

METİL PARATION'UN İNCİ KEFALİ (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) ÜZERİNDEKİ AKUT VE KRONİK TOKSİK ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Ertuğrul Kankaya¹ , Güler Ünal² 

Cite this article as:

Kankaya, E., Ünal, G. (2018). Metil Paration'un İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) Üzerindeki Akut ve Kronik Toksik Etkilerinin Belirlenmesi. Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research, 4(1), 35-45. DOI: 10.3153/JAEFR18004

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Van, Türkiye

² Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Aydın, Türkiye

Submitted: 24.07.2017

Accepted: 25.12.2017

Published online: 27.12.2017

Correspondence:

Ertuğrul KANKAYA

E-mail: ekankaya@yahoo.com

Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research

E-ISSN 2149-0236

4(1): 35-45 (2018)

DOI: 10.3153/JAEFR18004

ScientificWebJournals (SWJ)
©2015-2018

ÖZ

Metil paration (MP) organik fosforlu tarımsal bir insektisit olarak geniş bir alanda kullanılır. Bu çalışma, MP'nin inci kefali (*Chalcalburnus tarichi*) üzerine akut ve kronik toksik etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Ağırlıkları 3–7 g, boyları 8–10 cm olan balıklar akut testte statik, kronik testte yarı statik test yöntemi kullanılarak, MP'ye maruz bırakılmıştır. Akut testte, 6.45–15.00 mg/L arasında 9 farklı MP; kronik testte 1.47, 2.10, 3.00, 4.28, 6.11 mg/L MP konsantrasyonları uygulanmıştır. Akut testin sonunda, 96 saat LC₅₀ değeri 11.44 mg/L, ve LT₅₀ değeri 28.14–289.29 saat arasında belirlenmiştir. Kronik test 17.9 °C'de, 30 gün devam ettirilmiştir. Testin bitiminde balıklar disekte edilmiş, hematolojik incelemeler için kan, biyokimyasal incelemeler için beyin, karaciğer ve kas dokusu alınmıştır. Beyin dokusunda asetilkolinesteraz aktivitesinin azaldığı (P<0.05) görülmüştür. Hemoglobun ve hematokrit değerlerinin 2.10, 4.28 ve 6.11 mg/L MP konsantrasyonlarında azaldığı (P<0.05) tespit edilmiştir. Hemoglobun ve hematokrit değerleri esas alınarak etkisi gözlenen en düşük konsantrasyon 2.10 mg/L, etkisi gözlenmeyen konsantrasyon 1.47 mg/L olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak MP inci kefali için bazı biyokimyasal ve hematolojik kriterlere göre akut ve kronik toksik bir maddedir. Türün yaşadığı tatlısu ortamlarında MP konsantrasyonu 0.1144 mg/L'yi geçmemelidir. MP tarımda kontrollü olarak kullanılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Metil paration, *Chalcalburnus tarichi*, Akut toksisite, Kronik toksisite, AChE, Hematoloji

ABSTRACT

DETERMINATION OF ACUTE AND CHRONIC TOXIC EFFECTS OF METHYL PARATHION ON *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811)

Methyl parathion (MP) is widely used as an agricultural insecticide with organic phosphorus. This study was conducted to determine acute and chronic toxic effects on *Chalcalburnus tarichi* of MP. Fish 8–10 cm in length were exposed to MP using the static test in the acute test and the semi-static test in the chronic test. In the chronic test, 1.47, 2.10, 3.00, 4.28, 6.11 mg L⁻¹ MP concentrations were applied. The 96 hour LC₅₀ value was determined to be 11.44 mg L⁻¹. The chronic test was continued at 17.9 °C for 30 days. The fish were dissected, blood, brain, liver and muscle tissues were removed. The activity of acetylcholinesterase in brain tissue decreased. Hemoglobin and hematocrit values were decreased at 2.10, 4.28 and 6.11 mg L⁻¹ concentrations. Based on hemoglobin and hematocrit values, the lowest observed effect concentration was 2.10 mg L⁻¹ and the no observed effect concentration was 1.47 mg L⁻¹. In conclusion, MP is an acute and chronic toxic substance for *C. tarichi* according to some biochemical and hematological criteria. In freshwater environments where *C. tarichi* lives, the MP concentration should not exceed 0.1144 mg L⁻¹. MP should be used as a control in agriculture.

Keywords: Methyl parathion, *Chalcalburnus tarichi*, Acute toxicity, Chronic toxicity, AChE, Hematology

Giriş

Organik fosforlu (OP) pestisitlerin formulasyonu, uygulama metodu, iklim ve bitkinin büyüme safhasına bağlı olarak hızlı bir şekilde parçalandığı bilinir. Bu sebeple günümüzde dünyanın pek çok yerinde tarımsal amaçlar ve ev zararlıları için kullanılmaktadır (Singh ve Walker, 2006). Tarım alanları ve yerleşim bölgelerinde yaşayan zararlı organizmalara karşı yapılan pestisit uygulamaları sonucu oluşan kontaminasyonlar farklı yollarla su kaynaklarına ulaşır (Milam ve ark., 2004). Sucul ortamların pestisitler tarafından kontaminasyonu balık gibi hedef dışı organizmaları etkileyebilir (Monteiro ve ark., 2006; Murthy ve ark., 2013; Lakshmaiah, 2016). Metil paration (MP) OP'li pestisit olup tarımsal bir insektisit olarak geniş bir alanda kullanılmaktadır. MP, öncelikli olarak pamuk biti ve diğer tarımsal ürünlerdeki pek çok zararlı böceği kontrol etmede kullanılır (Edwards ve Tchounwou, 2005).

OP'li pestisitlerin balıklar tarafından alınmasında canlının biyokimyasal kompozisyonu etkilenir (Lakshmaiah, 2016). MP ve OP'li bileşiklerin birincil etkisi hem omurgasız hem de omurgalı organizmalarda asetilkolinesteraz (AChE) enziminin engellenmesidir (Monteiro ve ark., 2006; Lakshmaiah, 2016). MP, maruz kalan organizmaların sinir sistemi üzerinde şiddetli bir etkiye sahiptir. Bu etki geriye dönüşümsüz olarak AChE'yi güçlü bir şekilde inhibe etmesiyle karakteristiktir (Edwards ve Tchounwou, 2005). MP'nin, farklı familyalara ait balıklar üzerindeki toksisitesi (Murthy ve ark., 1984); balık dokularındaki AChE aktivite ve içeriği (Sivaperumal ve Sankar, 2011; Salles ve ark., 2015); *Callichthys callichthys* balığı plazma kolinesteraz aktivitesi ve davranış üzerine etkileri (Silva ve ark., 1993); tatlısu organizmalarında biyolojik birikimi (De La Vega Salazar ve ark., 1997); *Oncorhynchus mykiss* balığı farklı dokularında oksidatif stres biyomarkırları (Isik ve Celik, 2008); *Catla catla* balığı hematolojik ve biyokimyasal parametrelerin değişimi (Abhijith ve ark., 2012) çalışılmıştır. Hematolojik parametreler, kirleticiler ve hastalıklar gibi maruziyetlerde oluşan farklı stres koşullarını takiben meydana gelen fizyolojik değişimleri belirlemede balık türlerinde balığın sağlık durum indeksi olarak kullanılır (Alwan, 2013).

