

**T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI YENİ NESİL İNSEKTİSİTLERİN
Gammarus kischineffensis (SCHELLENBERG, 1937)
(CRUSTACEA: AMPHIPODA)
ÜZERİNDEKİ TOKSİK ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Pelin UĞURLU

**YÜKSEKLİSANS TEZİ
(Biyoloji Anabilim Dalı)**

**DİYARBAKIR
HAZİRAN 2009**

T.C
DİCLE UNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
DİYARBAKIR

Pelin UĞURLU tarafından yapılan “ Bazı Yeni Nesil İsektisitlerin *Gammarus kischineffensis* (Schellenberg, 1937) (Crustacea: Amphipoda) Üzerindeki Toksik Etkilerinin İncelenmesi” konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Biyoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan: Prof. Dr. Kemal GÜVEN

Üye : Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ

Üye : Doç. Dr. Elif İpek SATAR

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 01/07/2009

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../2009

Prof. Dr. Hamdi TEMEL

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

(MÜHÜR)

ÖZET

Bu çalışmada indoxacarb, thiamethoxam ve endosulfan içerikli üç ticari insektisidin *Gammarus kischineffensis* (Schellenberg,1937) üzerindeki akut toksisitesi ve bu pestisitlerin bu canlıların solungaç dokusunda neden olduğu histopatolojik değişikliklerin incelenmesi amaçlanmıştır.

Akut toksisite testlerinde *G. kischineffensis* örnekleri 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC₅₀ değerlerini belirlemek için her pestisit için belirli konsantrasyonlarına maruz bırakıldı. Aralık belirleme deneylerinden sonra deney konsantrasyonları indoxacarb için 0.0 (kontrol), 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 mg/l, thiamethoxam için 0.0 (kontrol), 2,5, 5, 7,5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 mg/l ve endosulfan için 0.0, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5, 20 µg/l olarak belirlendi. Yapılan çalışmalar sonucu pestisitlerin 96 saatlik LC₅₀ değerleri indoxacarb için 20.212 mg/l, thiamethoxam 3.751 mg/l ve endosulfan için 1.861 µg/l olarak bulundu.

Histolojik çalışma için, bulunan LC₅₀ değerlerinin 1/10, 1/100 ve 1/1000'lik oranları kullanıldı. 7. ve 14. günlerinde her pestisit grubundan 5 er canlı alınarak histolojik çalışma için kurban edildi. Çalışmalar sonucunda indoxacarbın canlıların solungaç dokularında hemositik infiltrasyon, hemokoel atropisi, epitelyum hiperplazisi ve vakuolleşmeye neden olduğu belirlenmiştir. Thiamethoxam ise bu canlıların solungaçlarında hemositik infiltrasyon ve vakuolleşme meydana getirmiştir. Endosulfan canlıların solungaçlarında pillar hücrelerinde hemositik infiltrasyon, epitelyum hiperplazisi meydana getirmiştir.

Anahtar kelimeler: indoxacarb, thiamethoxam, endosulfan, *Gammarus kischineffensis*, akut toksisite.

ABSTRACT

In this study the acute toxicity of indoxacarb, thiamethoxam and endosulfan on *Gammarus kischineffensis* (Schellenberg,1937) and the histopathological alternations caused by these pesticides in gill tissues of *G. kischineffensis* were aimed to be examined.

In the acute toxicity tests *G. kischineffensis* samples were exposed to certain concentrations of each pesticide in order to determine 24, 48, 72 and 96 hour LC₅₀ values of these pesticides. After the range finding tests the experimental concentrations for indoxacarb were 0.0 (control), 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 mg/l, the experimental concentrations for thiamethoxam were 0.0 (control), 2.5, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 mg/l concentrations of this pesticide. Adjusting concentrations of endosulfan were 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5 and 20 µg/l. After the acute toxicity study the 96 hour LC₅₀ values found for indoxacarb, thiamethoxam and endosulfan were 20.212 mg/l, 3.751 mg/l and 1.861 µg/l respectively.

For the hitological examination, the ratios 1/10, 1/100 and 1/1000 of LC₅₀ values found after acute toxicity study were used. At 7th and 14th days, 5 samples were taken from each pesticide group and sacrificed for histolojical examination. Indoxacarb caused hemocytic infiltration, hiperplasia of epithelium, thiamethoxam caused hemocytic infiltration and vacuolization and endosulfan caused hemocytic infiltration in pillar cells, hiperplasia of epithelium.

Key words: indoxacarb, thiamethoxam, endosulfan, *Gammarus kischineffensis* acute toxicity.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma konusunu bana Yüksek Lisans Tezi olarak veren, laboratuvar çalışmaları ve tezimin hazırlanması sırasında sonsuz yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erhan ÜNLÜ'ye; değerli düşünce ve önerileriyle destek olan Prof. Dr. Kemal GÜVEN'e; histolojik incelemelerde çok değerli görüşlerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Elif İpek CENGİZ'e; deney aşamalarında birlikte çalıştığımız Arş. Gör. Özlem DEMİRCİ'YE; çalışmalarımnda bana yardımcı olan laborant Vahdet ERGÜN'e; arazi çalışmalarımnda bana yardımcı olan Biyoloji Bölümündeki arkadaşlarıma; çalışmam boyunca desteklerini benden esirgemeyen sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca bu çalışmayı bir proje (DÜBAB 08-FF-16) olarak destekleyen Dicle Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Birimine de teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
Çizelgeler Listesi	v
Şekiller ve Resimler Listesi	vi
1. GİRİŞ	1
BÖLÜM KAYNAKLARI.....	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	9
BÖLÜM KAYNAKLAR	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	30
3.1. Örneklerin elde edilmesi.....	30
3.2. Örneklerin laboratuvar koşullarına adaptasyonu ve deney düzeneklerinin hazırlanması.....	31
3.3. Akut toksisite deneyi.....	33
3.4. Kimyasalların hazırlanması	33
3.5. Subkronik Deney.....	35
3.6. Histolojik Çalışma.....	36
3.7. İstatistiksel Analizler.....	38
BÖLÜM KAYNAKLARI.....	39
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	40
4.1. AKUT TOKSİSTE ÇALIŞMASI.....	40
4.1.1. Thiamethoxamın Akut Tosik Etkileri.....	40
4.1.2. Endosulfanın Akut Tosik Etkileri	45
4.1.3. İndoxacarbın Akut Tosik Etkileri.....	48
4.2. HİSTOLOJİK ÇALIŞMA	50
4.2.1. Thiamethoxamın Subkronik Tosik Etkileri	50
4.2.2. Endosulfanın Subkronik Toksik Etkileri	55
4.2.3. İndoxacarbın Subkronik Tosik Etkileri	57
4.3. CANLILARDA GÖZLENEN DAVRANIŞ DEĞİŞİKLİKLERİ.....	60
TABLO VE ŞEKİLLER	65
RESİMLER	69
BÖLÜM KAYNAKLARI.....	74
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	84
BÖLÜM KAYNAKLARI.....	89
KAYNAKLAR.....	91
6. ÖZGEÇMİŞ	104

Çizelgeler Listesi

Tablo 1. Laboratuvar şartlarında kullanılan kavanozlardaki suyun kimyasal özellikleri

Tablo 2. Kullanılan balık yeminin içeriği

Tablo 3. *G. kischineffensis*'te 24, 48, 72, 96

saatlik thiamethoxam konsantrasyonuna bağlı ölüm oranları.

Tablo 4. Kimyasalların LC₅₀ değerlerine göre zararlılık derecesi

Tablo 5. *G. kischineffensis*'te 24, 48, 72, 96 saatlik

endosulfan konsantrasyonuna bağlı ölüm oranları.

Tablo 6. *G. kischineffensis*'te 24, 48, 72, 96 saatlik

indoxacarb konsantrasyonuna bağlı ölüm oranları.

Şekiller ve Resimler Listesi

Şekil 1. *G. kischineffensis*'te thiamethoxam konsantrasyonuna bağlı ölüm oranı değişimi grafiği.

Şekil 2. *G. kischineffensis*'te endosulfan konsantrasyonuna bağlı ölüm oranı değişimi grafiği.

Şekil 3. *G. Kischineffensis*'te indoxacarb konsantrasyonuna bağlı ölüm oranı değişimi grafiği.

Resim 1. Kontrol grubuna ait solungacın histolojik yapısı.

Resim 2. Aseton control grubuna ait solungacın histolojik yapısı.

Resim 3. Thiamethoxam 7. gün 0.004 mg/l konsantrasyon.

Resim 4. Thiamethoxam 7. gün 0.04 mg/l konsantrasyon.

Resim 5. Thiamethoxam 7. gün 0.4 mg/l konsantrasyon.

Resim 6. Thiamethoxam 14. gün 0.004 mg/l konsantrasyon.

Resim 7. Thiamethoxam 14. gün 0.04 mg/l konsantrasyon.

Resim 8. Endosulfan 7. gün 0.00186 µg/l konsantrasyon.

Resim 9. Endosulfan 7. gün 0.0186 µg/l konsantrasyon.

Resim 10. Endosulfan 7. gün 0.186 µg/l konsantrasyon.

Resim 11. Endosulfan 14. gün 0.00186 µg/l konsantrasyon.

Resim 12. Endosulfan 14. gün 0.0186 µg/l konsantrasyon.

Resim 13. Endosulfan 14. gün 0.186 µg/l konsantrasyon.

Resim 14. İndoxacarb 7. gün 0.02 mg/l konsantrasyon.

Resim 15. İndoxacarb 7. gün 0.2 mg/l konsantrasyon.

Resim 16. İndoxacarb 7. gün 2 mg/l konsantrasyon.

Resim 17. İndoxacarb 14. gün 0.02 mg/l konsantrasyon.

Resim 18. İndoxacarb 14. gün 0,2 mg/l konsantrasyon.

Resim 19. Prekopulator bir *Gammarus sp.* çifti.

1. GİRİŞ

Günümüzde dünyanın en önemli problemlerinden biri açlıktır. 150 milyon km²'lik toplam dünya topraklarının %10'u ekilebilir tarım arazisidir. Bu toprakların %55'i mera, çayır ve ormanlarla kaplıdır. Geri kalan topraklar ise tarıma elverişli değildir (Devine ve Furlong, 2007¹). Tarımsal üretimin Avrupa, Asya, Amerika ve Avustralya'da hızlıca artmasına rağmen, Afrika'nın toplam verimi çetin kuraklık, sivil huzursuzluk, toprakların bozulması, zayıf zirai metotlar ve elverişsiz toprak yapısı yüzünden düşmeye devam etmektedir. Artan nüfusun taleplerini karşılayamayan gıda sektörü bu durum karşısında birim alandan elde edilen ürün miktarını arttırmaya çalışmaktadır. Özellikle tarımda zararlılara karşı kullanılan mekanik, fiziksel, biyolojik, biyoteknik, kimyasal ve entegre yöntemler zaten dünyada çok az bulunan ekilebilir tarım arazilerinden elde edilen ürün miktarını arttırmaya yönelik uygulanmaktadır.

Kimyasal yöntemler dünyada en fazla kullanılan tarımsal mücadele yöntemleridir. Çünkü kimyasal savaşım yüksek etkiye sahiptir, hızlı sonuç verir, bilinçli ve kontrollü kullanıldığında ekonomiktir (De Waard ve ark., 1993²). Kimyasal mücadelenin temelinde pestisit denilen yapay zirai ilaçlar vardır. Pestisitler tarımda kullanılan, zararlı böcek, hayvan ve bitkilerin gelişimini önlemek, bu zararlı canlıları yok etmek, geri püskürtmek veya bu canlıların sayısını azaltmak için üretilmiş kimyasal maddeler ya da biyolojik ajanlardır (virüs, bakteri) (EPA, 2007³). Dünya'da çok fazla kullanılan pestisitler tarımsal verimin arttırılmasında önemli bir yere sahiptirler. Ancak, pestisitlerin bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı sonucu, zararlı organizmalarda dayanıklılık oluşturabilme

riskleri ve kalıntılar yoluyla insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkileri kesinlikle göz ardı edilmemelidir (Delen ve ark., 2005⁴). Bilinçsiz pestisit kullanımı sonucunda insan, hava, su, toprak ve yabani hayat olumsuz etkilenmekte, hedef alınan canlılarda direnç oluşmakta, yararlı canlılar ve doğal hayatın ldürölmesiyle doğal denge bozulmakta ve bitkilerde fitotoksisite görölmektedir (Yıldırım, 2008⁵). Yoğun tarım, hava ve yüzey sularının kirlenmesine, su sistemlerinin ötrifikasyonuna, sera gazları emisyonlarına ve asit yağmurlarına neden olmaktadır (Devine ve Furlong, 2007¹).

Tarım arazilerinde kullanılan pestisitler, ilaçlanmış bitki ve toprak yüzeylerinden ilaçların yağmur sularıyla yıkanması ve sulama için kullanılan suyun yanlış sulama yöntemleri yüzünden temiz su kaynaklarına ulaşır. Zamanı geçmiş ve kullanılamaz pestisitlerin ambalaj ve torbalarının temiz su kaynaklarında yıkanarak çevreye atılması diğer bir kirlenme sebebidir. Ayrıca ilaçla bulaşan atmosferdeki katı ve sıvı ilaç taneciklerinin su kaynaklarına taşınması sonucunda da sular etkilenir. Kirlenen sularda yaşayan canlılar pestisite maruz kalarak akut ve kronik olarak etkilenirler (Leight ve Van Dolah, 1999⁶; Boateng ve ark., 2006⁷; Cengiz, 2006⁸).Bu araştırmada Avaunt™, Actara® ve Ganidan® sırasıyla indoxacarb, thiamethoxam ve endosulfan içerikli üç pestisit kullanılmıştır. Thiamethoxam, (3-(2-chloro-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-[1,3,5]oxadiazinan-4-ylidene-N-nitroamine) ilk ticari ikinci jenerasyon neonicotinoid insektisittir. Bu insektisit nikotinik asetilkolin reseptörlerine bağlanarak bu reseptörü inhibe eder ve birçok zararlı böceğin kontrolünde kullanılır (Maienfisch ve ark., 2001⁹). Actara® 240 SC, 1 litrede 240 gr

Thiamethoxam içerir ve Türkiye’de tohum uygulamalarında ve özellikle patates için zararlı olan böceklerin kontrolünde kullanılır. Indoxacarb ((S)-methyl 7-chloro-2, 5-dihydro-2- [[(methoxycarbonyl) [4 -(trifluoromethoxy) phenyl] amino] carbonyl] indeno[1,2-e][1,3,4] oxadiazine-4a(3H)-carboxylate) ticari oksadiazin insektisittir. Böcek ve farelerin sodyum kanallarını inhibe ederek bu canlıların ölmesine neden olur (Zhao ve ark., 1999¹⁰; Narahashi, 2001¹¹; Zhao ve ark., 2005¹²). Avaunt™, 1 litrede 150 gr indoxacarb içerir ve Türkiye’de pamuk, elma, karnabahar, lahana, üzüm, marul, şeftali, domates ve tohum uygulamalarında kullanılır. Endosulfan (6, 7, 8, 9, 10, 10-hexachloro-1, 5, 5a, 6, 9, 9a-hexahydro-6, 9methano-2, 4, 3-benzadioxathiepin 3-oxide) organoklorlu insektisittir Endokrin bozucu ve nörotoksin olarak etkisini gösterir. Canlılardaki GABA reseptör kompleksini inhibe eder (Pennington ve ark, 2004¹³). EPA (2002)¹⁴ bu insektisit in memelilere de oldukça toksik olduğunu bildirmiştir. Ganidan 36 EC, 1 litrede 360 gr endosulfan içerir ve ülkemizde pamuk, elma, şeftali, badem, armut, nohut, üzüm, fındık, sebze, lahana, kavun, hububat, saya fasulyesi, susam ve Antep fıstığında zararlı böceklerle savaşım da kullanılır. Çalışmada kullanılan pestisitler Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Üç pestisitinde *Gammarus kischineffensis* üzerindeki toksik etkilerine ilişkin çalışmalar bulunmamaktadır. Ancak indoxacarbın *Gammarus pulex* için LC₅₀ değeri Beketov ve Liess (2008)¹⁵ tarafından 2.5 mg/l bulunmuştur. Bu da indoxacarbın *Gammarus pulex* için yüksek derecede toksik olduğunu göstermektedir. Thiamethoxamın Gammaridae familyasından herhangi bir tür ile yapılan çalışmaları bulunmamaktadır. Ancak *Daphnia magna* için 48 saatlik LC₅₀ değeri 100 mg/l nin üzerinde bulunmuştur. Endosulfanın yine *Gammarus pulex*

için LC₅₀ değeri 3.248 µg/l olarak saptanmıştır (Cengiz ve Ünlü, 1999¹⁶). Bu durumda, ilgili pestisitler arasında en yüksek toksisiteye sahip olanın endosulfan olduğu görülmektedir.

