyonuna göre değişebileceği belirlenmiştir (Boyle vd. 2013).

Ca<sup>2+</sup>-ATPaz, zar boyunca kalsiyum iyonunun taşınması ve hre içi kalsiyum iyonu homeostazından sorumludur. Enzim zar boyunca Ca<sup>2+</sup> dengesini korur (Evans vd. 2005).

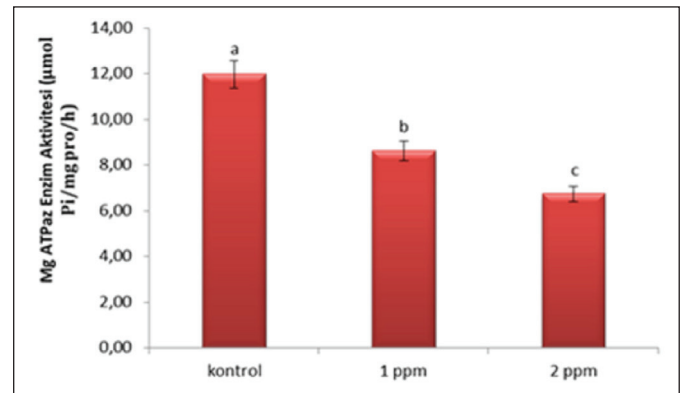
Mg<sup>2+</sup>-ATPaz, Mg<sup>2+</sup> iyon geçişi ve hrede zar bütünlüğünü sağlayan enzimdir. Ayrıca iyon geçirgenliğinin kontrolünde önemli bir görev üstlenmektedir (Parvez vd. 2006).

Araştırımızda klorantraniliprol maruziyetinde, 7 gün etki sresinde *O. niloticus* solungaç dokusunda kontrol grubuna göre 1 ppm ve 2 ppm uygulamalarında Ca<sup>2+</sup>-ATPaz enzim aktivitesinde % 68 ve % 76, Mg<sup>2+</sup>-ATPaz enzim aktivitesinde %28 ve %44 azalma olduğu belirlenmiştir (şekil 2, 3).

Akut ve konik sürede uygulanan klorantraniliprol maruziyetinde *O. niloticus* solungaç ve kas dokularında Ca<sup>2+</sup>-ATPaz ve Mg<sup>2+</sup>-ATPaz enzim aktivitelerinde bütün konsantrasyonların maruziyetinde (0,5, 1,5 ve 3,0 mg/L) ve zamana bağlı olarak inhibisyon olduğu raporlanmıştır (Temiz vd.2018).λ-cyhalothrin sublethal doz maruziyetinde, *Prochilodus lineatus* solungaç dokularında Ca<sup>2+</sup>-ATPaz ve Mg<sup>2+</sup>-ATPaz enzim aktivitelerinde kontrole göre azalma olduğu bildirilmiştir (Vieira ve dos Reis Martinez 2018).



şekil 2. Klorantraniliprol'n farklı derişimlerinin etkisine bırakılan *O. niloticus*'da solungaç Ca<sup>2+</sup>-ATPaz aktivitesine etkisi.



şekil 3. Klorantraniliprol'n farklı derişimlerinin etkisine bırakılan *O. niloticus*'da solungaç Mg<sup>2+</sup>-ATPaz aktivitesine etkisi.

Solungaç dokusu pestisitler gibi kirleticilerden en fazla etkilenen dokulardan biridir. Bunun sebebi solungaç dokusunun, sucul ortam ile direkt temasta olması ve kan sirkülasyonu sonucunda yüksek absorpsiyon yapısı ile solungaç fibrillerinde kirleticilerin birikim gösterdiği bildirilmiştir (Mishra vd. 2005). Balıklarda solungaç dokusunda katyonların iki taraflı taşınımı için önemli olan  $Ca^{2+}$ -ATPaz ve  $Mg^{2+}$ -ATPaz enzimlerinin inhibisyonları sonucunda iyonik homeostasis bozulduğu düşünülmektedir (Evans vd. 2005). Yapılan çalışmalarda pestisitlerin maruziyetinde ATPazların inaktivasyonu ile birlikte araştırılan enzimlerin aktivitelerinde de değişimlere sebep olduğu bildirilmiştir (Temiz, 2020, Murali vd. 2020).