Balık, nispeten büyük vücudu, uzun ömrü ve kolay erişim gibi spesifik biyolojik karakterleri nedeniyle çevre izleme programlarında kirliliğin güçlü biyoindikatörü olarak düşünülür (Chupani ve ark., 2016). *Cyprinidae* familyasından olan *Chalcalburnus tarichi* Van Gölü havzası ve çevresindeki yerleşim yerlerinde taze ve tuzlanmış olarak tüketilmektedir (Duyar, 2000). *C. tarichi* Van Gölü havzası sularında yaşayan endemik bir türdür. *C. tarichi* Mayıs-Haziran aylarında göle dökülen akarsulara üremek üzere girer ve yu-

murtasını bıraktıktan sonra geri döner. Yumurtaların döllenmesi, kuluçka dönemi, yavruların çıkışı ile bunların belirli bir süre beslenmeleri bu akarsularda gerçekleşir (Elp, 1996). *C. tarichi* yaklaşık 9700 ton/yıl avcılığı ile bölgede ekonomik olarak önemli bir yere sahiptir (Anonim, 2017a).

MP, Türkiye genelinde oldukça fazla kullanılmaktadır (Kalipci ve ark., 2010). Van bölgesindeki meyve, sebze ve yem bitkileri tarımında yaygın kullanımından dolayı da *C. tarichi* bu maddenin toksisite tehlikesi ile karşı karşıyadır (Kankaya ve Kaptaner, 2014). Yapılan araştırmalarda bu güne kadar *C. tarichi* üzerinde MP'nin akut toksisitesi, AChE inhibisyonu ve hematolojisi ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bununla birlikte, MP'nin sublethal konsantrasyonlarına maruz kalan *C. tarichi* eritrositlerinde mikronüklei oluşumu (Kankaya ve ark., 2012) ve balığın karaciğerinde apoptosiz artışı (Kankaya ve Kaptaner, 2014) çalışılmıştır. Ayrıca, OP'li pestisitlerden malathionun *C. tarichi* üzerindeki akut toksisitesi (Sürücü, 2005) incelenmiştir.

Bu çalışma, su ekosistemlerine tarımsal faaliyetler sonucu karışan, Van Gölü havzasında yaygın olarak kullanılan MP'nin *C. tarichi* üzerindeki akut toksisitesi, AChE inhibisyonu ve hematolojik değişimleri belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Biyodenyde, çatal boyu 8–10 cm, ağırlığı 3–7 g olan balıklar kullanılmıştır. Balıklar, doğal ortamdan, Van Gölü'ne dökülen Karasu çayından (43°17'D, 38°39'K) elektroşok ile yakalanarak oksijen destekli kaplarla laboratuvara getirilmiştir. Balıklar, su akışı ve havalandırmanın olduğu, kloru giderilmiş çeşme suyu içeren fiberglas tanklara uygun yoğunlukta stoklanmıştır. Balıklar, ticari alabalık pelet yemi ile beslenmiştir. Ortama alışmaları için yaklaşık 1.5 ay beklenmiştir.

Biyodenyde 60x30x40 cm ebatlarındaki cam akvaryumlar kullanılmıştır. Stok tankından alınan balıklar her bir akvaryuma rastgele seçilerek 10 adet konulmuştur. Akvaryumların etrafı balıkların stresini önlemek için kağıtla kapatılmıştır. Çalışmada kloru giderilmiş çeşme suyu kullanılmıştır. Biyodeny süresince hava motoruyla akvaryumların suyu havalandırılmıştır. Deneme doğal fotoperiyotta yapılmıştır. MP stok solüsyonu, Türkiye'de tarım ilaçları üreten bir firmadan %80 teknik konsantrasyonda temin edilen MP (C₈H₁₀NO₅PS) kullanılarak hazırlanmıştır. MP dimetil sülfoksit (DMSO) (Sigma) içinde çözünerek hazırlanmıştır. Test balıklarının 7 gün süreyle ortama alışmaları sağlanmıştır. Testler iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Akut toksisite testinde uygulanan MP konsantrasyonları Macek ve McAllister, (1970), Nagaratnamma ve Ramamurthi,

(1981)'nin rapor ettiği LC₅₀ değerleri dikkate alınarak gerçekleştirilen tarama testi sonuçlarına göre seçilmiştir. MP konsantrasyonları logaritmik oranda değişecek şekilde; 6.45, 7.17, 7.97, 8.86, 9.84, 10.94, 12.15, 13.50, 15.00 mg/L MP, kontrol ve çözücü kontrol grubu [35 mL DMSO (çözücü olarak kullanılan en yüksek miktar)] olarak uygulanmıştır. Test, statik test yöntemi kullanılarak 96 saat devam ettirilmiştir (Ünsal, 1998; Çetinkaya, 2005). Kronik toksisite testinde uygulanan MP konsantrasyonları, akut toksisite testi sonunda hesaplanan 96 saat LC₅₀ değeri dikkate alınarak; 1.47, 2.10, 3.00, 4.28, 6.11 mg/L MP, kontrol ve çözücü kontrol grubu olarak uygulanmıştır. Test, yarı statik test yöntemi kullanılarak 30 gün devam ettirilmiştir (Ünsal, 1998; Çetinkaya, 2005). Test ortam suyu iki günde bir yenilenmiştir. Test boyunca balıkların beslenme ve bakımları düzenli olarak yapılmıştır. Araştırma boyunca akvaryumların su kalite kriterleri düzenli olarak izlenmiştir (pH: 8.46, çözünmüş oksijen: 6.04 mg/L, sıcaklık: 17.9 °C, toplam sertlik CaCO₃: 344 mg/L, elektriksel iletkenlik: 882 µS/cm, ve toplam alkalinite CaCO₃: 518 mg/L).

Kronik testin sonunda, anestezi edilen balıkların kavdal yüzgeci kesilerek kavdal venadan akan kan heparinli tüplere alınmıştır. Kan örneklerinde hemoglobin miktarı (Kocabatmaz ve Ekingen, 1977; 1984), hematokrit tayini ve eritrosit sayısı (Blaxhall ve Daisley, 1973; Houston, 1990) 24 saat içerisinde çalışılmıştır. Kan örnekleri alındıktan sonra balıklara otopsi yapılarak, AChE ve butirilkolinesteraz (BChE) aktivitesini belirlemek (Ellman ve ark., 1961) için beyin, kas ve karaciğer dokuları çıkartılmış, ağzı kilitli küçük plastik poşetler içerisinde analize kadar - 80 °C'de saklanmıştır (Chuiko ve ark., 2003; Lionetto ve ark., 2003).