Toksisite testlerinde *Gammarus kischineffensis* gibi indikatör bir türün kullanılması akuatik sistemlerin korunması için gereklidir. İndikatör tür; doğal dengenin bozulduğunu belirleyen ve belli koşullarda gelişebilen ya da belli çevre etkilerine karşı aşırı derecede duyarlı olan ve reaksiyon gösteren bitki ve hayvan türleridir. *Gammarus kischineffensis* Avrupanın temiz su kaynaklarında yaygın bir şekilde bulunan ve birçok balık türü için besin kaynağı olan indikatör bir türdür (Özbek ve Ustaoglu, 2006¹⁷). Dolayısıyla olası bir pestisit kirlenmesinde *Gammarus kischineffensis* en çok etkilenecek türler arasında ilk sıralarda yer alacaktır. Böylece bu canlılar üzerinde yapılacak toksisite testleri temiz su kaynaklarının korunmasında bize yararlı bilgiler sunacaktır.

Bir kimyasal maddenin toksisite potansiyelini öğrenmek için akut toksisite testlerini yapmak zorunluluğu vardır. En yaygın kullanılan akut toksisite testi letalite testidir. Bu testin amacı, bir kimyasal maddeye maruz kalma sonucu ortaya çıkabilecek toksik semptomları, beyin, böbrek, karaciğer gibi belli başlı organların etkilenme derecesini veya öldürücü doz (letalite) değerini saptamaktır. Letal doz değeri, o maddenin ne kadar güvenli kullanılabileceğinin de bir göstergesi olarak kabul edilir (Saygı, 2003¹⁸). Kimyasal maddelerin hava veya sudaki öldürücü doz değerleri ise, letal konsantrasyon (LC₅₀) ile ifade edilir ve belli zaman periyodunda (genellikle hava için 1-4 saat) maruz bırakıldığında deney hayvanlarının %50'sini öldüren dozu ifade eder.

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve kullanımına yeni başlanmış bu üç pestisit in çevre kirliliği ve sucul canlılar üzerindeki etkilerinin bilinmemesi ve bu konudaki eksiklikler bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Bu çalışmada ülkemiz sularında oldukça yaygın olarak bulunan *Gammarus kischineffensis* (Schellenberg, 1937) üzerinde indoxacarb, thiamethoxam ve endosulfan iç erikli Avaunt™, Actara® ve Ganidan adlı üç ticari pestisit in akut ve subkronik etkileri incelenmiştir. Akut etkilerini belirlemek için bu üç pestisit in sırasıyla 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC₅₀ değeri saptanmıştır. Subkronik çalışmada ise belirlenen LC₅₀ değ erine göre subletal konsantrasyonlar kullanılarak bu pestisitlere uzun süre maruziyet sonucu bu canlıların solungaçlarında meydana gelen histopatolojik değ iş iklikler incelenmiştir.

BÖLÜM KAYNAKLARI

1. Devine G. J. and Furlong M. J, *Insecticide use: Contexts and ecological consequences*, *Agricul. Human Value.*,**2007**, 24:281–306
2. De Waard, M. A.; Georgopoulos S. G.; Hollaman D.W.; Ishii H.; P., Leroux Ragsdale N. N.; Schwinin F. J., *Chemical control of plant diseases: Problem and prospects*, *Annu. Rev. Phytopathol.*,**1993**, 31: 403-421.
3. US Environmental Protection Agency (2007) (15 Aralık 2008). *What is a pesticide?*. Erişim:epa.gov.
4. Delen N.; Durmuşoğlu E.; Güncan A.; Güngör N.; Turgut C.; Burçak A., *Türkiye’de pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmada duyarlılık azalması sorunları*, Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongre, **2005**.
5. Yıldırım E., *Tarımsal Zararlılarla Mücadele Yöntemleri Ve İlaçalar*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi ofset Tesisi, Erzurum,2008.
6. Leight A.K. and Van Dolah R. F., *Acute Toxicity Of The insecticides Endosulfan, Chlorpyrifos And Malathion To The Epibenthic Estuarine Amphipod Gammarus palustris (Bousfield)* *Environ. Toxicol Chem.*, **1999**, Vol. 18, No. 5, 958–964.

7. Boateng J. O; Nunoo F. K. E; Dankwa H. R.; Ocran M. H., *Acute Toxic Effects of Deltamethrin on Tilapia, Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758): West Africa Journal of Applied Ecology (WAJAE) –ISSN, 2006, Volume 9: 0855-4307*
8. Cengiz E.İ., *Gill and kidney histopathology in the freshwater fish Cyprinus carpio after acute exposure to deltamethrin, Environmental Toxicology and Pharmacology, 2006, 22 : 200–204.*
9. Maienfisch P; Huerlimann H; Rindlisbacher A; Gsell L; Dettwiler H.; Haettenschwiler J.; Sieger E; Walti M, *The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid: Pest Manag Sci, 2001, 57:165-176*
10. Zhao X; Nagata K; Marszalec W; Yeh JZ; Narahashi T., *Effects of the oxadiazine insecticide indoxacarb, DPX-MP062, on neuronal nicotinic acetylcholine receptors in mammalian neurons: Neurotoxicology , 1999, 20:561–570.*
11. Narahashi T., *Recent progress in the mechanism of action of insecticides: pyrethroids, fipronil and indoxacarb, J Pesticide Sci, 2001, 26:277–285.*
12. Zhao X.; Ikeda T.; Salgado V.L; Yeh J.Z.; Narahashi T; *Block of Two Subtypes of Sodium Channels in Cockroach Neurons by Indoxacarb Insecticides, NeuroToxicology, 2005, 26: 455–465*

13. Pennington P.L; De Lorenzo M.E; Lawton J.C.; Srozier E.D; Fulton M.H.; Scott G.I, *Modular esturine mesocosm validation;ecotoxicological assessment of direct effect with the model compound endosulfan, J.Experimen.Mar. Biol. Ecol.*, **2004**, 298, 369-387.
14. US Environmental Protection Agency (US EPA) (2002) (12 Mart 2009).
Registration Eligibility Decision for Endosulfan.
Erişim:epa.gov/oppsrrd1/REDs/endosulfan_red.pdf.
15. Beketov M.A; Liess M., *Potential of 11 Pesticides to Initiate Downstream Drift of Stream Macroinvertebrates Arch Environ Contam Toxicol* , **2008**, 55:247–253.
16. Cengiz E.İ; Ünlü E., *The Effect Of Different Consantrations Of Thiodan On The Mortality Rates Of Gambusia affinis And Gammarus Pulex, Biochemical Archives*, **1999**, Vol. 15: 251-254.
17. Özbek M.; Ustaoglu M.R,*Chect-list of Malacostraca (Crustacea) Species of Turkish inland waters, E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **2006**, Volume 23, Issue (1-2): 229–234.
18. Saygı Ő.,*Deneysel Toksikolojide toksisite testleri ve test sonuçlarının önemi Gülhane Tıp Dergisi*, **2003**, 45 (3) : 291 – 298.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ghate ve Mulherkar (1979)¹ toksik maddelerin solungaçlarda hasara neden olabildiğini bunun sonucu olarak akuatik canlıların oksijen tüketiminin azaldığını ve osmotik dengelerinin bozulduğunu belirtmişlerdir.

Dunham (1986)² prekopulasyon periyodu sırasında erkeğin dişiyi diğer erkeklere karşı koruduğunu, bu yüzden bu davranışın çiftleşme öncesi eş koruma safhası olarak da adlandırıldığını rapor etmiştir.

Naqvi ve arkadaşları (1987)³ endosulfanın bir tatlısu yengeci olan *Procambarus clarkia* yavruları ve erişkinleri için 96 saatlik LC₅₀ değerini sırasıyla 24 ve 423 µg/l olarak belirlemişlerdir.

Poulton ve Pascoe (1990)⁴ çevresel stresi belirlemede *Gammarus pulex*'in prekopulasyon davranışını incelemişler ve artan kadmiyum konsantrasyonlarında prekopulasyon çiftlerinin birlikteliğinin ters orantılı olarak azaldığını bildirmişlerdir.

Borlakoğlu ve Kickuth (1990)⁵ bir klorofenolik bileşiğe maruz kalan *Gammarus* türlerinde kaçma reaksiyonunu, yüzme davranışını ve prekopulasyon davranışını incelemişler ve LC₅₀ değerinin %5'lik konsantrasyonunda bile davranış değişikliklerini kayıt etmişlerdir.

McCahon ve arkadaşları (1991)⁶ asit, alüminyum ve kirecin *Gammarus pulex* üzerinde letal ve sub-letal etkilerini incelemişlerdir. Bir tatlı su kaynağında alüminyum sülfat, sülfürik asit ve kireç oranlarını ölçerek tatlı su kaynağında bu kimyasallarla kirlenmiş ve kirlenmemiş bölgeler belirlemişlerdir. Kirlenmiş bölgelere bırakılan prekopulatör *Gammarus* çiftlerinin %90'ının 3 saat içinde

ayrıldığını gözlemlemişlerdir. Temiz bölgeye bırakılan *G. pulex* örneklerinin tekrar prekopülasyon çiftleri oluşturduğunu kaydetmişlerdir.

Roy ve Data Munshi (1991)⁷ malathionun subletal dozlarının *Cirrhinus mrigala* üzerindeki 48 saatlik etkisini incelemişler ve bu canlının solungaç epitellerinde inflamator değişimler ve hiperplazi olduğunu bildirmişlerdir.

Baticodos ve arkadaşları (1991)⁸ yaygın şekilde kullanılan bir organofosfat olan Guthion'un subletal konsantrasyonlarının *Penaeus monodon* üzerindeki toksik etkisini incelemişler ve bu pestisit bu canlıların solungaç dokularında hafif bir hiperplaziye neden olduğunu göstermişlerdir.

Kidd ve James (1991)⁹ imidaclopridin gökkuşuğu alabalığı için 96 saatlik akut toksisitesini 211 mg/l olarak tespit etmişlerdir.

Steele ve Steele (1991)¹⁰ *G. kischineffensis* bireylerinin ventral tarafta 2 ve 6. segmentler boyunca peraeopodların koksa kısmında bir çift epipod ve 7. peraeopodun bazal kısmında bir çift eksopod bulunduğunu kaydetmişleridir.

Jonsson ve Toledo (1993)¹¹ endosulfanın 96 saatlik LC₅₀ değerini *Brachydanio rerio* ve *Hyphessobrycon bifasciatus* için sırasıyla 2.6 ve 1.6 µg/l olarak bildirmişlerdir. *Brachydanio rerio* ve *Hyphessobrycon bifasciatus* dokuları üzerinde endosulfanın akut etkilerini araştırmışlar ve endosulfanın bu canlıların solungaçlarında iltihabik infiltrasyon, ödem ve epitel hücrelerinin ayrılması gibi histopatolojik değişimlerin görüldüğünü bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar bu pestisit bu canlılarda hiperaktivite, düzensiz yüzme ve kasılma gibi davranış değişikliklerine neden olduğunu bildirmişlerdir.

Pascoe ve arkadaşları (1994)¹² laboratuvar ortamında ve doğal ortamda yaptıkları bir çalışmada *Gammarus pulex*'de prekopülasyonun bozulmasını çevresel kirlenmeyi belirlemede sub-lethal bir ölçüm olarak kullanmışlardır. Laboratuvar ortamında yapılan çalışmada, prekopulasyon çiftleri 3,4-dikoroanil, atrazin, bakır ve lindanın çeşitli konsantrasyonlarına maruz bırakılmış ve artan toksikant konsantrasyonuna bağlı olarak prekopulasyon çiftlerinin ayrılma süresinin azaldığı rapor edilmiştir. Alan çalışmasında bir toksikantla kirlenmiş tatlı su kaynaklarından toplanmış *G. pulex* prekopulatör çiftlerinin kirlenmemiş sulardan alınan örneklerle göre daha çabuk ayrıldığı gözlenmiştir.

Malbouisson ve arkadaşları (1995)¹³ prekopulasyonda erkeğin dişiye dişi olgunlaşmaya kadar özel ekstremiteleriyle bedeninin altında taşıdığını ve çiftin birkaç gün beraber yüzdüğünü, dişi olgunlaşır olgunlaşmaz (dış kutikulasının atılması sırasında) birkaç saat içinde çiftleşme meydana gelip ve çiftin ayrıldığını belirtmişlerdir.

Pantani ve arkadaşları (1997)¹⁴ *Gammarus italicus* ve *Echinogammarus tibaldii* (Crustacea: Amphipoda) üzerinde çeşitli pestisitlerin akut etkilerini incelemişler, bu pestisitlerin LC₅₀ değerlerini azinpos metil için 1 µg/l ve dimetoat için 1 mg/l'den az olduğunu kaydetmişlerdir. Her iki organizmanında bu pestisitlere karşı oldukça hassas olduklarını bildirmişlerdir.

Song ve arkadaşları (1997)¹⁵ *Daphnia magna* üzerinde imidacloprid adlı neonikotinoid insektisitinin 48 saatlik LC₅₀ değerini 10 mg/l olarak rapor etmişlerdir.

Soegianto ve arkadaşları (1999)¹⁶ bakırın sub-letal konsantrasyonlarının *Penaeus japonicus* (Decapoda)'un solungaç ve eksopoditleri üzerine etkisini incelemişler ve 15 günlük maruziyetten sonra 100 µg/l'de filamentlerde bir dizi nefrosit kaydetmişlerdir. 4 gün sonra 500 µg/l bakır konsantrasyonuna maruz kalan bireylerin solungaç filamentlerindeki nefrosit sayısında artış gözlenmiş, nefrositlerin yanı sıra bazı nekrozlu bölgelerin olduğu ve hemollimf kanallarında daralma rapor edilmiştir. 1000 µg/l bakır konsantrasyonunda nekrozlu alanların sayısının arttığı, kutikula ve epitel arasında boşlukların varlığı ve nukleus etrafında vakuollerin oluştuğu belirlenmiştir.

Cengiz ve Ünlü (1999)¹⁷ endosulfan içerikli Thiodan adlı ticari insektisitinin *Gammarus pulex* için 96 saatlik LC₅₀ değerini 3.248 µg/l ve *Gambusia affinis* için 96 saatlik LC₅₀ değerini 6.116 µg/l olarak rapor etmişlerdir.

Zhao ve arkadaşları (1999)¹⁸ indoxacarbın bir metaboliti olan dekarbometoksilatın (DCJW) memeli nöronlarındaki asetilkolinesteraz reseptörlerini inhibe ederek impuls iletimini engellediğini göstermişlerdir.