Araştırmamızda klorantraniliprol maruziyetinde, *O. niloticus* biyoindikatör canlının hassasiyet gösterdiği belirlenmiştir. 7 gün maruziyet sonucunda balık solungaç dokularında  $Na^+/K^+$ -ATPaz,  $Ca^{2+}$ -ATPaz ve  $Mg^{2+}$ -ATPaz enzimlerinde oluşan inhibisyon ile toksik etkilerin gösterilmesinde iyon regülasyon enzimlerinin önemli bir biyokimyasal parametre olduğu gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda, dokular üzerinde pestisitlerin etkileri iyon transport enzimlerinde oluşan aktivite değişimlerinin çeşitli kirlilik sonucunda oluşan toksik etkiler hakkında bilgileri geliştirmek adına yorumlanmak üzere bu çalışma rehberlik edecektir.

#### 4. Kaynaklar

- Agrahari, S., Gopal, K. 2008.** Inhibition of  $Na^+-K^+$ -ATPase in different tissues of freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) exposed to monocrotophos. *Pestic. Biochem. Phys.*, 92(2), 57-60. Doi:10.1016/j.pestbp.2008.06.003
- Atkinson, A., Gatemby, AO., Lowe, AG. 1973.** The determination of inorganic orthophosphate in biological systems. *Biochim. Biophys. Acta.*, 320:195-204. Doi: 10.1016/0304-4165(73)90178-5
- Blocksom, KA., Walters, DM., Jicha, TM., Lazorchak, JM., Angradi, TR., Bolgrien, DW. 2010.** Persistent organic pollutants in fish tissue in the mid-continent great rivers of the United States. *Sci. Total Environ.*, 408(5), 1180-1189. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2009.11.040
- Boyle, RT., Oliveira, LF., Bianchini, A., Souza, MM. 2013.** The Effects of Copper on  $Na^+/K^+$ -ATPase and Aquaporin Expression in Two Euryhaline Invertebrates. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 90:387-390. Doi:10.1007/s00128-012-0949-4
- Bradford, M. 1976.** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72:248-254. Doi: 10.1006/abio.1976.9999
- Ciacci, C., Barmo, C., Gallo, G., Maisano, M., Cappello, T., D'Agata, A., Canesi, L. 2012.** Effects of sublethal, environmentally relevant concentrations of hexavalent chromium in the gills of *Mytilus galloprovincialis*. *Aqua. Toxicol.*, 120, 109-118. Doi:10.1016/j.aquatox.2012.04.015
- Davis, PW., Wedemeyer, GA., 1971.**  $Na^+/K^+$  activated ATPase inhibition in rainbowtrout. A site for organochlorine pesticide toxicity. *Comp. Biochem. Physiol.* 40,823-827. Doi:10.1016/0305-0491(71)90157-X
- Dellali, M., El Bour, N., Mahmoud, M., Patricia, A., Mahmoudi, E. 2010.** *Ecolo. Indicators*, 10,696.
- Evans, DH., Piermarini, PM., Choe, KP. 2005.** The multifunctional fish gill: dominant site of gas exchange, osmoregulation, acid-base regulation, and excretion of nitrogenous waste. *Physiol. Rev.*, 85(1), 97-177. Doi:10.1152/physrev.00050.2003
- Jorgensen, PL., Hakansson, KO. and Karlsh, SJD. 2003.** Structure and mechanism of  $Na^+/K^+$ -ATPase: functional sites and their interactions, *Annu. Rev. Physiol.*, 65: 817-849. Doi:10.1146/annurev.physiol.65.092101.142558
- Lahm, GP., Selby, T. P., Freudenberger, JH., Stevenson, TM., Myers, BJ., Seburyamo, G., Cordova, D. 2005.** Insecticidal anthranilic diamides: a new class of potent ryanodine receptor activators. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 15(22), 4898-4906. Doi:10.1016/j.bmcl.2005.08.034
- Lahm, GP., Cordova, D., Barry, JD. 2009.** New and selective ryanodine receptor activators for insect control. *Bioorg. Med. Chem.*, 17(12), 4127-4133. Doi:10.1016/j.bmc.2009.01.018
- Mishra, D., Srivastav, SK., Srivastav, AK. 2005.** Effects of the insecticide cypermethrin on plasma calcium and ultimobranchial gland of a teleost, *Heteropneustes fossilis*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 60(2), 193-197. Doi:10.1016/j.ecoenv.2003.12.020
- Murali, M., Carvalho, MS., Shivanandappa, T. 2020.** Oxidative stress-mediated cytotoxicity of Endosulfan is causally linked to the inhibition of NADH dehydrogenase and  $Na^+$ ,  $K^+$ -ATPase in Ehrlich ascites tumor cells. *Mol. Cell. Biochem.*, 1-10. Doi:10.1007/s11010-020-03711-z
- Narra, MR., Rajender, K., Reddy, RR., Murty, US., Begum, G. 2017.** Insecticide induced stress response and recuperation in fish: Biomarkers in blood and tissues related to oxidative stress. *Chemosphere*, 168, 350-357. Doi:10.1016/j.chemosphere.2016.10.066
- Nilsson, GE., Dymowska, A., Stecyk, JA. 2012.** New insights into the plasticity of gill structure. *Resp. Physiol. Neurobiol.*, 184(3), 214-222. Doi:10.1016/j.resp.2012.07.012
- Pałecz, D., Komuński, R., Gabryelak, T. 2005.**  $Na^+$   $K^+$ -ATPase activity as a biomarker of toxaphene toxicity in *Unio tumidus*. *Toxicology in vitro*, 19(5), 707-712. Doi:10.1016/j.tiv.2005.03.014