Akut toksisite denemesi boyunca balıklarda davranış değişiklikleri kaydedilmiştir. Elde edilen verilere göre medyan lethal konsantrasyon (LC₅₀) ve her bir konsantrasyon için medyan lethal zaman (LT₅₀) parametreleri ve bunların % 95'lik güven sınırları probit analiz metoduyla, SPSS bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır (Ünsal, 1998; Çetinkaya, 2005).

Kronik toksisite denemesinde elde edilen verilere göre; etkisi gözlemlenen en düşük konsantrasyon (LOEC), etkisi gözlenmeyen konsantrasyon (NOEC), NOEC ve LOEC'nin geometrik ortalaması alınarak maksimum kabul edilebilir toksikant konsantrasyonu (MATC) parametreleri hesaplanmıştır (USEPA, 1989; USEPA, 1991; Ünsal, 1998; OECD, 2000; Çetinkaya, 2005).

Kronik toksisite deneme sonuçlarından elde edilen biyokimyasal analiz [verilere $\sqrt{x+1}$ transformasyonu yapılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987)] değerlerinin

ortalamaları ve gruplar arasındaki farklılıklar varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma yöntemiyle SAS paket bilgisayar programı kullanılarak (SAS, 1998), hematolojik sonuçlar bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Önem seviyesi P<0.05 olarak seçilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Akut toksisite testi boyunca konsantrasyona bağlı olarak davranış değişikliği ve ölüm gözlemlerine göre kontrol ve DMSO kontrol gruplarında herhangi bir anormal yüzme davranışı ve ölüm görülmemiştir. Tüm MP konsantrasyonlarında balıklarda durgunluk, yavaş hareket, akvaryumun bir köşesinde toplanma gözlenirken MP miktarı arttıkça tabanda yan yatma, dengesiz yüzme, düzensiz solunum, suyun yüzeyine ani sıçrama, kendi eksenini etrafında dairesel hareketler, baş aşağı veya yukarı pozisyonda durma görülmüştür. 6.45 ve 7.17 mg/L MP konsantrasyonlarında balık ölümü olmazken MP miktarı artışına paralel olarak değişen sayıda balık ölümleri gerçekleşmiştir. MP'ye maruz bırakılan bireylerde gözlemlenen morfolojik değişimler düzensiz solunum, denge kaybı, hareketlerde yavaşlama, kramp benzeri davranışlar, suyun yüzeyine ani sıçrama hareketi, balıkların baş ve kuyruk kısmının dorsa-ventral veya lateral olarak bir yay gibi kıvrılması, kendi ekseninde dairesel hareketler çeşitli insektisit veya kimyasala maruz bırakılan birçok balık türünde de (Murty ve ark., 1984; Rao ve Rao 1984b; Silva ve ark., 1993; Machado ve Fanta 2003) gözlenmektedir. Bu semptomların MP'nin vücutta AChE aktivitesini engellemesi ve asetil kolin ile sinir uyarımlarının iletilmemesinden kaynaklandığı ifade edilmektedir.

Metil paration akut toksisite testinde belirlenen 24, 48, 72 ve 96 saat LC₅₀ değerleri ile bunlara ait güven sınırları Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre, LC₅₀ değerinin 24 saatte 14.55 mg/L (13.41–16.52), 48 saatte 12.92 mg/L (11.98–14.15), 72 saatte 11.63 mg/L (10.80–12.55) ve 96 saatte 11.44 mg/L (10.68–12.27) olduğu belirlenmiştir. MP için diğer bazı balık türlerinde belirlenen LC₅₀ değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde tatlı su balıkları için MP LC₅₀ değerlerinin, dolayısıyla balıkların MP'ye karşı toleranslarının çok geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir. MP'nin farklı balık türlerine ait LC₅₀ değerleri dikkate alınarak yapılan toksisite sınıflandırması ve bu çalışmada elde edilen 96 saat LC₅₀ 11.44 mg/L değeri ele alındığında MP'nin inci kefaline olan toksisitesinin orta derecede olduğu söylenebilir. İnci kefalinin kendisiyle aynı familyaya mensup türlerden *Cyprinus carpio*, *Pimephales promelas* ve *Carassius auratus* ile kıyaslandığında MP için daha yüksek bir LC₅₀ değeri göze çarpmaktadır. Bu sonuç inci kefalinin MP'ye karşı aynı familya üyelerinden daha toleranslı olduğunu göstermektedir. Ancak diğer denemelerin yapıldığı su

kalitesi şartları bilinmemektedir. Bu denemede ise suyun pH değerinin 8.37 olması MP'nin daha çabuk parçalanmasına ve böylece toksik etkisinin daha kısa sürede azalmasına neden olabilir. Nitekim akut denemede asıl ölümler 1–3 gün içinde gerçekleşmiş, bu sürede ölmeyen balıklar sonraki günlerde yaşamaya devam etmişlerdir. Güvenli konsantrasyon LC₅₀ değerinin %1'lik miktarı olarak kabul edildiği için 0.01 değeri ile çarpılarak elde edilmektedir (Anonim, 1995). Buna göre güvenli konsantrasyon 0.1144 mg/L MP bulunmuştur.

MP akut toksisite testinde belirlenen konsantrasyonlara göre LT₅₀ değerleri ve % 95'lik güven sınırları Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre, 7.97, 8.86 ve 9.84 mg/L konsantrasyonlarında LT₅₀ değerlerinin 96 saatin üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Diğer konsantrasyonlarda LT₅₀ değerlerinin 96 saatten daha az olduğu ve en küçük LT₅₀ değerinin 15.00 mg/L konsantrasyonda 28.14 saat olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon arttıkça beklenildiği gibi LT₅₀ süreleri de kısalmaktadır. İnci kefalinin birçok balık türüne göre MP toksisitesine daha dayanıklı olduğu görülmektedir. Akut denemede uygulanan 7.97–15.00 mg/L MP konsantrasyonları için LT₅₀ değerinin 28.14–289.29 saat arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 1. İnci kefalı, metil paration akut toksisite testinde belirlenen 24, 48, 72 ve 96 saat LC₅₀ değerleri ile bunlara ait güven sınırları.

Table 1. *C. tarichi* methyl parathion acute toxicity test 24, 48, 72 and 96 h LC₅₀ values and confidence limits.