Leigth ve Van Dolah (1999)¹⁹ endosulfanın teknik formulasyonunun *Gammarus palustris* üzerine akut toksisitesini araştırmışlar ve bu canlı için endosulfanın 96 saatlik LC₅₀ değerini 0.43 µg/l olarak tespit etmişlerdir.

Erkmen ve arkadaşları (2000)²⁰ cyphenotrinin subletal konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Lepistes reticulatus* bireylerinin solungaçlarında epitel tabakasının solungaç lamellerinden ayrılması, nekroz, sekonder lamel dejenerasyonu ve sekonder lamel kısalması gibi histolojik değişikliklerin meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Rinderhagen ve arkadaşları (2000)²¹ amphipodların hareketlerindeki değişimin çevresel stresi belirlemede iyi bir indikatör olduğunu ve prekopulasyon çiftlerinin bozulmasının toksikolojik sonuç olarak sıklıkla kullanıldığını bildirmişlerdir.

Das ve Mukherjee (2000)²² heksaklorsikloheksanın bir sazan türü olan *Labeo rohita* üzerindeki histopatolojik etkilerini incelemişler ve bu kimyasalın bu canlının solungaçlarında primer lamellerde kaynaşma ve belirgin hiperplaziye neden olduğunu saptamışlardır.

Bhavan ve Geraldine (2000)²³ endosulfanın sub-letal konsantrasyonlarına maruz bıraktıkları bir tatlı su karidesi olan *Macrobrachium malcolmsonii*'nin solungaçlarındaki histopatolojik değişiklikleri incelemişler ve 10.6 ng/l'ye maruz kalmış bireylerde hemokoelik boşlukta hemositik infiltrasyon, solungaç lamellerinde ödem, lamel epitelinin ayrılması ve lamel birleşmesi gibi histopatolojik lezyonlar gözlemişlerdir. En yüksek konsantrasyon olan 32.0 ng/l'ye maruz bırakılan bireylerin solungaç dokularında ise lamellerde şişme, solungaç lamellerinin kalınlaşması, lamellerin birleşmesi ve nekroz kaydetmişlerdir.

Cox (2001)²⁴ tuzlu su karidesi (*Mysidopsis bahia*) üzerinde imidacloprid'in 96 saatlik LC₅₀ değerini 37 µg/l olarak bulmuştur.

Stark ve Banks (2001)²⁵ thiamethoxam içerikli ticari insektisit Actara'nın *Daphnia pulex* için 48 saatlik LC₅₀ değerinin 41 mg/l olduğunu bildirmişlerdir.

Antunes-Kenyon ve Kennedy (2001)²⁶ tarafından yapılan bir araştırmada thiamethoxam'ın su piresi (*D. magna*) için EC₅₀ değerinin 106 mg/l'den yüksek olduğu gösterilmiştir. Yine aynı araştırmacılar gökkuşaağı alabalığı (*Salmo*

gairdneri) için thiamethoxam'ın 96 saatlik LC₅₀ değerinin 100 mg/l den ve *Lepomis macrochirus* için 114 mg/l'den büyük olduğunu rapor etmişlerdir.

Cengiz ve Ünlü (2002)²⁷ endosulfanın sub-letal konsantrasyonlarına maruz bıraktıkları *Gambusia affinis*'in solungaçlarında meydana gelen histopatolojik değişiklikleri incelemişlerdir. Sub-letal konsantrasyonlara maruz kalan balıkların solungaçlarında nekroz, epitel ayrılması, epitel hücrelerinde hipertrofi, yakın sekonder lamellerin birleşmesi, ödem, primer lamellerde hemoraji ve anevrizma olduğu kaydedilmiştir.

De Silva ve Samayawarhena (2002)²⁸ chlorpyrifosa maruz kalan bireylerin solungaçlarında solungaç lamellerinde kısıalma, aşırı vakuolleşme ve deskuamasyon kaydetmişlerdir.

Takeuchi ve arkadaşları (2003)²⁹ histopatolojik olarak amphipodların koksal solungaçlarının kutikula tabakasıyla çevrili tek katlı bir epitel tabakası ile kaplı olduğunu, solungaçların karşılıklı duvarlarının pillar hücreleri sayesinde bir arada bulunduğunu ve bu hücrelerin birbirlerine değerken kanın içinden aktığı hemokoelik boşluğu oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Cold ve Forbes (2004)³⁰ piretroid insektisit olan esfanvaleratın *Gammarus pulex*'in erişkin bireyleri için LC₅₀ değerini 0.132 µg/l olarak kaydetmiş ve bu canlıların üreme davranışlarının esfanvaleratın çok düşük konsantrasyonlarına bile oldukça hassas olduğunu bildirmişlerdir. 0.05 µg/l konsantarsyonuna maruz kalan prekopülatör çiftlerde 1 saat içinde çiftlerin ayrılması, yumurta ve yavruların yumurta kesesinden bırakılması ve kirlenmemiş suya alınan üreme çiftlerinin tekrar bir araya gelmesinde gecikme gözlemişlerdir.

Selvi ve arkadaşları (2004)³¹ organofosfat bir insektisit olan temfosun lepistesler (*Poecilia reticulata*) üzerinde meydana getirdiği akut davranış değişikliklerini incelemişler ve davranış değişimlerinin dozlamadan bir saat sonra başladığını kaydetmişlerdir. Bu araştırmacılar canlılarda görülen davranış değişikliklerini denge kaybı, hareketsiz kalma, düzensiz yüzme, su yüzeyine toplanma, akvaryum tabanına sırt üstü uzanma, su içersinde dikey olarak asılı durma ve hareketsiz kaldıktan sonra aniden harekete geçme olarak bildirmişlerdir.

Hetric ve arkadaşları (2005)³² indoxacarbın teknik formülasyonunun gök kuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) için LC₅₀ değerini 0.65 mg/l olarak bildirilmiştir. Hetric ve arkadaşları (2005) *Ictalurus punctatus* için LC₅₀ değerinin 0.29 ve *Cyprinus carpio* için 1.02 mg/l olarak bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar *Daphnia magna* için indoxacarbın LC₅₀ değerini 0.0640 mg/l olarak bildirmişlerdir. *Rattus norvegicus* türüne ait erkek bireyleri için LD₅₀ değerini 843 mg/kg olarak bildirilmişlerdir.

Green ve arkadaşlarının (2005)³³ fareler üzerinde yaptıkları bir çalışmada thiamethoxamın farelerin karaciğerinde tümörlere neden olduğunu bu yüzden thiamethoxamın genotksistesinin olduğunu ve bu kimyasalın farelerin karaciğerlerinde iltihabik hücre infiltrasyonlarına, hepatositlerde hipertrofiye, hepatoselular nekroza ve pigmentasyona neden olduğunu kaydetmişlerdir.

Cengiz (2006)³⁴ deltametrinin sub-letal konsantrasyonunun *Cyprinus carpio* solungaçlarında meydana getirdiği histolojik değişimleri incelemiş ve 0.029 mg/l konsantrasyona maruz kalan bireylerin solungaç dokularında epitel ayrılması ve ödem gözlendiğini bildirmiştir. 0.041 mg/l konsantrasyona maruz kalan bireylerin

solungaç dokularında ise epitel hiperplazisi, sekonder lamellerde kaynaşma, anevrizma ve deskuamasyon kaydetmiştir.

Guimaraes ve arkadaşları (2007)³⁵ bir organofosfat insektisit olan trichlorfon'un *Oreochromis niloticus* üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu incelemelerinde 0.25 mg/l trichlorfon konsantrasyonuna maruz kalan bireylerde asetilkolinesteraz aktivitesinin belirgin bir şekilde düştüğü göstermişlerdir.

Jemec ve arkadaşları (2007)³⁶ imidacloprid ve diazinonun *Daphnia magna*'nın biyokimyasal, üreme ve yaşama parametreleri üzerine kronik etkilerini incelemişler ve bu pestisitlerin bu canlılarda bazı enzimlerin aktivitelerini düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Velmurugan ve arkadaşları (2007b)³⁷ sentetik bir piretroit olan lamda-cyhalothrinin sub-letal konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Cirrhinus mrigala*'nın solungaç, böbrek, karaciğer ve bağırsak dokularındaki histopatolojik değişiklikleri incelemişler ve bu pestisit bu canlıların solungaçlarında hiperplazi, deskuamasyon, epitel nekrozu, lamellar füzyon, sekonder lamel kısalması ve ödem meydana getirdiğini kaydetmişlerdir.

Velmurugan ve arkadaşları (2007a)³⁸ sentetik bir piyetroit olan fenvaleratın sub-letal konsantrasyonlarına maruz bırakılan *Cirrhinus mrigala*'nın solungaç, böbrek, karaciğer ve bağırsak dokularındaki histopatolojik değişiklikleri incelemişler ve bu pestisit bu canlıların solungaçlarında hiperplazi, deskuamasyon, epitel nekrozu, lamellar füzyon ve ödem meydana getirdiğini kaydetmişlerdir.

Li ve arkadaşları (2007)³⁹ su kaynaklı bakırın tatlı su yengeci olan *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Decapoda) yavrularının solungaç ve

hepatopankreası üzerindeki etkilerini incelemişler ve 0.01 mg/l bakır konsantrasyonuna maruz kalan bireylerin solungaçlarında lamellerde şişme, lamel epitelinin kalınlaşmasını kaydetmişlerdir. 0.05 mg/l konsantrasyona maruz kalan bireylerin solungaçlarında hemokoelik boşlukta hemositik infiltrasyon ve filament kaynaşması kaydedilmiştir. Li ve arkadaşları yapmış oldukları bu çalışmada 0.1 mg/l konsantrasyona maruz kalan bireylerin solungaçlarında hemolimf damarlarında daralma gözlemlenirken, 0.2 mg/l konsantrasyona maruz kalanlarda lamel nekrozu ve epitel kalınlaşması kaydedilmiştir. En yüksek konsantrasyon olan 0.4 mg/l bakıra maruz kalan bireylerin solungaçları aşırı üremiş ve infiltre hücrelerle tamamen tıkanmış ve şişmiş olduğu gözlemlenmiştir.

Devi (2007)⁴⁰ indoxacarbın *Channa punctatus* için 96 saatlik LC₅₀ değerini 0.0531 mg/l olarak bulmuştur. Devi (2007) İndoxacarbın sub-letal konsantrasyonlarının *C. punctatus* solungaçlarında meydana getirdiği histopatolojik değişimleri incelemiş ve indoxacarbın solungaçlarda sekonder lamellerde kısalmaya ve kıvrılmaya, komşu sekonder lamellerin birleşmesine, primer lamellerde nekroza neden olduğunu bildirmiştir. Devi (2007) bu insektisite maruz kalan bireylerde kaslarda koordinasyon eksikliği, balıkların suyun yüzeyine yakın yerde yüzmeleri, hiper aktivite, denge kaybı, solungaçlarda aşırı mukus salgısı ve ölümden önce huzursuzluk meydana geldiğini rapor etmiştir.

Sharma ve arkadaşları (2007)⁴¹ endosulfanın bir tatlı su balığı olan *Mystus vittatus*'un solungaç, böbrek ve eritrositlerinde meydana getirdiği DNA hasarlarını incelemişler ve sub-letal konsantrasyona maruz kalan bireylerde 1 günde şiddetli DNA hasarları meydana geldiğini göstermişlerdir.

Tabanor ve Hyslop (2007)⁴² endosulfanın 96 saatlik akut toksisitesini üç tatlı su salyangozu olan *Melanoides tuberculata*, *Thiara granifera* ve *Planorbella duryi* için sırasıyla 2.30, 1.74 ve 1.35 mg/l olarak belirlemişlerdir.

Hii ve arkadaşları (2007)⁴³ *Monopterus albus* için endosulfanın LC₅₀ değerini 0.42 µg/l olarak bildirmişlerdir. 0.42 µg/l konsantrasyona maruz bıraktıkları *Monopterus albus* bireylerinin 96 saat sonunda gösterdikleri davranış değişikliklerini kaydetmişler ve bu canlıların bu konsantrasyonda düzensiz yüzmeye, huzursuzluk, dengesizlik, titreme ve uyuşukluk gösterdiğini bildirmişlerdir.

Altınok ve Çapkın (2007)⁴⁴ yaptıkları bir çalışmada gökkuşuğu alabağını (*Oncorhynchus mykiss*) 21 gün boyunca endosulfanın sub-letal konsantrasyonlarına maruz bırakmışlar, 0.6 ve 1.3 µg/l konsantrasyonlarda solungaçlardan alınan doku örneklerinde epitel ayrılması, hiperplazi, epitel hücrelerinde hipertrofi, birden fazla solungaç lamelinin birleşmesi ve nekroz kaydetmişlerdir.

Montagna ve Collins (2007)⁴⁵ bir tatlı su karidesi olan *Palaemonetes argentinus* için endosulfanın LC₅₀ değerini 6.28 µg/l olarak belirlemişlerdir.

Beketov ve Liess (2008)⁴⁶ indoxacarbın teknik formülasyonunun *Gammarus pulex* için 96 saatlik LC₅₀ değerinin 2.5 mg/l olduğunu bildirmişlerdir.

Stoughton ve arkadaşları (2008)⁴⁷ *Hyalella azteca* (Crustacea: Amphipoda) üzerinde imidacloprid'in teknik ve ticari formülasyonunun akut, subkronik etkilerini incelemişler ve bu insektisit hem teknik hem de ticari formülasyonunun bu canlı üzerinde toksik olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma sonunda imdacloprid'in ticari ve teknik formülasyonlarının *Hyalella azteca* için

96 saatlik LC₅₀ değerini sırasıyla 17.44 ve 65.43 µg/l olarak bulunmuştur. Araştırmacılar bu insektisit ticari formülasyonun teknik formülasyonuna göre daha toksik olduğunu belirlemişlerdir.

Salvo ve arkadaşları (2008)⁴⁸ yaptıkları bir çalışmada endosulfanın *Cyprinus carpio* için LC₅₀ değerini 0.002 mg/l olarak belirlemişleridir.

Bernabo ve arkadaşları (2008)⁴⁹ bir kurbağa türü olan *Bufo bufo* larvaları üzerinde endosulfanın akut toksisitesini incelemişler ve endosulfanın LC₅₀ değerini bu canlılar için 0.43 mg/l olarak belirlemişleridir. Bernabo ve arkadaşları (2008) *Bufo bufo* larvaları üzerinde endosulfanın sub-letal konsantrasyonun solungaç dokularında meydana getirdiği değişimleri elektron mikroskopuyla incelemişler ve canlıların solungaçlarındaki mukus salgısının, solungaç hücrelerinde bulunan salgı keselerinin sayısının arttığını böylece bu canlıların gaz alışverişlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

BÖLÜM KAYNAKLAR

1. Ghate, H.V., Mulherkar L., *Histological changes in the gills of two freshwater prawn species exposed to copper sulphate, Indian J. Exp. Biol.*, **1979**, *17*, 838–840.
2. Dunham,P.J, *Mate Guarding In Ampipods:A Role For Brood Pouch Stimuli, Biol. Bull.*, **1986**, *170*:526-531.
3. Naqvi S. M., R. Hawkins, and N. H. Naqvi., *Mortality Response and LC50 values for juvenile and adult crayfish, Procamburus clarkia exposed to Thiodan (Insecticide), Treflan, MSMA, Oust (Herbicide) and Cutrine-plus (Algicide), Environ. Pollution*,**1987**, Vol. 48:275-283.
4. Poulton M. and Pascoe D., *Disruption of precopula in Gammarus pulex (L.) Development of a behavioural bioassay for evaluating pollutant and parasite induced stres, Chemosphere*, **1990**, *20*, 403-415.
5. Borlakoglu J.T. and Kickuth R., *Behavioral changes in Gammarus pulex and its significance in the toxicity assessment of very low levels of environmental pollutants. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **1990**, *45*, 258-265.