- Parvez, S., Sayeed, I., Raisuddin, S. 2006.** Decreased gill ATPase activities in the freshwater fish *Channa punctata* (Bloch) exposed to a diluted paper mill effluent. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 65(1), 62-66. doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.07.010
- Sattelle, DB., Cordova, D., Cheek, TR. 2008.** Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. *Invert. Neurosci.*, 8(3), 107.
- Stagg, RM., Shuttleworth, TJ., 1982.** The effects of copper on ionic regulation by the gills of the seawater adapted flounder, *Platichys flesus* L. *J. Comp. Physiol.*, 149, 83-90.
- Stahl, LL., Snyder, BD., Olsen, AR., Pitt, JL. 2009.** Contaminants in fish tissue from US lakes and reservoirs: a national probabilistic study. *Environ. Monit Assess*, 150(1-4), 3-19. Doi:10.1007/s10661-008-0669-8
- Suvetha, L., Ramesh, M., Saravanan, M. 2010.** Influence of cypermethrin toxicity on ionic regulation and gill Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase activity of a freshwater teleost fish *Cyprinus carpio*. *Environ. toxicol. Pharmacol.*, 29(1), 44-49.
- Temiz Ö., 2020.** Experimental study on the evaluation of ionoregulation enzymes, heat shock protein, DNA oxidation and apoptosis in male mice heart tissue in exposure of emamectin benzoate. *EC Pharmacol. Toxicol.*, 8(3): 01-08.
- Temiz, Ö., Cogun, H. Y., Kargin, F. 2018.** Influence of chlorantraniliprole toxicity on ionic regulation of gill and muscle ATPase activity of Nile fish (*Oreochromis niloticus*). *Fresen. Environ. Bull*, 27, 5027-5032.
- Vieira, CED., dos Reis Martinez, CB. 2018.** The pyrethroid λ-cyhalothrin induces biochemical, genotoxic, and physiological alterations in the teleost *Prochilodus lineatus*. *Chemosphere*, 210, 958-967. Doi:10.1016/j.chemosphere.2018.07.115
- Vijayavel, K., Gopalakrishnan, S., Balasubramanian, MP. 2007.** Sublethal effect of silver and chromium in the green mussel *Perna viridis* with reference to alterations in oxygen uptake, filtration rate and membrane bound ATPase system as biomarkers. *Chemosphere*, 69(6), 979-986. Doi:10.1016/j.chemosphere.2007.05.011
- Webb, D., Gangnon, MM. Rose, T. 2005.** Metabolic enzyme activities in black bream, *Acanthopagrus butcheri* from the Swan Canning estuary, Western Australia. *Comp. Biochem. Physiol. Part C* 141, 356-365. Doi:10.1016/j.cbpc.2005.07.010