Saat	LC ₅₀ (mg/L)	LC ₅₀ (mg/L) % 95 Güven sınırları
24	14.55	13.41-16.52
48	12.92	11.98-14.15
72	11.63	10.80-12.55
96	11.44	10.68-12.27

Tablo 2. Çeşitli tatlı su balık türleri için farklı saflıktaki metil parationun 96 saat LC₅₀ değerleri, güven sınırları ve değerlendirmeler (Anonim, 2017b'den kısaltılarak ve bu çalışma)

Table 2. For various freshwater fish species, 96 h LC₅₀ values of different purity of methyl parathion, confidence limits and assessments (Abbreviated from Anonymous 2017b and this study)

Test edilen balık türü	MP'nin saflığı (%)	LC ₅₀ (mg/L)	Güven sınırları	Toksisite
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	90	3.7	3.13-4.38	Orta
<i>Lepomis macrochirus</i>	80	2.4	-	Orta
<i>Pimephales promelas</i>	80	9.5	-	Orta
<i>Carassius auratus</i>	90	9.0	8.1-9.9	Orta
<i>Cyprinus carpio</i>	90	7.13	6.44-7.87	Orta
<i>Ictalurus melas</i>	90	6.64	4.97-8.88	Orta
<i>Gambusia affinis</i>	99	13.48	13.2-13.7	Orta
<i>Chalcalburnus tarichi</i>	80	11.44	10.68-12.27	Orta

Tablo 3. İnci kefalı, metil paration akut toksisite testinde belirlenen konsantrasyonlara göre LT₅₀ değerleri ve güven sınırları.

Table 3. *C. tarichi* methyl paration acute toxicity test LT₅₀ values and confidence limits.

Konsantrasyon (mg/L)	LT ₅₀ (saat)	LT ₅₀ (saat) % 95 Güven sınırları
7.97	289.29	-
8.86	138.55	92.18-3278.41
9.84	168.08	111.25-1101.13
10.94	95.33	80.06-130.26
12.15	53.38	39.33-68.04
13.50	59.44	43.31-77.56
15.00	28.14	10.55-54.50

Kronik denemede, test gruplarında testin başlangıcında, satlık ve devamında günlük olarak morfolojik gözlemler yapılmış ve ölümler kaydedilmiştir. Kronik testte ölümün beklenmediği konsantrasyonlar seçilmesine rağmen, MP'nin 4.28 mg/L konsantrasyonunda 13 ve 16'ncı günde 2 (%10), 6.11 mg/L konsantrasyonunda ise 7 ve 14'üncü günde 4 (%20) balığın öldüğü gözlenmiştir. Deneme boyunca, MP uygulama gruplarında başka ölüm olmamıştır. Zaman zaman gruplardaki bazı balıklarda durgunluk dışında herhangi bir anormal davranış belirlenmemiştir.

30 günün sonunda balıklardan alınan kan örneklerinden ölçülen hemoglobin (Hb) ve hematokrit (Hct) değerleri, eritrosit (RBC) sayıları, ortalama eritrosit hacmi (MCV), eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı (MCH) ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonları (MCHC) Tablo 4'de verilmiştir. Buna göre 1.47 ve 3.00 mg/L'deki Hb değerinin kontrole göre azaldığı ve bu azalmanın sadece DMSO kontrolüne göre istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). MP'nin 2.10, 4.28 ve 6.11 mg/L konsantrasyonunda Hb değerlerinin kontrollere göre azaldığı ve bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir. MP'nin 2.10, 4.28 ve 6.11 mg/L konsantrasyonunda ölçülen Hct değerlerinin de kontrollere göre azaldığı ve bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir. MP'nin 2.10, 4.28 ve 6.11 mg/L konsantrasyonlarında Hct değerlerinin 3.00 mg/L'ye göre azaldığı ve bu azalmanın da önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Santhakumar ve ark. (1999), *Anabas testudineus* balığını OP'li monocrotophosun subletal konsantrasyonlarına (1.9–9.5 mg/L) 21 gün süreyle maruz bırakmış ve Hb değerinin her iki konsantrasyon için önemli ölçüde düştüğünü ve Hct değerinin azaldığını ancak önemli olmadığını bildirmişlerdir. John (2007), tatlı su balığı *Mystus vittatus*'un OP'li metasytosta kronik maruz bırakılması sonrası Hb yüzdesinin önemli ölçüde azaldığını ve Hct değerinin azalmasına karşın önemli olmadığını bildirmiştir. Farklı balık türleri üzerinde farklı pestisit gruplarının hematolojik etkilerinin belirlenmeye çalışıldığı araştırmalarda da (Kumar ve ark., 1999; Atamanalp ve Cengiz, 2002; Saxena ve Seth, 2002; Atamanalp ve Yanık, 2003) Hb ve Hct değerlerinin düştüğü rapor edilmiştir. Benzer olarak MP'ye maruz kalan inci kefalinde de Hb ve Hct değerlerinde düşüş olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada, MCH'nin sadece 4.28 mg/L konsantrasyonunda önemli ölçüde azaldığı ($P<0.05$) diğer konsantrasyonlarda değişmediği ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Kumar ve ark. (1999), deltamethrine maruz bırakılan *Heteropneustes fossilis* balığında MCH'nin azalışının önemli olduğunu; Atamanalp ve Yanık (2003), mancozebe maruz bırakılan

gökkuşuğu alabalığında, Svobodova ve ark. (2003), deltamethrine maruz bırakılan sazan balığında MCH'nin azalışının önemsiz olduğunu ve John (2007), OP'li metasytosta maruz bırakılan *Mystus vittatus*'un MCH'nin artışının önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

MP'nin bütün konsantrasyonlarında MCHC değerlerinin kontrollere göre azaldığı, ancak bu azalmanın sadece 6.11 mg/L'de önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Santhakumar ve ark. (1999), OP'li monocrotophosuna maruz bırakılan *Anabas testudineus* balığında uygulanan pestisit artışına bağlı olarak MCHC değerinin azaldığını; Atamanalp ve Yanık (2003), mancozebe maruz bırakılan gökkuşuğu alabalığında MCHC'nin, pestisite maruz bırakma süresine bağlı olarak MCHC'nin başlangıçta (1 ve 2'inci hafta süresince) önemli olarak azaldığı ve 3'üncü haftada önemli bir artışın olduğunu; Svobodova ve ark. (2003), deltamethrine maruz bırakılan sazan balığında MCHC değerinde gruplar arası herhangi farkın olmadığını; John (2007), OP'li metasytosta maruz bırakılan *Mystus vittatus*'un MCHC değerinde artışının önemsiz olduğunu tespit etmişlerdir. Hematolojik parametrelerdeki bu farklılıklar uygulanan kimyasal maddenin özelliklerine, maruz bırakılan balığın türüne, büyüklüğüne, denemede kullanılan suyun kalite kriterlerine ve maruz bırakma süresine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (Santhakumar ve ark., 1999; Kumar ve ark., 1999; Saxena ve Seth, 2002; Katalay ve Parlak, 2002; Svobodova ve ark., 2003; John, 2007).