6. McCahon C.P., Poulton M.J., Thomas P.C., Xu Q., Pascoe D. and Turner C., *Lethal and sub-lethal toxicity of field simulated farm waste episodes to several freshwater invertebrate species. Water Research*, **1991**, 25, 661-671.
7. Roy P.K. and Munshi D.J.S, *Malathion induced structural and morphometric changes in gills of a freshwater major carp Cirrihinus mrigala (Ham), J.Environ. Biol.*, **1991**, 12(1): 79-87.
8. Baticodos M., Cecilia L., Leonor A.T., *Effects of gusathion as the survival and shell quality of juvenile Panaeus monodon, Aquaculture*, **1991**, 93(1): 9-20.
9. Kidd H, James DR., *The Agrochemicals Handbook, 3rd ed.* The Royal Society of Chemistry, Unwin Brothers Limited, Old Woking, Surrey, UK, **1991**.
10. Steele D. H. and Steele V. J., *The structure and organization of the gills of Gammaridean Amphipoda, Journal of Natural History*, **1991**, 25, 1247-1258
11. Jonsson C. M., Toledo M. C. F., *Acute toxicity of endosulfan to the fish Hyphessobrycon bifasciatus and Brachydanio rerio, Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **1993**, Volume 24, Number 2: 151-155.

12. Pascoe D., Kedwards T.J., Maund S.J., Muthi E. and Taylor E.J., *Laboratory and field evaluation of a behavioural bioassay - The Gammarus pulex (L.) precopula separation (GaPPS) test*, *Water Research*, **1994**, 28, 369-372.
13. Malbouisson, J.F.C., Young, T.W.K., Bark, A.W., *Use of feeding rate and re pairing of precopulatory Gammarus pulex to assess toxicity of gamma hexachlorocyclohexane (Lindane)*. *Chemosphere*, **1995**, 30, 1573–1583.mm
14. Pantani C., Pannunzio G., Cristofaro M., . Novelli A. A, Salvatori M., *Comparative Acute Toxicity of Some Pesticides, Metals, and Surfactants to Gammarus italicus Goedm. And Echinogammarus tibaldii Pink. and Stock (Crustacea: Amphipoda)*, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **1997**, 59:963-967.
15. Song MY, Stark JD, Brown JJ, *Comparative toxicity of four insecticides, including imidacloprid and tebufenozide to four aquatic arthropods*. *Environ Toxicol Chem*, **1997**, 16:2494–2500.
16. Soegianto A., Daures M. C., Trilles J P. and Charmantier G., *impact of copper on the structure of gills and epipodites of the shrimp Paneus japonicus (decapoda)*, *journal of Crustacean biology*, **1999**, 19 (2):209-223.
17. Cengiz E.İ; Ünlü E., *The Effect Of Different Consantrations Of Thiodan On The Mortality Rates Of Gambusia affinis And Gammarus Pulex*, *Biochemical Archives*, **1999**, Vol. 15: 251-254.

18. Zhao X; Nagata K; Marszalec W; Yeh JZ; Narahashi T., *Effects of the oxadiazine insecticide indoxacarb, DPX-MP062, on neuronal nicotinic acetylcholine receptors in mammalian neurons: Neurotoxicology* , **1999**, *20*:561–570

19. Leight A K., Van Dolah R. F. *Acute Toxicity Of The Insecticides Endosulfan, Chlorpyrifos, and Malathion To The Epibenthic Estuarine Amphipod Gammarus palustris (bousfield) Environmental Toxicology and Chemistry Article*, **1999**, *Volume 18*, Issue 5 pp. 958–964

20. Erkmen, B., Caliskan, M., Yerli, S.V., *Histopathological effects of cyphenothrin on the gills of *Lebistes reticulatus**, *Vet. Hum. Toxicol*, **2000**, *42* (1), 5–7.

21. Rinderhagen, M., Ritterhoff J. and Zauke G. P.,.. *Crustaceans as Bioindicators. Biomonitoring of Polluted Water – Reviews on Actual Topics (A. Gerhardt, ed.), Trans Tech Publications – Scitech Publications, Environmental Research Forum*,**2000**, Vol. 9, p. 161-194.

22. Das, B.K., Mukherjee, S.C., *A histopathological study of carp (*Labeo rohita*) exposed to hexachlorocyclohexane*, *Veterinarski. Arhiv.*, **2000**, *70*, 169–180.

23. Bhavan P. S; Geraldine P., *Histopathology of the hepatopancreas and gills of the prawn Macrobrachium malcolmsonii exposed to endosulfan*, *Aquatic Toxicology*, **2000**, 50:331–339
24. Cox C., *Insecticide factsheet: Imidacloprid*. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides. *J Pest Reform*, **2001**, 21:15–21
25. Stark JD, Banks JE, “*Selective Pesticides*”: *Are They Less Hazardous to the Environment?* *BioScience*, **2001**, 51:980–982.
26. Antunes-Kenyon S.E, Kennedy G., *Tiemethoxam: a new ingredient review for the Massachusetts Pesticide Board Subcommittee*, Massachusetts Pesticide Bureau, Department of food and agriculture, Massachusetts, USA, **2001**
27. Cengiz E. I., Unlu E. *Histopathological Changes in the Gills of Mosquitofish, Gambusia affinis Exposed to Endosulfan* *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **2002**, 68:290–296
28. De Silva, P.M.C.S.; Samayawardhena, L.A., *Low concentrations of lorsban in water result in far reaching behavioral and histological effects in early life stages in guppy*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2002**, 53, 248–254.

29. Takeuchi I., Matsumasa M. and Kikuchi S. *Gill ultrastructure and salinity tolerance of Caprella spp. (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) inhabiting the Sargassum community Fish. Sci., 2003; 69 : 966–973*
30. Cold A.; Forbes V. E., *Consequences of a short pulse of pesticide exposure for survival and reproduction of Gammarus pulex, Aquatic Toxicology, 2004, 67: 287–299.*
31. Selvi M., Sarıkaya R., Erkoç,F., *Acute behavioral changes in the guppy (Poecilia reticulata) exposed to temephos, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 2004, 17(4): 15-19.*
32. Hetrick, J, W. Evans, and S. Abel., *Environmental Fate and Effects Division risk assessment for proposed new uses of indoxacarb on grapes, fire ants, mole crickets, alfalfa, peanut, soybeans, Brassica leafy vegetables (Group 5), and turnip greens. PC Code 067710. U.S. EPA,2005, Washington, D.C.*
33. Green T. , ToghilA. l, Lee R. , Waechter F. , Weber E. , Peffer R. , Noakes J. , Robinson M. , *Thiamethoxam induced mouse liver tumors and their relevance to humans. Part 2: species differences in response. Toxicol Sci. 2005, 86 (1):48-55.*

34. Cengiz E.İ., *Gill and kidney histopathology in the freshwater fish Cyprinus carpio after acute exposure to deltamethrin, Environmental Toxicology and Pharmacology*, **2006**, 22 : 200–204.
35. Guimaraes A.T.B., Silva H.C. de Assisb, Boegera W., *The effect of trichlorfon on acetylcholinesterase activity and histopathology of cultivated fish Oreochromis niloticus Ecotoxicology and Environmental Safety*, **2007**, 68, 57–62
36. Jemec, A., Drobne, D., Tisler, T., Trebse, P., Ros,M., Sepcic, K., *The applicability of acetylcholinesterase and glutathione S-transferase in Daphnia magna toxicity test, Comp. Biochem. Physiol.*, **2007**, 144 C, 303–309.
37. Velmurugan B., Selvanayagam M., Cengiz E. I. , Unlu E., *Histopathology of lambda-cyhalothrin on tissues (gill, kidney, liver and intestine) of Cirrhinus mrigala Environmental Toxicology and Pharmacology*, **2007b**, 24,286–291
38. Velmurugan B., Selvanayagam M., Cengiz E. I. , Unlu E, *The effects of fenvalerate on different tissues of freshwater fish Cirrhinus mrigala Journal of Environmental Science and Health Part B*, **2007a**, 42, 157–163
39. Li N., Zhao Y., Yang J., *Impact of Waterborne Copper on the Structure of Gills and Hepatopancreas and Its Impact on the Content of Metallothionein in Juvenile Giant Freshwater Prawn Macrobrachium rosenbergii (Crustacea: Decapoda) Arch. Environ. Contam. Toxicol*, **2007**, 52, 73–79

40. Devi,V., *Studies on the impact of indoxacarb (Avaunt) a new generation insecticide on the freshwater Murrel Channa punctatus (bloch)*, Doktora Tezi, Acharya Nagarjuna Üniversitesi, Nagarjunnagar, Hindistan, **2007**.
41. Sharma S., Nagpur N. S., Kumar R. Pandey S., Srivastava S. K., Singh P. J., Mathur P. K., *Studies on the Genotoxicity of Endosulfan in Different Tissues of Fresh Water Fish Mystus vittatus Using the Comet Assay*, *Arch Environ Contam Toxicol*, **2007**, 53, 617–623
42. Tabanor M. E., Hyslope. J., *Acute Toxicity of Endosulfan to Three Freshwater Snails in Jamaica Caribbean Journal of Science*, **2007**, Vol. 43, No. 2, 277-279.
43. Hii Y. S. , Lee M. Y. and Chuah T. S., *Acute toxicity of organochlorine insecticide endosulfan and its effect on behaviour and some hematological parameters of Asian swamp eel (Monopterus albus, Zuiew)* *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **2007**, Volume 89, Issue 1, Pages 46-53
44. Altınok I. AND Çapkın E., *Histopathology of Rainbow Trout Exposed to Sublethal Concentrations of Methiocarb or Endosulfan*, *Toxicologic Pathology*, **2007**, 35:405–410.

45. Montagna M. C. and Collins P. A., *Survival and Growth of Palaemonetes argentinus (Decapoda; Caridea) Exposed to Insecticides with Chlorpyrifos and Endosulfan as Active Element Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **2007**, Volume 53, Number 3/ 371-378.
46. Beketov M., Liess M.; *Potential of 11 Pesticides to Initiate Downstream Drift of Stream Macroinvertebrates*, Arch Environ Contam Toxicol ,**2008**, 55:247–253
47. Stoughton S. J., Liber K., Culp J., Cessna A., *Acute and Chronic Toxicity of Imidacloprid to the Aquatic Invertebrates Chironomus tentans and Hyalella azteca under Constant- and Pulse-Exposure, Conditions Arch Environ Contam Toxicol*, **2008**, 54:662–673
48. Salvo L. M., Sinhorini I. L. Malucelli B. E., Klemz C., Sanchez D. C. O., Nicaretta L., Malucelli M. I. C., Bacila M., Assis H. C. S., *Effects of endosulfan sublethal concentrations on carp (Cyprinus carpio, Linnaeus, 1758): Morphometric, hystologic, ultrastructural analyses and cholinesterase activity evaluation Braz. J. vet. Res. anim. Sci., São Paulo*, **2008**,vol. 45, n. 2, p. 87-94,

49. Bernabò I, Brunelli E, Berg C, Bonacci A, Tripepi S., *Endosulfan Acute Toxicity in Bufo bufo gills: ultrastructural Changes and Nitric Oxide Synthase Localizatio*, *Aquat. Toxicol.*, **2008**, vol.18 86(3):447-56

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Örneklerin elde edilmesi

Crustacea birçok sucul sistemde biyoindikatör ve biyomonitör olarak sıklıkla kullanılırlar. Bu canlılar deniz, kara ve tatlı su olmak üzere çok değişik habitatlara yayılmış başarılı hayvan gruplarıdır. Bu canlıların bazı spesifik özellikleri, özellikle üreme stratejileri, bu organizmaları biyoindikatör olarak kullanan çalışmalardan elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve ekotoksikolojik sonuçların üretilmesi için oldukça önemlidir (Rinderhagen ve ark., 2000¹).

Gammaridae familyası Avrupanın temiz su kaynaklarında bulunan en önemli invertebrat gruplarından biridir (Cold ve Forbes, 2004²). Bu familya, tatlı su ekosistemlerinin besin zincirinde büyük bir rol oynar ve birçok balık türü için önemli bir besin kaynağıdır (Maltby, 1994³). Bu çalışmada kullanılan *Gammarus kischineffensis* (Schellenberg, 1937)'in taksonomisi aşağıdaki gibidir.

- **Phylum:** Arthropoda
 - **Subphylum:** Crustacea
 - **Classis:** Malacostraca
 - **Subclassis:** Eumalacostraca
 - **Superordo:** Peracarida
 - **Ordo:** Amphipoda
 - **Subordo:** Gammaridea
 - **Superfamilia:** Gammaroidea
 - **Familia:** Gammaridae
 - **Genus:** *Gammarus*
 - *G. kischineffensis* Schellenberg, 1937

Gammarus kischineffensis (Schellenberg, 1937) örnekleri Dicle Üniversitesi kampüsü içinde, İlahiyat Fakültesi ve Mimarlık-Mühendislik Fakültesi arasında bulunan ve Dicle nehrine dökülen küçük bir su kaynağında, kaynağın daha yavaş akan ve nispeten daha derin bölümlerinden yaprak ve taşların altından toplanmıştır. Canlıları toplamak için uzun saplı, küçük balık kepçeleri ve plastik süzgeç kullanılmıştır. Toplanan canlılar 5 litrelik bir kovaya konulmuş ve derhal Dicle Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Ana Bilim Dalı Hidrobiyoloji laboratuvarına getirilmiştir. Laboratuara getirilen *G. kischineffensis* örneklerinden 20 tanesi 15 gün sonra canlıların ağırlık artışlarının karşılaştırılması için %70'lik alkole konularak buzdolabında saklanmıştır.

3.2. Örneklerin laboratuvar koşullarına adaptasyonu ve deney düzeneklerinin hazırlanması

Dicle Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Ana Bilim Dalı Hidrobiyoloji laboratuvarına getirilen *G. kischineffensis* örnekleri derhal 40x35x40 cm ebatlarında iki tane cam akvaryuma alınmıştır. Akvaryumlara yaklaşık olarak 5 cm yüksekliğinde dinlenmiş (deklorize) ve doğal ortamlarından alınmış su konulmuştur. Canlıların yaşadığı ortamdan getirilen sediment üç kere distile su ile yıkanarak akvaryumlara ilave edilmiştir. Akvaryumlar havalandırma taşları bağlanmış 4 tane hava motoruyla havalandırılmıştır. Canlılar hidrobiyoloji laboratuvarında bulunan özel bir kabine alınmıştır. Canlıların adaptasyonu ve deneyler bu kabinde gerçekleştirilmiştir. Canlıların adaptasyonu için 15 gün boyunca canlılar üzerinde herhangi bir işlem gerçekleştirilmemiştir. Aydınlatma 2 adet flouresan lamba (Daylight 36W/54) ile sağlanmıştır. Kabin ışıkları 13 saat

aydınlık 11 saat karanlık olacak şekilde ayarlanmıştır. Akvaryumların üzeri kapatılarak canlılar direkt ışıktan korunmuştur. Kabinde bulunan termostatlı klima sayesinde hem adaptasyon hem de test aşamalarında kabin sıcaklığı 18 ± 1 °C de sabit tutulmuştur. Canlıların doğal ortamlarından alınan kurumuş söğüt ağacı (*Salix sp.*, Salicaceae) yaprakları cam bir kapta, yine doğal ortamdan alınmış kaynak suyunun içinde en az iki hafta çürütülmeye bırakılmıştır (Cold ve Forbes, 2004²). Canlılar adaptasyon periyodu boyunca bu çürütülmüş yapraklarla beslenmiştir.