Kronik denemenin sonunda balıklardan alınan kanda belirlenen hemoglobin ve hematokrit değerlerine göre LOEC değeri 2.10 mg/L, NOEC değeri 1.47 mg/L, MATC değeri 1.76 mg/L olarak belirlenmiştir. İnci kefali üzerine MP'nin kronik toksisite denemesi sonunda alınan kana ait hemoglobin (Şekil 1) ve hematokrit (Şekil 2) LOEC ve NOEC değerleri verilmiştir.

Tablo 4. İnci kefali, metil paration kronik toksisite testi balık kan örneklerinde, hemoglobin (Hb), hematokrit (Hct), eritrosit sayısı (RBC), ortalama eritrosit hacmi (MCV), eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı (MCH) ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonları (MCHC), ortalama±standart hata.

Table 4. In the fish blood samples, *C. tarichi*, methyl paration chronic toxicity test showed that hemoglobin (Hb), hematocrit (Hct), red blood cell (RBC), mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC), mean±standard error

Konsantrasyon (mg/L)	Hb (g/100 mL)	Hct (%)	RBC (10 ⁶ mm ³)	MCV (µm ³)	MCH (µg/hücre)	MCHC (g/100 mL)
0.00	8.86±0.35 ^{ab}	37.11±0.86 ^a	2.34±0.05 ^a	160.24±4.82 ^a	38.17±1.58 ^{ab}	23.90±0.84 ^{ab}
952.04 (DMSO)	9.48±0.31 ^a	38.04±1.08 ^a	2.34±0.08 ^a	165.00±6.20 ^a	41.21±1.77 ^a	25.03±0.61 ^a
1.47	8.28±0.20 ^{bc}	35.76±1.20 ^{ab}	2.32±0.14 ^a	162.24±8.82 ^a	38.26±2.28 ^{ab}	23.54±0.91 ^{ab}
2.10	7.42±0.23 ^{dc}	32.10±1.15 ^b	2.68±0.27 ^a	154.64±21.79 ^a	34.26±6.16 ^{ab}	22.53±0.92 ^{abc}
3.00	8.07±0.51 ^{bc}	37.69±1.29 ^a	-	-	-	23.00±1.04 ^{abc}
4.28	6.82±0.31 ^d	33.16±1.85 ^b	2.44±0.10 ^a	140.36±6.31 ^a	29.58±1.33 ^b	21.38±0.73 ^{bc}
6.11	6.71±0.25 ^d	32.79±1.67 ^b	2.47±0.32 ^a	178.65±24.34 ^a	34.06±5.42 ^{ab}	20.55±1.29 ^c
Genel ortalama	8.11±0.15	35.36±0.52	2.42±0.07	160.70±5.22	36.74±1.24	23.07±0.36

a, b, c, d Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, metil paration konsantrasyonuna bağlı olarak gruplar arası ortalama değerlerin farklılıklarını ifade etmektedir, aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05), (-) 3.00 mg/L MP konsantrasyonundaki balıklarda eritrosit sayımı yapılamamış, ortalama eritrosit hacmi ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı hesaplanamamıştır.

Tablo 5. Kronik testte balıklardan alınan kas, beyin ve karaciğer dokularında asetilkolinesteraz (AChE) ve butirilkolinesteraz (BChE) aktiviteleri.

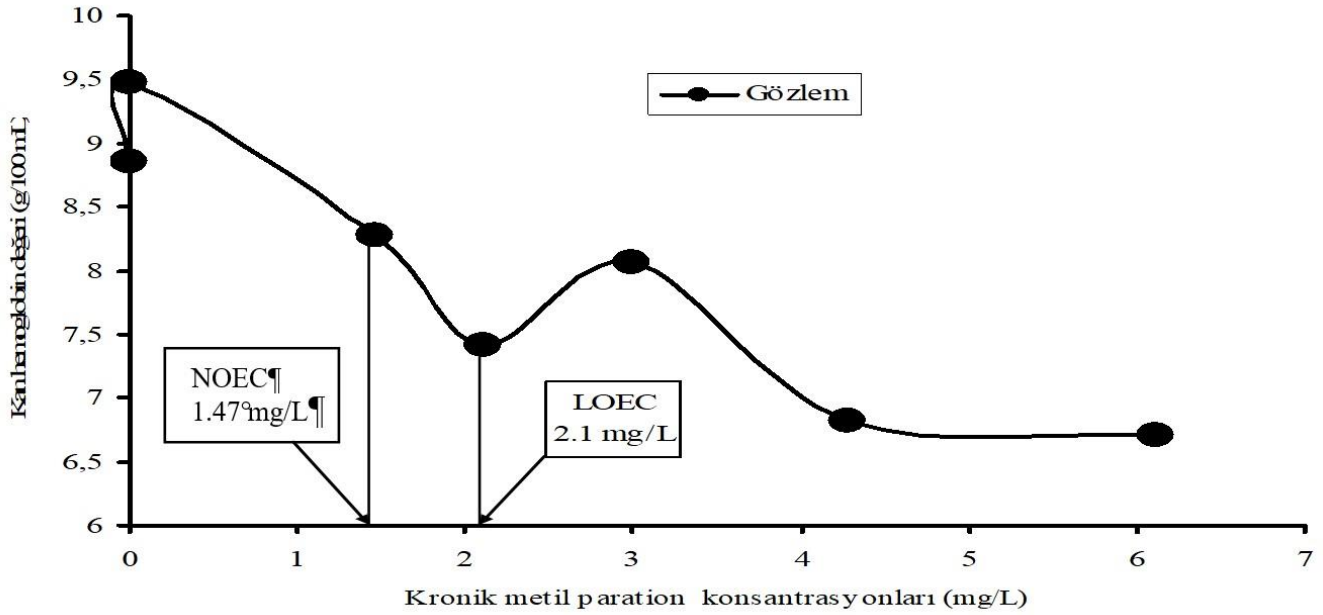
Ortalama±standart hata. [verilere $\sqrt{x+1}$ transformasyonu yapılmıştır, Düzgüneş ve ark., (1987)] n=6

Table 5. Activities of acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BChE) in muscle, brain and liver tissues removed from fish in chronic test.