Akvaryumlarda bulunan suyun yaklaşık %50'si her gün deklorize suyla yenilenmiştir. 15 gün sonra akvaryumlardan rastgele 20 canlı alınmıştır. Bu canlılar %70 lik alkolle öldürülmüştür. Ölen canlıların yaş ağırlıkları ölçülmüştür. Adaptasyon periyodunun başında alınan örnekler %70 lik alkolden çıkarılarak yaş ağırlıkları ölçülmüştür. İki örnek grubunun verileri karşılaştırılmıştır. Çalışma sırasında akvaryumdaki suyun kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Laboratuvar şartlarında kullanılan kavanozlardaki suyun kimyasal özellikleri

Kimyasal Parametreler	
PH	7.94±0.505
Çözünmüş Oksijen (O ₂)	7.5±0.38mg/l
Total klor	42.6 mg/l
Toplam Sertlik	287±2.35mg/l CaCO ₃
Mg	36 mg/l
Elektriksel İletkenlik	7.94 Mmho/cm
NO ₃ -N	2.1 mg/l
NO ₂ -N	0.002 mg/l
Sıcaklık	17±1 °C

Bu çalışma iki aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında indoxacarb, thiamethoxam ve endosulfan içerikli üç ticari pestisitinin akut toksisitesi incelenerek LC₅₀ değeri bulunmuştur. İkinci aşamada ise LC₅₀ değeri bulunan bu pestisitlerin canlıların solungaçlarında meydana getirdiği histopatolojik değişiklikler incelenmiştir.

3.3. Akut toksisite deneyi

Deneylerden önce deneyde kullanılacak cam malzemeler bir gece boyunca akan musluk suyunun altında yıkanmıştır. Cam malzemeler laboratuvar deterjanıyla yıkandıktan sonra seyreltilmiş sülfürik asitten geçirilmiş ve saf sudan geçirilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir (APHA, 1998⁴). Bu uygulama her deney sonunda tekrarlanmıştır.

Deneylerde 2 litrelik cam kavanozlar kullanılmıştır. Bu cam kavanozlara 1 litre su konulmuştur. Kavanozlar hava motorlarına bağlı, ucunda cam pipetler bulunan plastik borularla havalandırılmıştır. Böylece plastiğin kimyasallarla etkileşimi engellenmiştir. Deneyler süresince plastik malzemeler kullanılmamıştır.

Deneyler için üreme olgunluğuna erişmiş sağlıklı bireyler seçilmiştir. Kontrol grubu da dahil her konsantrasyon başına 20 canlı kullanılmıştır. Akut toksisiteyi belirlemek için yenilenen statik (renewal) test uygulanmıştır (APHA, 1998⁴).

3.4. Kimyasalların hazırlanması

İndoxacarb (%30 SC) içerikli Avaunt™, thiamethoxam(%30 SC) içerikli Actara® 240 SC, Gani Zirai İlaç Pazarlama şirketinden (Gaziantep) ve endosulfan içerikli Ganidan® Köylüm Tarım'dan (Diyarbakır) alınmıştır. Ticari pestisitler

stok solusyon hazırlanıncaya kadar +4 °C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir. Stok İndoxacarb solüsyonu ticari İndoxacarbın aseton içerisinde çözündürülmesi ile elde edilmiştir. Hesaplamalar ticari pestisitinin 1 litresinde 150 gr indoxacarb bulunduğu göz önüne alınarak yapılmıştır. Deney konsantrasyonları stok solüsyondan herhangi bir sulandırma işlemi yapılmadan elde edilmiştir. Stok thiamethoxam solüsyonu, Ticari thiamethoxamın saf su içerisinde çözündürülmesi ile elde edilmiştir. Hesaplamalar ticari pestisitinin 1 litresinde 240 gr Thiamethoxam bulunduğu göz önüne alınarak yapılmıştır. Deney konsantrasyonları stok solüsyondan herhangi bir sulandırma işlemi yapılmadan elde edilmiştir. Stok endosulfan solüsyonu ise ticari endosulfanın aseton içerisinde çözündürülmesi ile elde edilmiştir. Hesaplamalar ticari pestisitinin 1 litresinde 360 gr endosulfan bulunduğu göz önüne alınarak yapılmıştır. Deney konsantrasyonları stok endosulfan solüsyonundan aseton ile bir dizi sulandırmalar yapılarak elde edilmiştir. 2 litrelik kavanozlara 1 litre deklorize su konulmuştur. Her test solüsyonu stok pestisit solüsyonununun her gün taze olarak hazırlanmıştır. Pestisitinin yarılanma ömrü ve buharlaşma gibi nedenlerle, test solüsyonlarının derişimlerinde zaman içerisinde değişimler olabileceği göz önüne alınarak, kavanozlardaki suyun yaklaşık % 50'si her gün boşaltılarak yerine deklorize su eklenmiştir. Deney solüsyonlarının %50 si bu uygulamadan sonra kavanozlara ilave edilmiştir. İndoxacarb ve endosulfan solüsyonlarını hazırlarken çözücü olarak aseton kullanıldığı için, en fazla verilen konsantrasyondaki kadar aseton kontrol grubuna ilave edilmiştir. Aseton SIGMA-ALDRICH® firmasından elde edilmiştir. Her deney üç kere tekrarlanmıştır.

Akut toksisite testinde 24, 48, 72, 96 saatlik sürelerdeki LC₅₀ değerlerini tayin etmek için her 24 saatte bir kavanozlardaki canlılar sayılarak ölü ve canlı sayıları not edilmiştir. Toksisite testlerinde hareketsizlik ve vücut sertliği ölüm kriteri olarak kabul edilmiştir. Ölen bireyler derhal ortamdan uzaklaştırılmıştır. Aralık belirleme deneylerinden sonra indoxacarb için pestisit konsantrasyonları 0.0 (kontrol), 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 mg/l, thiamethoxam için 0.0 (kontrol), 2,5, 5, 7,5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90 ve 100 mg/l ve endosulfan için 0.0, 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5 ve 20 µg/l olarak belirlenmiştir.

3.5. Subkronik Deney

LC₅₀ değerleri belirlenen üç ticari insektisit için subkronik çalışmada kullanılmak üzere her pestisit için subletal konsantrasyonlar belirlenmiştir. İndoxacarb, thiamethoxam ve endosulfan için LC₅₀ değerlerinin 1/10, 1/100 ve 1/1000'lik değerleri alınarak her pestisit için üç kavanoz hazırlanmıştır. Bu değerlere ek olarak her pestisit için kontrol ve aseton kontrol grubu kullanılmıştır. Aseton kontrol grubuna en fazla kullanılan değerdeki kadar aseton konulmuştur. Deney süresi 14 gün olarak belirlenmiştir. 14 gün boyunca canlılar ticari balık yemi ile beslenmişlerdir. Bütün deneyler 3 kez tekrarlanmıştır.

Tablo 2. Kullanılan balık yeminin içeriği

Protein	35%
Yağ	3%
Lif	5%
Su	10%
Diğerleri(multivitamin, gerekli mineraller vs.)	47%

3.6. Histolojik Çalışma

Histolojik değişiklikleri belirlemek amacıyla hem kontrol gruplarından hem de deney gruplarından, deneyin 7. ve 14. günü 5'er tane *G. kischineffensis* örneği alınmıştır. Alınan örnekler 2. ve 7. toratik segmentler kalacak şekilde baş ve kuyruk kısımlarından kesilerek sakrifiye edilmiştir. Sakrifiye edilen örnekler total olarak %10'luk tamponlu formalin fiksatifine bırakılmıştır. 24 saat burada duran örneklerin doku takibi Stiles'in (1934)⁵ n-bütül alkol tekniği kullanılarak yapılmıştır. Bu tekniğe göre şu solüsyonlar hazırlanmıştır:

Solüsyon A

%45'lik etil alkol 90 pt

n-bütül alkol 10 pt

Solüsyon B

%62'lik etil alkol 80 pt

n-bütül alkol 20 pt

Solüsyon C

%77'lik etil alkol 65 pt

N-bütül alkol 35 pt

Solüsyon D

%90'lık etil alkol 45 pt

n-bütül alkol 55 pt

Solüsyon E

%100'lük etil alkol 2 pt

n-bütül alkol 1 pt

Solüsyon F

Parafin (56-58 °C sıcaklık) 2 pt

n-bütül alkol 1 pt

Bu solüsyonlar hazırlandıktan sonra şu prosedür takip edilmiştir:

1. Fiksasyondan sonra örnekler %35'lik etil alkolde 1 saat bekletilmiştir.
2. Örnekler A solüsyonunda 2 saat bekletilmiştir.
3. Örnekler B solüsyonunda 2 saat bekletilmiştir.
4. Örnekler C solüsyonunda 4 saat bekletilmiştir.
5. Örnekler D solüsyonunda 1 gece bekletilmiştir.
6. Örnekler E solüsyonunda 1 gece bekletilmiştir. Solüsyon 1 kez yenilenmiştir.
7. Örnekler n-bütül alkolde 1 gece bekletilmiştir. N-bütül alkol iki kez yenilenmiştir.
8. Örnekler etüvün içinde 58 °C de bulunan F solüsyonuna alınmıştır. F solüsyonunun içinde bulunan kabın ağzı sıkıca kapatılmıştır. Örnekler burada 24 saat kalmıştır.
9. F solüsyonunun içinde bulunan kabın ağzı açılmış ve n-bütül alkol kokusu kaybolana kadar beklenmiştir.
10. Alkol kokusu kaybolunca örnekler parafine alınmıştır. 3 gün boyunca örneklerin parafinde filtre edilmesi sağlanmıştır.
11. Filtrasyondan sonra örnekler parafin bloklara alınmıştır.

Parafin bloklardan LEICA rotary mikrotom ile 5 µm kalınlığında kesitler alınmıştır. Ksilen ile parafinden kurtarılan kesitler, Hematoksilen-Eozin ile boyanmıştır (Gurr, 1972⁶). Hazırlanan preparatlar, Nikon YS100 marka ışık

mikroskobu ile incelenmiştir. Coolpix 8400 marka fotoğraf makinesi ile fotoğraflanmıştır.

Deneyde kullanılan parafin, ksilen ve hematoksilen (MHS-16) SIGMA-ALDRICH[®], formaldehit ve Eosin Y (E4009) FLUKA[®], etil alkol Aklar Kimya firmalarından elde edilmiştir.

3.7. İstatistiksel Analizler

Akut toksisite (LC_{50}) değerlerinin hesaplanmasında SPSS programında Probit Analizi (Finney, 1952⁷) kullanılmıştır.

BÖLÜM KAYNAKLARI

1. Rinderhagen M.; Ritterhoff J.; Zauke G.P., *Crustaceans as Bioindicators, Biomonitoring of Polluted Water – Reviews on Actual Topics* (A. Gerhardt, ed.), *Trans Tech Publications – Scitech Publications, Environmental Research Forum*, **2000**, Vol. 9, p. 161-194.
2. Cold A.; Forbes V. E., *Consequences of a short pulse of pesticide exposure for survival and reproduction of Gammarus pulex*, *Aquatic Toxicology*, **2004**, 67: 287–299.
3. Maltby L., *Stress, shredders and streams: using Gammarus energetics to assess water quality. In: Sutcliffe, D.W. (Ed.), Water Quality and Stress Indicators in Marine and Freshwater Systems: Linking Levels of Organisation* *Freshwater Biological Association, Ambleside, UK., 1994.*
4. American Public Health Association (APHA), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, *American Water Works Association, Water Pollution Control Federation*, **1998**, 20th Edition.
5. Stiles, K.A., *Normal butyl alcohol technic for animal tissues with special reference to insects*. *Stain Technol.*,**1934**, 9:97-100.
6. Gurr, E.. *Biological Staining Methods. Kent Printers., 143. Tonbridge hematoksilen eozin boyaması*, **1972.**
7. Finney, D. J., *Probit Analysis.*, *Cambridge University Press., Cambridge, England, 1952.*

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1.AKUT TOKSİSTE ÇALIŞMASI

4.1.1. Thiamethoxamın Akut Tosik Etkileri

G. kischineffensis (Schellenberg,1937)'in thiamethoxam konsantrasyonuna bağlı olarak 24, 48, 72 ve 96 saatlik hayatta kalma oranları aşağıdaki Tablo 3'de verilmiştir. Bu verilerden elde edilen grafikler şekil 1'de verilmiştir.

Laboratuara getirilen canlıların ağırlık ortalaması ilk gün 0.0216 gr iken 15. gün sonunda ağırlık ortalamaları 0.0219 gr'e yükselmiştir. Bu durum canlıların laboratuvar koşullarında iyi beslendiği ve ortama alıştıklarını göstermektedir.

Tablo 3'de görüldüğü gibi pestisit konsantrasyonu arttıkça ölüm oranı da doğru orantılı olarak artmıştır. 24 saatte %100 ölüm 1000 mg/l'de görülmüştür. 500 mg/l konsantrasyonunda canlıların 48 saatte tamamen öldükleri görülmektedir. 45 mg/l konsantrasyonundan itibaren 72 saat sonunda hiçbir canlı sağ kalmamıştır. 25, 30 ve 35 mg/l konsantrasyonlarında ölüm oranı %78'de sabit kalmıştır. Fakat 40 mg/l'de ölüm oranı %85 olarak kaydedilmiştir. 96 saat sonunda 40 mg/l'de ölüm oranı %93 iken 35 mg/l'de ölüm oranının %95 olduğu gözlenmiştir. 2.5 mg/l konsantrasyonunda 96 saat sonunda canlıların %65'i yaşamaktadır. Ancak 5 mg/l de ölüm oranı hızlı bir artış göstererek %53 olmuştur. Bu durum LC₅₀ değerinin bu iki konsantrasyon arasında olduğunu göstermektedir.

Probit analizi sonucu thiamethoxam için bulunan 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC₅₀ değerleri sırasıyla şunlardır: 75.619 (en düşük 66.678-en yüksek 88.504 mg/l), 23.505 (en düşük 18.843-en yüksek 27.731 mg/l), 8.048 (en düşük 1.319-en yüksek 12.744 mg/l) ve 3.751 mg/l (en düşük 3.506-en yüksek 8.332 mg/l)

bulunmuştur. Kontrol grubunda 96 saat boyunca ölüm gözlenmemiştir. Thiamethoxamın *G. kischineffensis* üzerindeki 96 saatlik LC₅₀ değeri 3.751 mg/l olarak bulunmuştur.

Bir kimyasal maddenin toksisite potansiyelini öğrenmek için akut toksisite testlerini yapmak zorunluluğu vardır. En yaygın kullanılan akut toksisite testi letalite testidir. 96 saatlik akut toksisite testleri özel çevresel şartlar altında türlere verilen bileşiklerin bir ölçüsünü sağlamaktadır. Bu testler bir kimyasalın ya da pestisit in öldürücü konsantrasyonlarına ani maruz kalma durumlarında ortaya çıkacak çabuk ve ciddi zararları belirtmektedirler. LC₅₀ değeri bir toksik maddeye maruz kalmış canlıların %50 sinin öldüğü değeri ifade eder. Bu değer ne kadar küçük olursa kimyasal maddenin toksisitesi de o kadar fazladır.

Thiamethoxam yeni nesil bir pestisit olduğu için henüz bu pestistle ilgili çalışmalar oldukça azdır. Tablo 4'de (Kannan, 1997¹) görüldüğü gibi thiamethoxam *G. kischineffensis* üzerinde şiddetli derecede toksik etkiye sahiptir. Antunes-Kenyon ve Kennedy (2001)² tarafından yapılan bir araştırmada thiamethoxam'ın su piresi (*D. magna*) için EC₅₀ değerinin 106 mg/l'den yüksek olduğu gösterilmiştir. Yine aynı araştırmacılar gökkuşacağı alabalığı (*Salmo gairdneri*) için thiamethoxam'ın 96 saatlik LC₅₀ değerinin 100 mg/l den ve *Lepomis macrochirus* için 114 mg/l'den büyük olduğunu rapor etmişlerdir. *G. kischineffensis* için bulunan LC₅₀ değerine göre thiamethoxam bu canlıya yüksek derecede toksiktir. Ayrıca *G. kischineffensis*'in thiamethoxama *D. magna*, *S. gairdneri* ve *L. macrochirus*'dan daha duyarlı olduğu görülmektedir. Thiamethoxam üzerine Gammaridae familyası üyeleriyle ilgili literatürde herhangi bir çalışma bulunamamıştır. Ancak thiamethoxam gibi neonikotinoid bir

insektisit olan imidacloprid üzerine literatürde bir dizi çalışma mevcuttur. İmidacloprid thiamethoxam ile aynı sınıftan gelen bir pestisit olduğundan canlılar üzerinde benzer toksisiteye sahip olduğu varsayılabilir. Song ve arkadaşları (1997)³ *D. magna* üzerinde imidaclopridin 48 saatlik LC₅₀ değerini 10 mg/l olarak rapor etmişlerdir. Her ne kadar thiamethoxam ve imidacloprid farklı pestisitler olsalar da, Song ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma ve bizim thiamethoxam ile ilgili bulduğumuz değerler neonikotinoidlerin sucul canlılar için toksisitesi hakkında bilgi vermektedir. Yaptığımız çalışmada thiamethoxamın 48 saatlik LC₅₀ değeri 23.505 mg/l olarak bulunmuştur. Neonikotinoid bir insektisit olarak thiamethoxamın Crustacea üzerindeki toksik etkisinin imidaclopride göre daha az olduğu söylenebilir. Cox (2001)⁴ tuzlu su karidesi (*Mysidopsis bahia*) üzerinde imidacloprid'in 96 saatlik LC₅₀ değerini 37 µg/l olarak bulmuştur. Jemec ve arkadaşları (2007)⁵ imidacloprid, onun ticari formülasyonu olan Confidor SL 200 ve diazinonun *D. magna*'nın biyokimyasal, üreme ve yaşama parametreleri üzerine kronik etkilerini incelemişler ve bu pestisitlerin bu canlılarda bazı enzimlerin aktivitelerini düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Kidd ve James (1991)⁶ bu pestisitinin gökkuşuğu alabalığı için 96 saatlik akut toksisitesini 211 mg/l olarak tespit etmişlerdir. İmidaclopridin gökkuşuğu alabalığı için bulunan değeri thiamethoxamın Antunes-Kenyon ve Kennedy (2001)² tarafından aynı canlı için bildirilen değere yakın olmakla birlikte, imidaclopridin bu canlılar üzerindeki toksisitesi daha azdır. Ancak bulunan değerler sucul canlılar için neonikotinoidlerin toksisitesinin çok yüksek olmadığını göstermektedir. Bu bulgu bakımından imidacloprid için Kidd ve James⁶'ın bulunduğu değer Antunes-Kenyon ve Kennedy²'i doğrulamaktadır. Bu yüzden thiamethoxamın canlılarda

göstereceği etkiler imidaclopridin göstereceği etkilere yakın olacaktır. Bu durumda bu iki peststidin de *G. kischineffensis* üzerinde benzer etkiler yapacağı düşünülebilir.

Stoughton ve arkadaşları (2008)⁷ *H. azteca* (Crustacea: Amphipoda) üzerinde imidacloprid'in teknik ve ticari formülasyonunun akut, subkronik etkilerini incelemişler ve bu insektisit hem teknik hem de ticari formülasyonunun bu canlı üzerinde toksik olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma sonunda imidacloprid'in ticari ve teknik formülasyonlarının *H. azteca* için 96 saatlik LC₅₀ değerini sırasıyla 17.44 ve 65.43 µg/l olarak bulunmuştur. Araştırmacılar bu insektisit ticari formülasyonun teknik formülasyonuna göre daha toksik olduğunu belirlemişlerdir. Yaptığımız çalışmada thiamethoxamın sadece ticari formülasyonu kullanılmıştır. Bu yüzden ticari ve teknik formülasyonların toksisite dereceleri karşılaştırılmamıştır. İmidaclopridin *H. azteca* için oldukça toksik olduğu yapılan bu çalışmada görülmektedir.

Stark ve Banks (2000)⁸ thiamethoxam içerikli ticari insektisit Actara'nın *D. pulex* için 48 saatlik LC₅₀ değerinin 41 mg/l olduğunu bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise thiamethoxamın *G.kischineffensis* için 48 saatlik LC₅₀ değeri 23.505 mg/l olarak bulunmuştur. Bu durum *G.kischineffensis*'in thiamethoxama 48 saatte *D. pulex*'ten daha hassas olduğunu göstermektedir. Bu hassasiyetin nedeni *G.kischineffensis* ve *D.pulex*'in farklı gruplardan iki canlı olmaları olabilir. Çünkü her canlının bir kimyasala olan duyarlılığı birbirinden farklıdır. Canlıların bir toksikanta gösterdiği farklı duyarlılıkların en büyük nedenlerinden biride toksik kimyasalların canlılardaki metabolizasyonudur. Bir kimyasalın toksisitesi bu kimyasalın bir canlı içinde metabolizasyonundan

etkilenir ve buna bağlı olarak toksisite ya artar ya da azalır. Metabolizasyonun yanısıra toksisite tür, genetik yapı, diyet, yaşı, cinsiyet ve patolojik durum gibi biyolojik ve ya pH, sıcaklık gibi çevresel faktörlere göre değişebilir. *G.kischineffensis* ve *D.pulex* farklı gruplardan gelen canlılar oldukları için thiamethoxamın bu iki canlıda metabolizasyonu farklı olabilir. *D.pulex*'in bu pestisidi *G.kischineffensis*'e göre daha iyi bir şekilde metabolize edip vücudundan uzaklaştırdığı söylenebilir.

Antunes-Kenyon ve Kennedy (2001)² tarafından bildirildiğine göre thiamethoxamın fareler için LD₅₀ değeri 1563 mg/kg ve tavşanlar için 2.000 mg/kg olduğu belirtilmiştir. Thiamethoxam bu canlılara az derecede toksiktir. Memelilerin bu pestiside olan duyarlılığının su canlılarından daha az olduğu görülmektedir. Özellikle bu pestisit *G. kischineffensis* için oldukça toksiktir. Su canlıları sudaki toksik bir kimyasala deri ve solungaçlarıyla direkt olarak, toksik maddeyle kontamine olmuş besinlerin sindirilmesiyle (oral olarak) dolaylı olarak maruz kalırlar. Bu maruziyet vücut yüzeylerinin (deri) ve solungaçlarının geniş yüzey alanlarından dolayı artar. Dolayısıyla sucul canlılar sudaki bir toksikanttan karada yaşayan canlılardan daha fazla etkilenirler. Bu yüzden toksik bir kimyasal her ne kadar diğer canlılar üzerinde şiddetli toksik etki göstermiyorsa da sucul canlılar için toksik olabilir. Karada yaşayan memelilerin doğal olarak bir toksikanta direnci sucul canlılardan yüksektir. Ayrıca bir kimyasalın metabolizasyonu canlıdan canlıya değişmektedir. Thiamethoxamın memelilerde düşük toksisite göstermesi yukarıda anlatılan özelliklerden dolayı olabilir. Dahası *G. kischineffensis* böcekler ile aynı filumdan (Arthropoda) gelmektedir, bu yüzden

metabolizmaları böcekler ile benzerdir. Bu durumda thiamethoxam *G. kischineffensis* için daha toksik etki gösterebilir.

4.1.2. Endosulfanın Akut Toksik Etkileri

G. kischineffensis (Schellenberg,1937)'in endosulfan konsantrasyonuna bağlı olarak 24, 48, 72 ve 96 saatlik hayatta kalma oranları aşağıdaki Tablo 5'de verilmiştir. Bu verilerden elde edilen grafikler şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 5'de görüldüğü gibi 96 saat sonunda endosulfan konsantrasyonu arttıkça ölüm oranı da doğru orantılı olarak artmıştır. 24 saatte %100 lük ölüm oranı 17.5 ve 20 µg/l konsantrasyonlarında görülmüştür. 1 µg/l de %100 lük ölüm oranı deney sonuna kadar görülmemiştir. 1 µg/l konsantrasyonunda 96 saatin sonunda canlıların %60'ının yaşamakta olduğu gözlenmiştir. 96 saat sonunda 2.5 µg/l konsantrasyonunda canlıların %50'si ölürken 5 µg/l konsantrasyonunda ölüm oranı hızlı bir artış göstererek %100'e çıkmıştır. Herhangi bir pestisidin toksisitesi konsantrasyona bağlıdır, organizma tarafından alınan pestisit konsantrasyonu ne kadar yüksekse, canlıda bu kimyasala karşı oluşacak tepki o kadar büyük olur (Amdur ve arkadaşları, 1992⁹). 2.5 µg/l konsantrasyonundan sonra populasyonun eşik değeri olan LC₅₀ değeri yaklaşık olarak 5 kat artmıştır ve populasyondaki bireyler 5 µg/l konsantarsyonunu kaldıramayarak ölmüşdürler. 5 µg/l konsantrasyonunun canlıların tolere edebileceği değerden daha yüksek olduğu görülmektedir. 10 ve 15 µg/l konsantrasyonlarında ölüm oranında düşüş görülmekle birlikte 96 saatin sonunda her iki konsantrasyonda canlıların tümü ölmüştür. Deney süresi arttıkça tüm konsantrasyonlardaki ölüm oranı artmıştır. En

kısa sürede en yüksek ölüm oranı 17.5 ve 20 µg/l de görülmüştür. Tablo 5' te görüldüğü gibi LC₅₀ değeri 2.5 µg/l konsantrasyonuna yakındır.

Probit analizi sonucu endosulfan için bulunan 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC₅₀ değerleri sırasıyla şunlardır: 9.814 (en düşük 7.093-en yüksek 12.524 µg/l), 5.981 (en düşük 4.230-en yüksek 7.417 µg/l), 3.754 (en düşük 1.112-en yüksek 5.541 µg/l) ve 1.861 (en düşük 0.984-en yüksek 2.538 µg/l) µg/l bulunmuştur. Kontrol grubunda 96 saat boyunca ölüm gözlenmemiştir. Endosulfanın *G. kischineffensis* üzerindeki 96 saatlik LC₅₀ değeri 1.861 µg/l olarak bulunmuştur.

Tablo 4'de görüldüğü gibi endosulfan *G. kischineffensis* için aşırı derecede toksiktir. Yapılan bu çalışmada uygulanan bütün kimyasallar arasında toksitesi en yüksek olanın endosulfan olduğu görülmektedir. Cengiz ve Ünlü (1999)¹⁰ endosulfan içerikli Thiodan adlı ticari insektisit in *G. pulex* için 96 saatlik LC₅₀ değerini 3.248 µg/l olarak rapor etmişlerdir. Bu çalışmada *G. kischineffensis* bulunan LC₅₀ değeri Cengiz ve Ünlü (1999)¹⁰ tarafından bulunan değere yakındır. Ancak *G. pulex* ve *G. kischineffensis*'in aynı türden canlılar olmaması aradaki farkın sebebi olabilir. Ancak değerler birbirine yakındır. Ayrıca deney koşulları deney sonuçlarını etkilemektedir. Leigh ve Van Dolah (1999)¹¹ endosulfanın teknik formulasyonunun *G. palustris* üzerine akut toksisitesini araştırmışlar ve bu canlı için endosulfanın 96 saatlik LC₅₀ değerini 0.43 µg/l olarak tespit etmişlerdir. *G. palustris*'in endosulfana *G. kischineffensis*'ten daha duyarlı olduğu görülmektedir.

Cengiz ve Ünlü (1999)¹⁰ endosulfan içerikli thiodan adlı ticari insektisit in *G. affinis* için 96 saatlik LC₅₀ değerini 6.116 µg/l olarak bildirmişlerdir. Jonsson ve Toledo (1993)¹² endosulfanın 96 saatlik LC₅₀ değerini zebra balığı (*B. rerio*) ve

sarı tetra (*H. bifasciatus*) için sırasıyla 2.6 ve 1.6 µg/l olarak bildirmişlerdir. Salvo ve arkadaşları (2008)¹³ yaptıkları bir çalışmada endosulfanın *C. carpio* için LC₅₀ değerini 0.002 mg/l olarak belirlemişleridir. Bu durum endosulfanın balıklar için de oldukça toksik olduğunu göstermektedir. Ancak balıklarda meydana getirdiği toksisite Crustacea sınıfına ait canlılarda meydana getirdiği toksisteden daha azdır. Bunun nedeni Crustacea ait canlıların Arthropod filumundan gelmeleri olabilir. Bu canlıların metabolizmaları böceklerle benzerlik gösterebilmektedir.

Tabanor ve Hyslop (2007)¹⁴ endosulfanın 96 saatlik akut toksisitesini üç tatlı su salyangozu olan *M. tuberculata*, *T. granifera* ve *P. duryi* için sırasıyla 2.30, 1.74 ve 1.35 mg/l olarak belirlemişlerdir. Bu durum *G. kischineffensis*'in endosulfana bu üç salyangoz türüne göre daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Salyangoz türlerinin bu pestisidi daha iyi tolere ettiği söylenebilir. Endosulfanın toksisitesi canlı türlerine göre değişmektedir. Bazı canlı türleri bu pestisidi daha iyi metabolize ederken diğer bazı canlı türlerinin metabolizasyon kapasitesi daha düşüktür. Naqvi ve arkadaşları (1987)¹⁵ endosulfanın bir tatlısu yengeci olan *P. clarkia* yavruları ve erişkinleri için 96 saatlik LC₅₀ değerini sırasıyla 24 ve 423 µg/l olarak belirlemişleridir. Bir Crustacea olan *P. clarkia*'nın endosulfana oldukça duyarlı olduğu görülmektedir. Ancak duyarlılığı *G. kischineffensis* kadar yüksek değildir. Montagna ve Collins (2007)¹⁶ bir tatlı su karidesi olan *P. argentinus* için endosulfanın LC₅₀ değerini 6.28 µg/l olarak belirlemişlerdir. *G. kischineffensis* ve *P. argentinus* her ne kadar aynı sınıftan geliyor olsalar da bu pestisite olan duyarlılıkları birbirlerinden farklıdır. Bu pestisitinin toksikliği canlı türlerine göre değişmektedir.. Bernabo ve arkadaşları (2008)¹⁷ kara kurbağası olarak bilinen *B. bufo* larvaları üzerinde endosulfanın akut toksisitesini incelemişler ve

endosulfanın LC₅₀ değerini bu canlılar için 0.43 mg/l olarak belirlemişleridir. Hii ve arkadaşları (2007)¹⁸ *M. albus* için endosulfanın LC₅₀ değerini 0.42 µg/l olarak bildirmişlerdir. *M. albus*'un endosulfana *G. kischineffensis*'den daha duyarlı olduğu görölmektedir. Ancak şu barizdir ki endosulfan sucul canlılara aşırı derecede toksiktir. Bizim yaptığımız çalışma bu bulguyu doğrulamaktadır

4.1.3. İndoxacarbın Akut Tosik Etkileri

G. kischineffensis (Schellenberg,1937)'in indoxacarb konsantrasyonuna bağlı olarak 24, 48, 72 ve 96 saatlik hayatta kalma oranları aşağıdaki Tablo 6'da verilmiştir. Bu verilerden elde edilen grafikler şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 6'ya göre, indoxacarb konsantrasyonu arttıka ölüm oranı da doğru orantılı olarak artış göstermiştir. 1, 5 ve 10 mg/l konsantrasyonlarında 96 saat sonra ölüm oranı sırasıyla %13, 23 ve 26 iken 15 mg/l konsantrasyonunda ölüm oranı hızlı bir artış göstererek %41'e çıkmıştır. 45 mg/l konsantrasyonundan itibaren 96 saat sonra hiçbir birey sağ kalmamıştır. 24 saat sonunda en yüksek konsantrasyon olan 100 mg/l'de canlıların %40'ı yaşamaktadır. En yüksek konsantrasyonda bile 24 saatte %100 ölüm oranı gözlemlenmemiştir. Fakat 48 saat sonunda 100 mg/l konsantrasyonunda %90 ölüm oranı varken 72. saatin sonunda bu oran %100'e çıkmıştır. Kontrol grubunda deney sonuna kadar ölüm gözlenmemiştir. 20 mg/l konsantrasyonunda 96 saat sonunda canlıların ölüm oranının %53 olduğu görölmektedir. Bu durum 96 saatlik LC₅₀ değerinin 20 mg/l'ye yakın olduğunu göstermektedir.