Mean ± standard error. [$\sqrt{x+1}$ transformation performed on the data, Düzgüneş et al., (1987)] n=6

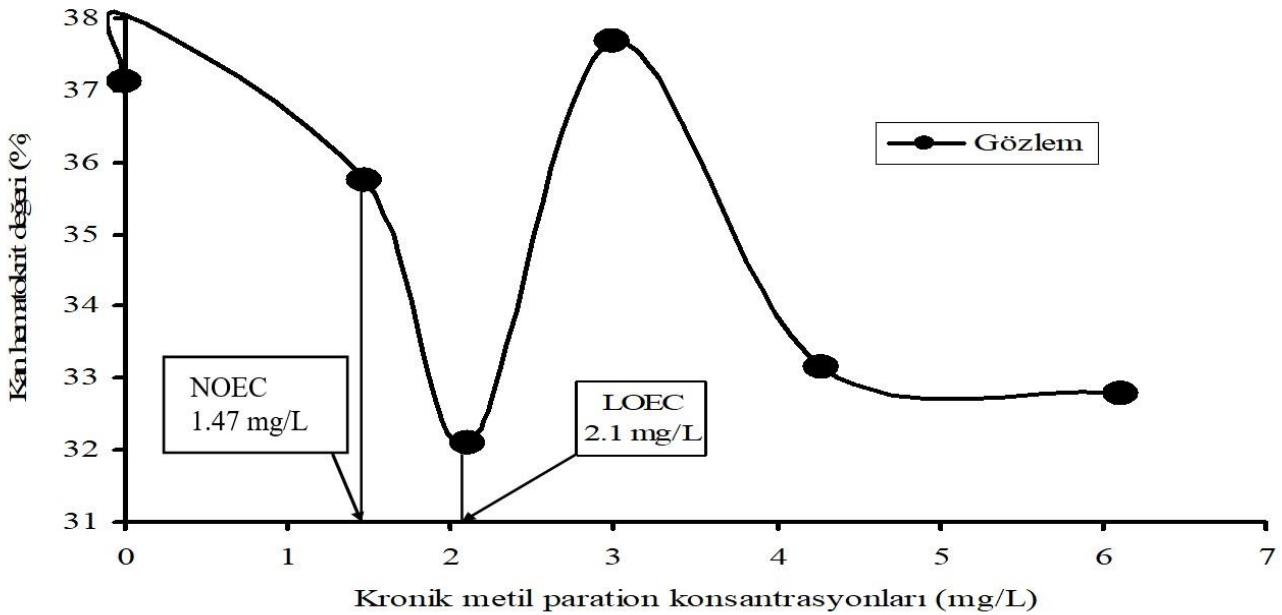
Dokular	MP Konsantrasyonu (mg/L)	Enzimler	
		AChE (EU/g doku)	BChE (EU/g doku)
Kas	0.00	1.0133±0.0053 ^a	1.0049±0.0020 ^a
Kas	952.04 (DMSO)	1.0140±0.0087 ^a	1.0037±0.0031 ^a
Kas	4.28	1.0128±0.0074 ^a	1.0060±0.0036 ^a
Beyin	0.00	1.4005±0.1343 ^a	1.0070±0.0027 ^a
Beyin	952.04 (DMSO)	1.3744±0.1608 ^a	1.0058±0.0034 ^a
Beyin	4.28	1.1770±0.0774 ^b	1.0050±0.0014 ^a
Karaciğer	0.00	1.0951±0.0147 ^a	1.0061±0.0009 ^a
Karaciğer	952.04 (DMSO)	1.0906±0.0075 ^a	1.0066±0.0005 ^a
Karaciğer	4.28	1.0557±0.0052 ^a	1.0062±0.0003 ^a

a ve b Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, metil paration konsantrasyonuna bağlı olarak doku grupları arası, ortalama değerlerinin farklılıklarını ifade etmektedir, aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05).



Şekil 1. Kronik testte kan hemoglobin değerleri esas alınarak belirlenen LOEC ve NOEC değerleri.

Figure 1. LOEC and NOEC values determined based on blood hemoglobin values in the chronic test.



Şekil 2. Kronik testte kan hematokrit değerleri esas alınarak belirlenen LOEC ve NOEC değerleri.

Figure 2. LOEC and NOEC values determined based on blood hematocrit values in chronic test.

Kronik deneme sonucunda balıklardan alınan kas, beyin ve karaciğer dokularında ölçülen AChE ve BChE aktiviteleri Tablo 5'te verilmiştir. Buna göre, uygulanan 4.28 mg/L MP konsantrasyonunda AChE aktivitesinin kas ve karaciğer dokusunda değişmediği ($P>0.05$) ancak beyin dokusunda önemli bir azalmanın olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir. Bununla birlikte BChE aktivitesinin kas, beyin ve karaciğerde değişmediği ($P>0.05$) tespit edilmiştir. Rao ve Rao (1984a), MP'ye maruz bırakılan *Tilapia mossambica*'da kas, solungaç, karaciğer ve beyin dokularında AChE aktivitesinin azaldığını; Silva ve ark. (1993), OP'li MP içeren folidol 600'ün *Callichthys callichthys*'in plazma kolinesteraz aktivitesinde, denemenin başlangıcından 4 saat sonra % 90 oranında inhibisyon etkisine sahip olduğunu; Aguiar ve ark. (2004), etken maddesi MP olan Folidol 600'ün subletal konsantrasyonuna maruz bırakılan *Brycon cephalus* balığının beyin AChE aktivitesinin % 87 oranında azaldığını; Almeida ve ark. (2005), MP'ye 24 saat süreyle maruz bırakılan *Brycon cephalus*'da kas ve beyin dokusunda MP'nin düşük konsantrasyonunda AChE aktivitesinin azaldığını, inci kefalindeki bulguya benzer olarak temel inhibisyon etkisinin beyinde gözlendiğini bildirmişlerdir. Bir çok OP'li insektisitlere maruz bırakılan akuatik organizmaların farklı dokularında AChE aktivitesinin azaldığı tespit edilmiştir (Wheelock ve ark. 2005; Chang ve ark. 2006; Attademo ve ark. 2007). OP'li insektisitlere maruz bırakılan akuatik organizmaların farklı dokularında BChE aktivitelerinde önemli azalma olduğunu (Sturm ve ark. 2000; Chuiko ve ark. 2002) ve farklı olarak BChE aktivitesinde herhangi bir değişikliğin olmadığı (Wogram ve ark. 2001) bildirilmiştir. Benzer olarak inci kefalinde de ölçülen dokularda BChE aktivitesinde değişiklik görülmemiştir.

Sonuç

İnci kefalinde MP toksisitesinin belirtileri, yüzme bozukluğu, akvaryum tabanına dik vaziyette taban boyunca dolaşma, denge kaybı, akvaryumun dibine düşme, yan yatma, kendi eksenini etrafında dairesel hareketler, suyun yüzeyine ani sıçrama hareketi, solunum sorunları, baş ve kuyruk kısmının dorsa-ventral veya lateral olarak bir yay gibi kıvrılması, asfeksi ve ölüm olarak gözlenmiştir.

İnci kefalinin yaşadığı tatlı su ortamlarında en fazla 0.1144 mg/L MP'nin bulunması güvenli konsantrasyonu oluşturmaktadır. Sularda bu değer üzerinde MP bulunmamalıdır.