Probit analizi sonucunda indoxacarb için bulunan 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC₅₀ değerleri sırasıyla 89.243 (en düşük 77.415-en yüksek 109.220 mg/l), 59.432 (en düşük 52.644-en yüksek 67.703 mg/l), 37.351 (en düşük 31.912-en yüksek

42.599 mg/l) ve 20.212 (en düşük 16.178-en yüksek 23.637 mg/l) mg/l bulunmuştur. İndoxacarbın *G. kischineffensis* üzerindeki 96 saatlik LC₅₀ değeri 20.212 mg/l olarak bulunmuştur.

Tablo 4’de görüldüğü gibi indoxacarb *G. kischineffensis* üzerinde şiddetli derecede toksik etkiye sahiptir. İndoxacarbın Gammaridae familyası üzerine toksik etkilerine yönelik çalışmalar çok az olmakla birlikte çeşitli su canlıları için yapılan çok sayıda çalışma literatürde mevcuttur. İndoxacarbın teknik formülasyonu gök kuşağı alabalığı için LC₅₀ değeri (*Oncorhynchus mykiss*) Hetrick ve arkadaşları (2005)¹⁹ tarafından 0.65 mg/l olarak bildirilmiştir. Bildirilen bu değerin yapılan bu çalışmada bulunan değerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum çalışmamızda kullandığımız *G. kischineffensis* türünün indoxacarbı gök kuşağı alabalığından daha toleranslı olduğunu göstermektedir. Ayrıca Hetrick ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada indoxacarbın teknik formülasyonu kullanılmıştır. Teknik formülasyon indoxacarbın ticari formülasyonundan daha fazla toksik etkiye sahip olabilir. Beketov ve Liess (2008)²⁰ indoxacarbın teknik formülasyonunun *G. pulex* için 96 saatlik LC₅₀ değerinin 2.5 mg/l olduğunu bildirmişlerdir. Arada böyle bir farklılık olmasının nedeni aynı familyadan olmalarına rağmen her iki bireyinde farklı türler olması olabilir. Çünkü her canlının bir kimyasala toleransı birbirinden farklıdır. Aynı zamanda deney ortamlarındaki farklı koşullar (sıcaklık, ışık, pH...vb) deney sonuçlarını etkilemektedir. Devi (2007)²¹ *Channa punctatus* için 96 saatlik LC₅₀ değerini 0.0531 mg/l olarak bulmuştur. *G. kischineffensis* bu kimyasala *C. punctatus*’a göre oldukça toleranslıdır. Yine Hetrick ve arkadaşları (2005)¹⁹ indoxacarbın *Ictalurus punctatus* için LC₅₀ değerinin 0.29 ve *C. carpio* için 1.02

mg/l olarak bildirmişlerdir. Bu durumdan da anlaşılacağı gibi *G. kischineffensis* indoxacarb'a balık türlerinden daha toleranslıdır. Aynı araştırmacılar *D. magna* için indoxacarbın LC₅₀ değerini 0.0640 mg/l olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmalardan elde edilen veriler Hetrick ve arkadaşlarının¹⁹ bildirdiği değerlerle karşılaştırıldığında *D. magna*'nın indoxacarb'a daha hassas olduğu görülmektedir. Zhao ve arkadaşları (1999)²² indoxacarbın bir metaboliti olan dekarbometoksilatın (DCJW) memeli nöronlarındaki asetilkolinesteraz reseptörlerini inhibe ederek impuls iletimini engellediğini göstermişlerdir. Bu durum indoxacarbın memelilerde toksik olabileceğini göstermiştir. Ancak memeliler için yapılan LD₅₀ çalışmaları bu toksisitenin ancak yüksek değerlerde ortaya çıkacağını göstermektedir. İndoxacarbın *R. norvegicus* türüne ait erkek bireyleri için LD₅₀ değeri 843 mg/kg olarak bildirilmiştir¹⁹. İndoxacarbın bu canlılara kısmen toksik olduğu görülmektedir

4.2. HİSTOLOJİK ÇALIŞMA

4.2.1. Thiamethoxamın Subkronik Tosik Etkileri

Kontrol Grupları: Akuatik organizmalarda solungaç, iyonik ve osmotik dengeyi sağlamada, solunum gazlarının alışverişinde önemli bir göreve sahiptir. *G. kischineffensis* ventral tarafta 2. ve 6. segmentler boyunca peraeopodların koksasında bir çift epipod ve 7. peraeopodun basal kısmında bir çift eksopoda sahiptir (Steele ve Steele, 1991)²³. 1. üyede hiçbir zaman solungaca rastlanmaz. Abdomen bölgesindeki yüzme bacaklarının çırpma hareketleri bu organların devamlı olarak taze su ile temaslarını sağlar. Histopatolojik olarak koksal solungaçlar kutikula tabakasıyla çevrili tek katlı bir epitel tabakası ile kaplıdır.

Solungacın karşılıklı duvarları pillar hücreleri sayesinde bir arada bulunmaktadır (Resim 1 ve 2). Bu hücreler birbirlerine değerken kanın içinden aktığı hemokoelik boşluğu oluştururlar (Takeuchi ve ark., 2003)²⁴.

Histolojik inceleme; kirleticilere maruz kalmanın bir indikatörü olarak, özellikle subletal ve kronik etkiler için kirlilik derecesini değerlendirmede yararlı bir yöntemdir (Bernet ve ark., 1999)²⁵ çünkü pestisitlerin eser seviyeleri, verilen bir periyotta hayvanın ölümüne neden olmaz, fakat bu seviyeler, organlarda önemli zararlar meydana getirme etkisinde olabilirler (Kumar ve Pant, 1984)²⁶. Kirleticilere maruz kalmadan dolayı en büyük yapısal zararlar hedef organlarda olabilir. Histolojik yapı değişebilir ve fizyolojik stres meydana gelebilir. Bu stres metabolik fonksiyonlarda bazı değişikliklere sebep olabilir. Fonksiyonlardaki değişiklikler hücresel seviye ve dokulardaki değişikliklerle başlatılır.

Deney grupları: Resim 3, 4, 5, 6 ve 7'de thiamethoxam'ın 0.004, 0.04 ve 0.4 mg/l konsantrasyonlarına maruz kalmış bireylerin 7 ve 14 günlük doku değişimleri gözlenmektedir. 7. günün sonunda dokularda konsantrasyona bağlı olarak vakuolleşme ve hemositik infiltrasyon gözlenmiştir. 14. günde en yüksek konsantrasyon olan 0.4 mg/l de canlılar öldükleri için bu gruplardan bulgular elde edilememiştir. 14. günün sonunda daha düşük konsantrasyonlarda solungaç dokularında 0.004 mg/l de hemositik infiltrasyon (Resim 6) ve yine 14. günde 0.04 mg/l de solungaç dokularında lamellerde nekroz gözlenmiştir (Resim 7).

Bir hayvanın dokularının bir kimyasala karşı duyarlılığı hayvandan hayvana ve ya aynı popülasyon içindeki bireyden bireye farklılık gösterebilir. Hatta aynı bireyin farklı dokuları aynı kimyasala daha duyarlı olabilir. Bu durum

düşünüldüğünde akuatik canlılar için bir toksikanta en hassas olan organın solungaçlar olduğu söylenebilir. Akuatik canlılarda solungaçlar hayati organlardır, çünkü solunum gazlarının taşınmasında, respirasyon, osmoregülasyon ve azotlu atık ürünlerin ekskresyonunu ve asit baz dengesini içeren birçok önemli fonksiyonu vardır (Wood, 1991)²⁷. Toksik maddeler solungaçlarda pillar hücrelerinin bozulması, aneurizm, epitel hücrelerinde hiperplazi gibi hasarlara neden olabilir, bunun sonucu olarak akuatik canlıların oksijen tüketimini azaltabilir ve osmotik dengelerini bozabilir (Ghate ve Mulherkar, 1979)²⁸. Bir balık ve ya su canlısı üzerinde kirliliğin meydana getirdiği etkileri belirlemek için deri, böbrek ve karaciğer (Crustacea için hepatopankreas) histolojik çalışmalarda kullanışlıdır. Bu organlar su kirliliği için primer biyogöstergelerdir²⁵. Histolojik bir çalışmada bu organlar da kullanılabilir.

Thiamethoxamın canlılar üzerinde meydana getirdiği histolojik etkilere dair çalışmalar oldukça azdır. Özellikle thiamethoxamın akuatik canlılara olan histopatolojik etkilerine dair makalelere literatürde rastlanmamıştır. Ancak Green ve arkadaşlarının (2005)²⁹ fareler üzerinde yaptıkları bir çalışmada thiamethoxamın farelerin karaciğerinde tümörlere neden olduğunu bu yüzden thiamethoxamın genotksistesinin olduğunu bildirmişlerdir. Green ve arkadaşları (2005)²⁹ thiamethoxamın farelerin karaciğerlerinde iltihabik hücre infiltrasyonlarına, hepatositlerde hipertrofiye, hepatoselular nekroza ve pigmentasyona neden olduğunu kaydetmişlerdir. Ratlar üzerinde yapılan 14 günlük akut oral nörotoksik çalışmada uygulama yapılmış ratlarda herhangi bir histopatolojik değişim kaydedilmemiştir. Fakat 28 günlük thiamethoxam uygulamasında (300 ve 1000 mg/kg) ratların karaciğerlerinde hafif derecede

hepatoselular hipertrofi kaydedilmiştir. Bu canlıların karaciğer enzimlerinde düşüş gözlenen bir diğer metabolik bozukluk olarak bildirilmiştir². Yapılan çalışmalar thiamethoxamın memelilerin karaciğerlerinde histopatolojik değişimlere neden olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalardan elde edilen bulgular thiamethoxamın canlılarda histopatolojik değişikliklere neden olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Thiamethoxam da tıpkı diğer pestisitler gibi sentetik bir kimyasaldır ve canlılar üzerinde belli bir toksik etkisi vardır. Bu kimyasalda diğer pestisitler gibi akutik canlıların dokularında histopatolojik değişimlere neden olacaktır. Literatürde pestisitlerin özellikle balıkların solungaçlarında meydana getirdiği histopatolojik değişimler ile ilgili çok sayıda makale bulunmaktadır. Cengiz (2006)³⁰ deltametrinin sub-letal konsantrasyonunun *C. carpio* solungaçlarında meydana getirdiği histolojik değişimleri incelemiş ve 0.029 mg/l konsantrasyona maruz kalan bireylerin solungaç dokularında lamelar epitelin ayrılması ve ödem gözlendiğini bildirmiştir. 0.041 mg/l konsantrasyona maruz kalan bireylerin solungaç dokularında ise epitel hiperplazisi, sekonder lamellerde kaynaşma, anevrizma ve deskuamasyon kaydedilmiştir. Erkmén ve arkadaşları (2000)³¹ cyphenotrinin subletal konsantrasyonlarına maruz bırakılan *L. reticulatus* bireylerinin solungaçlarında epitel tabakasının solungaç lamellerinden ayrılması, nekroz, sekonder lamel dejenerasyonu ve sekonder lamel kısalması gibi histolojik değişikliklerin meydana geldiğini bildirmişlerdir. De Silva ve Samayawarhena (2002)³² chlorpyrifosa maruz kalan bireylerin solungaçlarında solungaç lamellerinde kısalma, aşırı vakuolleşme ve deskuamasyon kaydetmişlerdir. Das ve Mukherjee (2000)³³ heksaklorsikloheksanın bir sazan türü olan *L. rohita* üzerindeki histopatolojik etkilerini incelemişler ve bu kimyasalın bu canlının

solungaçlarında primer lamellerde kaynaşma ve belirgin hiperplaziye raslanmışlardır. Soegianto ve arkadaşları (1999)³⁴ bakırın sub-letal konsantrasyonlarının *P. japonicus* (Decapoda)'un solungaç ve eksopoditleri üzerine etkisini incelemişler ve 15 günlük maruziyetten sonra 100 µg/l'de filamentlerde bir dizi nefrosit kaydetmişlerdir. 4 gün sonra 500 µg/l bakır konsantrasyonuna maruz kalan bireylerin solungaç filamentlerindeki nefrosit sayısında artış gözlenmiş, nefrositlerin yanı sıra bazı nekroze bölgelerin olduğu ve hemolimf kanallarında daralma rapor edilmiştir. 1000 µg/l bakır konsantrasyonunda nekrozlu alanların sayısının arttığı, kutikula ve epitel arasında boşlukların oluştuğu, nukleus etrafında vakuollerin oluştuğu belirlemişlerdir. Li ve arkadaşları (2007)³⁵ su kaynaklı bakırın tatlı su yengeci olan *M. rosenbergii* (Crustacea: Decapoda) yavrularının solungaç ve hepatopankreası üzerindeki etkileri incelemişler ve 0.01 mg/l bakır konsantrasyonuna maruz kalan bireylerin solungaçlarında lamellerde şişme, lamellerde epitel kalınlaşmasını kaydetmişlerdir. 0.05 mg/l konsantrasyona maruz kalan bireylerin solungaçlarında hemokoelik boşlukta hemositik infiltrasyon ve filament kaynaşması kaydedilmiştir. 0.1 mg/l konsantrasyona maruz kalan bireylerin solungaçlarında hemolimf damarlarında daralma gözlemlenirken, 0.2 mg/l konsantrasyona maruz kalanlarda lamel nekrozu ve epitel kalınlaşması kaydedilmiştir. En yüksek konsantrasyon olan 0.4 mg/l bakıra maruz kalan bireylerin solungaçları aşırı üremiş ve infiltre hücrelerle tamamen tıkanmış ve şişmiş olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmaların tümü kimyasalların su canlılarında çeşitli histolojik değişimlere neden olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalara paralel olarak thiamethoxam da *G. kischineffensis* solungaç dokularında çeşitli histolojik

değişimler meydana getirmiştir. Bu değişimler kimyasalın konsantrasyonunun artmasıyla ve deney süresinin uzamasıyla şiddetlenmiştir.

4.2.2. Endosulfanın Subkronik Toksik Etkileri

Deney grupları: Kontrollerde herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Endosulfanın düşük konsantrasyonunda (0.00186 µg/l) 7. günün sonunda herhangi histopatolojik bir bulguya rastlanmamıştır (Resim 8). Fakat 0.0186 µg/l konsantrasyonunda pillar hücrelerinde hemositik infiltrasyona rastlanmıştır (Resim 9). En yüksek konsantrasyonda (0.186 µg/l) hemokollerde atrofi, epitel hiperplazisi ve pillar hücrelerinde vakuolleşme gözlenmiştir (Resim 10).