Sonuç olarak MP'nin bütün konsantrasyonlarında inci kefalinde davranış bozukluklarına neden olduğu gözlenmiştir. MP'nin inci kefaline için toksik bir madde olduğu dolayısıyla

Van Gölü havzasında yaygın olarak kullanılan MP'nin kontrollü kullanılması gerektiği söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir (proje no: 2007-FBE-D75). Çalışmanın birçok aşamasında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Hatice PARLAK, Prof. Dr. Osman ÇETİNKAYA ve katkıda bulunan ismini saymadığım tüm kişilere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abhijith, B.D., Ramesh, M., Poopal, R.K. (2012). Sublethal toxicological evaluation of methyl parathion on some haematological and biochemical parameters in an Indian major carp *Catla catla*. *Comparative Clinical Pathology*, 21(1), 55-61.
- Aguiar, L.H., Moraes, G., Avilez, I.M., Altran, A.E., Correa, C.F. (2004). Metabolical effects of Folidol 600 on the neotropical freshwater fish *Matrinxa, Brycon cephalus*. *Environmental Research*, 95(2), 224-230.
- Almeida, L.C., Aguiar, L.H., Moraes, G. (2005). Effect of methyl parathion on the muscle and brain acetylcholinesterase activity of *Matrinxa (Brycon cephalus)*. *Ciencia Rural, Santa Maria*, 35(6), 1412-1416.
- Alwan, S.F. (2013). Effect of aluminum exposure on some blood parameters in the *Tilapia zillii* fish. *International Journal of Pharmacy & Life Sciences*, 4(7), 2766-2769.
- Anonim. (2017a, Temmuz 19). Su ürünleri istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr> (Erişim tarihi: 19.07.2017).
- Anonim. (1995). Standart methods for the examination of water and wastewater. (19th edition) (1995-09-16). APHA, AWWA, WEF, Washington, USA, ASIN: B0146V1584
- Anonim. (2017b, Temmuz 19). Pan pesticides database-chemical toxicity studies on aquatic organisms. US. EPA Aquire, United States. http://www.pesticideinfo.org/List_Aquire-All.jsp?Rec_Id=PC35110&offset=100 (Erişim tarihi: 19.07.2017).

- Atamanalp, M., Cengiz, M. (2002). Bir sentetik piretroit insektisit (Cypermethrin)'in sublethal dozlarının *Capoeta capoeta capoeta* (Güldenstaedt, 1772)'da hemoglobin, hematokrit ve sediment seviyeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19(1-2), 169-175.
- Atamanalp, M. & Yanık, T. (2003). Alterations in hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to mancozeb. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27(5), 1213-1217.
- Attademo, A.M., Peltzer, P.M., Lajmanovich, R.C., Cabbagna, M. & Fiorenza, G. (2007). Plasma B-Esterase and Glutathione S-Transferase activity in the Toad *Chaunus schneideri* (Amphibia, Anura) inhabiting rice agroecosystems of Argentina. *Ecotoxicology*, 16(8), 533-539.
- Blaxhall, P.C., Daisley, K.W. (1973). Routine haematological methods for use fish with blood. *Journal of Fish Biology*, 5(6), 771-781.
- Çetinkaya, O. (2005). Akuatik toksikoloji: balık biyodenyeleri. M. Karataş (Eds.), *Balık biyolojisi araştırma yöntemleri* (s. 169-217). Ankara, Nobel. ISBN 9755917578
- Chang, C.C., Lee, P.P., Hsu, J.P., Yeh, S.P., Cheng, W. (2006). Survival, and biochemical, physiological, and histopathological responses of the giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, to short-term trichlorfon exposure. *Aquaculture*, 253(1-4), 653-666.
- Chuiko, G.M., Podgornaya, V.A. & Lavrikova, I.V. (2002). Organophosphorus compound O, O-Dimethyl-O-(2,2-Dichlorovinyl)-Phosphate as selective inhibitor for separate determination of acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase activities in the Roach *Rutilus rutilus*. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 38(3), 264-269.
- Chuiko, G.M., Podgornaya, V.A., Zhelnin, Y.Y. (2003). Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase activities in brain and plasma of freshwater teleosts: cross-species and cross-family differences. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, Biochemistry & Molecular Biology*, 135(1), 55-61.
- Chupani L, Savari A, Zolgharnein H, Chupani, L., Savari, A., Zolgharnein, H., Rezaie, A., Zeinali, M., (2016). (2016). Enzymatic and histopathologic biomarkers in the flatfish *Euryglossa orientalis* from the northwestern Persian Gulf. *Toxicology and Industrial Health* 32(5): 866-876.
- De La Vega Salazar M.Y., Tabche, L.M., Garcia, C.M. (1997). Bioaccumulation of methyl parathion and its toxicology in several species of the freshwater community in Ignacio Ramirez Dam in Mexico. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 38(1), 53-62.
- Duyar, H.A. (2000). *İnci kefalı (Chalcalburnus tarichi Pallas, 1811) kas ve yumurtasının kimyasal kompozisyonu ve kroket yapımı üzerine bir araştırma* (doktora tezi, basılmamış). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. & Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları-II)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın: 1021, Ders Kitabı: 295, Ankara, 381 s.
- Edwards, F. & Tchounwou, P.B. (2005). Environmental toxicology and health effects associated with metyhl parathion exposure-a scientific review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2(3), 430-441.
- Ellman, G.L., Courtney, K.D., Andres, V.Jr. & Featherstone, R.M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7(2), 88-90, IN1, 91-95.
- Elp, M. (1996). *İnci kefalı (Chalcalburnus tarichi Pallas, 1811) 'nin üreme biyolojisi üzerine bir araştırma* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Houston, A.H. (1990). Blood and circulation. C.B. Schreck & P.B. Moyle (Eds.), *Methods for Fish Biology* (p.273-334). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, ISBN 091323558X
- Isik, I., Celik, I. (2008). Acute effects of methyl parathion and diazinon as inducers for oxidative stress on certain biomarkers in various tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 92(1), 38-42.

- John, P.J. (2007). Alteration of certain blood parameters of freshwater teleost *Mystus vittatus* after chronic exposure to Metasystox and Sevin. *Fish Physiology Biochemistry*, 33(1), 15-20.
- Kalipci, E., Özdemir, C., Öztas, F., Sahinkaya, S. (2010). Ecotoxicological effects of methyl parathion on living things and environment. *African Journal of Agricultural Research*, 5(8), 712-718.
- Kankaya, E., Kaptaner, B. (2014). Increased apoptosis in the liver of *Chalcalburnus tarichi* exposed to sublethal concentrations of methyl parathion. *Journal of Applied Biological Sciences*, 8(1), 45-48.
- Kankaya, E., Arslan, Ö.Ç., Parlak, H., Ünal, G. (2012). Induction of micronuclei in *Chalcalburnus tarichi* (Pallas, 1811) exposed to sub-lethal concentrations of methyl parathion. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(6), 1417-1421.
- Katalay, S., Parlak, H. (2002). Su kirliliğinin, *Gobius niger* Linn., 1758 (Pisces: Gobiidae)'in kan parametreleri üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 19(1-2), 115-121.
- Kocabatmaz, M., Ekingen, G. (1977). Preliminary investigation on some haematological norms in five freshwater fish species. *Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 4(1-2), 28-40.
- Kocabatmaz, M., Ekingen, G. (1984). Değişik tür balıklarda kan örneği alınması ve hematolojik metotların standardizasyonu. *Doğa Bilim Dergisi*, D1, 8(2), 149-159.
- Kumar, S., Lata, S., Gopal, K. (1999). Deltamethrin induced physiological changes in freshwater cat fish *Heteropneustes fossilis*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 62(3), 254-258.
- Lakshmaiah, G. (2016). A histopathological study on the liver of common carp *Cyprinus carpio* exposed to sublethal concentrations of phorate. *International Journal of Applied Research*, 2(6), 96-100.
- Lionetto, M.G., Caricato, R., Giordano, M.E., Pascariello, M.F., Marinosci, L. & Schettino, T. (2003). Integrated use of biomarkers (acetylcholinesterase and antioxidant enzymes activities) in *Mytilus galloprovincialis* and *Mullus barbatus* in an Italian coastal marine area. *Marine Pollution Bulletin*, 46(3), 324-330.
- Macek, K.J., McAllister, W.A. (1970). Insecticide susceptibility of some common fish family representatives. *Transactions of the American Fisheries Society*, 99(1), 20-27.
- Machado, M.R., Fanta, E. (2003). Effects of the organophosphorous methyl parathion on the branchial epithelium of a freshwater fish *Metynnis roosevelti*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(3), 361-372.
- Milam, C.D., Bouldin, J.L., Farris, J.L., Schulz, R., Moore, M.T., Bennett, E.R., Cooper, C.M. & Smith, S.Jr. (2004). Evaluating acute toxicity of methyl parathion application in constructed wetland mesocosms. *Environmental Toxicology*, 19(5), 471-479.
- Monteiro, D.A., Almeida, J.A., Rantin, F.T. & Kalinin, A.L. (2006). Oxidative stress biomarkers in the freshwater characid fish, *Brycon cephalus*, exposed to organophosphorus insecticide folisuper 600 (methyl parathion). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 143(2): 141-149.
- Murthy, K.S., Kiran, B.R. & Venkateswarlu, M. (2013). A review on toxicity of pesticides in fish. *International Journal of Open Scientific Research*, 1(1), 15-36.
- Murty, A.S. (1984). Toxicity of methyl parathion and fen-sulfothion to the fish *Mystus cavasius*. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, 34(1), 37-46.
- Nagaratnamma, R., Ramamurthi, R. (1981). Comparative evaluation of methyl parathion toxicity to some selected freshwater organisms. *Current Science*, 50(7), 334-335.
- OECD. (2000). *Fish Juvenile Growth Test*. OECD TG 215 (2000), C.14, Dir 2001/59/EC (O. J. L 225 2001).
- Rao, K.S.P., Rao, K.V.R. (1984a). Changes in the tissue lipid profiles of fish (*Oreochromis mossambicus*) during methyl parathion toxicity-a time course study. *Toxicology Letters*, 21(2), 147-153.

- Rao, K.S.P., Rao, K.V.R. (1984b). Impact of methyl parathion toxicity and eserine inhibition on acetylcholinesterase activity in tissues of the teleost (*Tilapia mossambica*)-a correlative study. *Toxicology Letters*, 22(3), 351-356.
- Salles, J.B., Lopes, R.M., Salles, C.M.C., Vicente, P., Casano, F., Oliveira, M.M., Bastos, V.L.F.C., Bastos, J.C. (2015). Bioconcentration and acute intoxication of Brazilian freshwater fishes by the methyl parathion organophosphate pesticide. *Hindawi Publishing Corporation BioMed Research International*, 2015, 1-9.
- Santhakumar, M., Balaji, M., Ramudu, K. (1999). Effect of sublethal concentrations of monocrotophos on erythropoietic activity and certain hematological parameters of fish *Anabas testudineus* (Bloch). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 63(3), 379-384.
- SAS. (1998). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Saxena, K.K. & Seth, N. (2002). Toxic effects of cypermethrin on certain hematological aspects of fresh water fish *Channa punctatus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 69(3), 364-369.
- Silva, H.C., Medina, H.S.G., Fanta, E. & Bacila, M. (1993). Sub-lethal effects of the organophosphate folidol 600 (methyl parathion) on *Callichthys callichthys* (pisces: teleostei). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*, 105(2), 197-201.
- Singh, B.K. & Walker, A. (2006). Microbial degradation of organophosphorus compounds. *Federation of European Microbiological Societies*, 30(3), 428-471.
- Sivaperumal, P. & Sankar, T.V. (2011). Toxic effects of methyl parathion on antioxidant enzymes and acetylcholinesterase activity in freshwater fish, *Labeo rohita*. *Fishery Technology*, 48(1), 59-66.
- Sturm, A., Wogram, J., Segner, H., Liess, M. (2000). Different sensitivity to organophosphates of acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase from three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*): application in biomonitoring. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(6), 1607-1615.
- Sürücü, K. (2005). *Organik fosforlu pestisitlerden malathionun inci kefali (Chalcalburnus tarichi Pallas, 1811) üzerindeki akut toksisitesinin belirlenmesi* (yüksek lisans tezi, basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Svobodova, Z., Luskova, V., Drastichova, J., Svoboda, M., Zlabek, V. (2003). Effect of deltamethrin on haematological indices of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno*, 72(1), 79-85.
- Ünsal, M. (1998). *Kirlilik deneyleri: yöntemler ve sonuçların değerlendirilmesi*. TKB, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bodrum, Seri A, No.11, 168.
- USEPA. (1989). *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms*. EPA 600/4-89/001. Office of Research and Development, U.S. EPA, Cincinnati, OH, USA.
- USEPA. (1991). *Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms*. EPA 600/4-90/027. Office of Research and Development, U.S. EPA, Washington, D.C., USA.
- Wheelock, C.E., Eder, K.J., Werner, I., Huang, H., Jones, P.D., Brammell, B.F., Elskus, A.A. & Hammock, B.D. (2005). Individual variability in esterase activity and CYP1A levels in Chinook Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) exposed to esfenvalerate and chlorpyrifos. *Aquatic Toxicology*, 74(2), 172-192.
- Wogram, J., Sturm, A., Segner, H. & Liess, M. (2001). Effects of parathion on acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, and carboxylesterase in three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) following short-term exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 20(7), 1528-1531.