14. günün sonunda solungaç dokularında gözlemlenen histopatolojik değişimlerin şiddeti artmıştır. En düşük konsantrasyon olan 0.00186 µg/l de solungaç lamellerinde çok az daralma ve pillar hücrelerinde hemositik infiltrasyon gözlenmiştir (Resim 11). 0.0186 µg/l konsantrasyonunda ise hemokoelik boşlukta atrofi gözlenmiştir (Resim 12). Epitel dokusunda hiperplazi kaydedilmiştir. Pillar hücrelerinde hipertrofi ve hemositik infiltrasyona rastlanmıştır. En şiddetli histopatolojik değişimler 0.186 µg/l (Resim 13) konsantrasyonlarında meydana gelmiş ve hemokoelik boşluklar tamamen kapanmış hem epitel hem de pillar hücrelerinde çok sayıda vakuolleşme gözlenmiştir.

Endosulfanın akuatik canlıların dokularında meydana getirdiği histopatolojik değişimlere ilişkin literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak Gammaridae familyasıyla yapılmış herhangi bir histolojik çalışmaya rastlanmamıştır. Bunun yanı sıra kabuklularla ilgili yapılmış histolojik çalışmalar literatürde mevcuttur. Bhavan ve Geraldine (2000)³⁶ endosulfanın sub-letal konsantrasyonlarına maruz bırakılan bir tatlı su karidesi olan *M. malcolmsonii*'nin

solungaçlarındaki histopatolojik değişiklikleri incelemişler ve solungaç dokularında 10.6 ng/L'ye maruz kalmış bireylerde hemokoelik boşlukta hemositik infiltrasyon, solungaç lamellerinde ödem, lamel epitelin ayrılması, lamel birleşmesi gözlenmiştir. En yüksek konsantrasyon olan 32.0 ng/l'ye maruz bırakılan bireylerin solungaç dokularında lamellerde şişme, solungaç lamellerinin kalınlaşması, lamellerin birleşmesi ve nekroz kaydedilmiştir. Bhavan ve Geraldine (2000)³⁵ yaptıkları bu çalışmada pestisit konsantrasyonuna bağlı olarak dokularda meydana gelen bozulmanın attığını bildirmişlerdir. Bulunan bu bulgu bizim yaptığımız çalışmadan elde edilen bulguları doğrulamaktadır. Endosulfan *G. kischineffensis* solungaçlarında da çeşitli bozukluklara yol açmıştır ve bu bozukluklar artan pestisit konsantrasyonlarıyla paralellik göstermektedir. Altınok ve Çapkın (2007)³⁷ yaptıkları bir çalışmada gökkuşuğu alabağını (*Oncorhynchus mykiss*) 21 gün boyunca endosulfanın sub-letal konsantrasyonlarına maruz bırakmışlar ve 0.6 ve 1.3 µg/l konsantrasyonlarında solungaçlardan alınan doku örneklerinde epitel ayrılması, hiperplazi, epitel hücrelerinde hipertrofi, birden fazla solungaç lamelinin birleşmesi ve nekroz kaydetmişlerdir.

Cengiz ve Ünlü (2002)³⁸ endosulfanın sub-letal dozlarına maruz bırakılan *G. affinis*'in solungaçlarında meydana gelen histopatolojik değişiklikleri incelemişlerdir. Sub-letal konsantrasyonlara maruz kalan balıkların solungaçlarında epitel nekrozisi, epitel ayrılması, epitel hücrelerinde hipertrofi, yakın sekonder lamellerin birleşmesi, ödem, primer lamelin hemoraji ve anevrizma olduğu kaydedilmiştir. Jonsson ve Toledo (1993)¹² zebra balığı (*B. Rerio*) ve sarı tetra (*H. bifasciatus*) dokuları üzerinde endosulfanın akut etkilerini araştırmışlar ve endosulfanın bu canlıların solungaçlarında iltihabik infiltrasyon,

ödem ve epitel hücrelerinin ayrılması gibi histopatolojik değişimlerin görüldüğünü bildirmişlerdir. Bernabo ve arkadaşları (2008)¹⁷ kara kurbağası olarak bilinen *B. bufo* larvaları üzerinde endosulfanın sub-letal konsantrasyonun solungaç dokularında meydana getirdiği değişimleri elektron mikroskopuyla incelemişler ve canlıların solungaçlarındaki mukus salgısının, solungaç hücrelerinde bulunan salgı keselerinin sayısının arttığını böylece bu canlıların yaptığı gaz alışverişinin azaldığını bildirmişlerdir. Sharma ve arkadaşları (2007)³⁹ endosulfanın bir tatlı su balığı olan *M. vittatus*'un solungaç, böbrek ve eritrositlerinde meydana getirdiği DNA hasarlarını incelemişler ve sub-letal konsantrasyona maruz kalan bireylerde 1 günde şiddetli DNA hasarları meydana geldiğini göstermişlerdir. Bu çalışmalarda görüldüğü gibi endosulfan çeşitli su canlılarının solungaçlarında bozukluklara ve bu canlıların bu bozukluklar yüzünden zarar görmesine neden olmaktadır. Endosulfan *G. kischineffensis* solungaçlarında da benzer etkilere neden olmuştur.

4.2.3. İndoxacarbın Subkronik Tosik Etkileri

Deney grupları: İndoxacarbın en düşük konsantrasyonu olan 0.002 mg/l konsantrasyonunda 7. günün sonunda solungaç dokularında hemositik infiltrasyona rastlanmıştır (Resim 14). Hemokoel boşluklarda daralma gözlenirse de bu kayda değer bir daralma değildir. 0.2 mg/l konsantrasyonunda pillar hücrelerinde vakuolleşme ve yine pillar hücrelerinde hemositik infiltrasyon kaydedilmiştir (Resim 15). 7. günün sonunda en şiddetli histopatolojik değişimler

2 mg/l konsantrasyonda gözlenmiştir. Bu değişimler vakuolleşme, hemokoellerde atrofi ve hemositik infiltrasyon olarak kaydedilmiştir (Resim 16).

14. günün sonunda en yüksek konsantrasyon olan 2 mg/l de hiçbir canlı yaşamadığı için bu gruptan histolojik bulgular elde edilememiştir. 14. günün sonunda indoxacarbın 0.02 konsantrasyonuna maruz kalan dokularda epitel hiperplazisi ve hemokoellerde atrofi gözlenmiştir (Resim 17). 0.2 mg/l konsantrasyonunda ise hemokoeller tamamen kaybolmuştur ve dokularda yüksek miktarda vakuolleşme meydana gelmiştir (Resim 19). Epitel oldukça kalınlaşmıştır. Kontrol gruplarında ise herhangi bir histolojik değişikliğe rastlanmamıştır.

İndoxacarbın canlıda meydana getirdiği histopatolojik değişimlere ilişkin çalışmalar oldukça azdır. Ayrıca Gammaridae familyası ile yapılmış histolojik çalışmalar oldukça azdır. Devi (2007)²¹ indoxacarbın subletal konsantrasyonlarının *C. punctatus* solungaçlarında meydana getirdiği histopatolojik değişimleri incelemiş ve indoxacarbın solungaçlarda sekonder lamellerde kısılmaya ve kıvrılmaya, komşu sekonder lamellerin birleşmesine, primer lamellerde nekroza neden olduğunu bildirmiştir. Hücrelerde hipertrofi, hiperplazi, vakuolizasyon, epitel ve pillar hücrelerinin dejenerasyonu diğer bulgular olarak kaydedilmiştir. İndoxacarb *G. kischineffensis* solungaç dokularında hemositik infiltrasyona, hemokoelik boşlukta daralmaya ve epitel hiperplazisine neden olmuştur. İndoxacarbın bu canlılarda meydana getirdiği histopatolojik bulgular Devi (2007)²¹'nin bulduğu histolojik değişimlere uymaktadır. Baticodos ve arkadaşları (1991)⁴⁰ yaygın şekilde kullanılan bir organofosfat olan guthionun subletal konsantrasyonlarının *P. monodon*

üzerindeki toksik etkisini incelemişler ve bu pestisit bu canlıların solungaç dokularında hafif bir hiperplaziye neden olduğunu göstermişlerdir. Roy ve Data Munshi (1991)⁴¹ malationun subletal dozlarının *C. mrigala* üzerindeki 48 saatlik etkisini incelemişler ve bu canlının solungaç epitellerinde inflamator değişimler ve hiperplazi olduğunu bildirmişlerdir. Velmurugan ve arkadaşları (2007a)⁴² sentetik bir piyetroid olan fenvaleratın sub-letal konsantrasyonlarına maruz bırakılan *C. mrigala*'nın solungaç, böbrek, karaciğer ve bağırsak dokularındaki histopatolojik değişiklikleri incelemişler ve bu pestisit bu canlıların solungaçlarında hiperplasi, deskuamasyon, epitel nekrozu, lamellar füzyon ve ödem meydana geldiğini kaydetmişlerdir. Velmurugan ve arkadaşları (2007b)⁴³ sentetik bir piyetroid olan lamda-siyalotrinin sub-letal konsantrasyonlarına maruz bırakılan *C. mrigala*'nın solungaç, böbrek, karaciğer ve bağırsak dokularındaki histopatolojik değişiklikleri incelemişler ve bu pestisit bu canlıların solungaçlarında hiperplasi, deskuamasyon, epitel nekrozu, lamellar füzyon, sekonder lamel kısalması ve ödem meydana getirdiğini kaydetmişlerdir. Guimaraes ve arkadaşları (2007)⁴⁴ bir organofosfat insektisit olan trichlorfonun *O. niloticus* üzerindeki etkileri incelemişlerdir. Bu incelemelerinin 0.25 mg/l trichlorfon konsantrasyonuna maruz kalan bireylerin asetilkolinesteraz aktivitesinin belirgin bir şekilde düştüğü gösterilmiştir. Yapılan bu çalışmalar indoxacarbın *G. kischineffensis* te meydana gelen değişikliklerle örtüşmektedir. İndoxacarb diğer pestistler gibi *G. kischineffensis* solungaçlarında histopatolojik değişiklikler meydana getirmiştir.

4.3. CANLILARDA GÖZLENEN DAVRANIŞ DEĞİŞİKLİKLERİ

Thiamethoxamın düşük konsantrasyonlarına (2.5 ve 5 mg/l) maruz bırakılan bireylerde ilk 24 saatte davranış değişiklikleri kaydedilmemiştir fakat deney süresi arttıkça canlılarda davranış değişiklikleri meydana gelmeye başlamıştır. Gözlemlenen davranış değişiklikleri şunlardır: hiperaktivite, sürüklenme, hareketsizlik ve prekopulasyon çiftlerinin çiftleşmeden önce ayrılmasıdır. Düşük konsantrasyonlarda çiftler 48 saat sonra ayrılmışlardır. Tüm konsantrasyonlarda 96 saat sonunda bütün prekopulasyon çiftlerinin ayrıldığı gözlenmiştir. En yüksek konsantrasyonlar olan 1000 ve 500 mg/l de prekopulasyon çiftlerinin tümü ilk 1 saat içinde ayrılmıştır. 80, 90 ve 100 mg/l konsantrasyonlarında birkaç saat içinde prekopulasyon çiftlerinin hepsinin ayrıldığı kaydedilmiştir. Amphipodların hareketlerindeki değişim çevresel stresi belirlemede iyi bir indikatördür (Rinderhagen ve ark., 2000)⁴⁵. Bu bağlamda canlılarda meydana gelen bir davranış değişikliği toksikolojik stresin belirlenmesinde kullanışlıdır. Prekopulasyon Gammaridae familyası için karakteristiktir. Prekopulasyonda erkek dişiyi dişi olgunlaşmaya kadar özel ekstremiteleriyle bedeninin altında taşır (Resim 19) ve çift birkaç gün beraber yüzer, dişi olgunlaşır olgunlaşmaz (dış kutikulasının atılması sırasında) birkaç saat içinde çiftleşme meydana gelir ve çift ayrılır (Malbouisson ve ark., 1995)⁴⁶. Bu periyot sırasında erkek dişiyi diğer erkeklere karşı korur. Bu yüzden bu davranış çiftleşme öncesi eş koruma safhası olarak da adlandırılır (Dunham, 1986)⁴⁷. Prekopulasyon çiftlerinin bozulması toksikolojik sonuç olarak sıklıkla kullanılır⁴⁵.

Borlakoğlu ve Kickuth (1990)⁴⁸ bir klorofenolik bileşiğe maruz kalan *Gammarus sp.* türlerinde kaçma reaksiyonu, yüzme davranışı, prekopulasyon

davranışı ve aktivite incelenmiş ve LC₅₀ değerinin %5'lik konsantrasyonunda bile davranış değişiklikleri kaydedilmiştir. McCahon ve arkadaşları (1991)⁴⁹ asit, alüminyum ve kirecin *G. pulex* üzerinde letal ve sub-letal etkilerini incelemişler. Bir tatlı su kaynağında alüminyum sülfat, sülfürik asit ve kireç oranlarını ölçerek tatlı su kaynağında bu kimyasallarla kirlenmiş ve kirlenmemiş bölgeler belirlemişler. Kirlenmiş bölgelere bırakılan prekopulatör *Gammarus sp.* çiftlerinin %90'ının 3 saat içinde ayrıldığını gözlemlemişler. Temiz bölgeye bırakılan *G. pulex* örneklerinin tekrar prekopülasyon çiftleri oluşturduğunu kaydetmişlerdir. Bu örneklerde de görüldüğü gibi çevresel stresin olduğu durumlarda canlıların yaptığı davranışlar thiamethoxamla yapılan bu deney ile uyusmaktadır.

Endosulfanın düşük konsantrasyonlarında bile canlılarda davranış değişiklikleri kaydedilmiştir. 1 ve 2.5 µg/l konsantrasyonlarında canlılardaki davranış değişiklikleri ilk 24 saat içinde gözlenmezken artan konsantrasyonlara paralel olarak davranış değişikliklerinin gözlenme sıklığı artmıştır. Prekopulasyon çiftleri endosulfanın düşük konsantrasyonlarında ilk 48 saat içinde korunmuştur. Fakat geçen süreye paralel olarak çiftlerin sayısında azalma meydana gelmiştir. 96 saat sonunda hiçbir grupta prekopulasyon çifti kalmamıştır. 2.5 µg/l konsantrasyonundan sonra prekopulatör çiftler pestisit uygulamasından kısa bir süre sonra ayrılmışlardır. En yüksek konsantrasyon olan 17.5 ve 20 µg/l konsantrasyonlarında pestisit uygulamasından sonra ilk 1 saat içinde prekopulatör çiftler ayrılmaya başlamış ve birkaç saat içinde hiçbir çift kalmamıştır. Jonsson ve Toledo (1993)¹² zebra balığı (*B. Rerio*) ve sarı tetra (*H. bifasciatus*) üzerine endosulfanın etkilerini incelemişler ve bu pestisit bu canlılarda hiperaktivite, düzensiz yüzme ve kasılma gibi davranış değişikliklerine neden olduğunu

bildirmişlerdir. Hii ve arkadaşları (2007)¹⁸ 0.42 µg/l konsantrasyona maruz bıraktıkları *M. albus* bireyelerinin 96 saat sonunda gösterdikleri davranış değişikliklerini kaydetmişler ve bu canlıların bu konsantrasyonda canlılarda düzensiz yüzme, huzursuzluk, dengesizlik, titreme ve uyuşukluk görüldüğünü bildirmişlerdir. Selvi ve arkadaşları (2004)⁵⁰ organofosfat bir insektisit olan temfosun lepistesler (*P. reticulata*) üzerinde meydana getirdiği akut davranış değişikliklerini incelemişler ve davranış değişimlerinin dozlamadan bir saat sonra başladığını kaydetmişlerdir. Canlılarda görülen davranış değişiklikleri denge kaybı, hareketsiz kalma, düzensiz yüzme, su yüzeyine toplanma, akvaryum tabanına sırt üstü uzanma, su içersinde dikey olarak asılı durma ve hareketsiz kaldıktan sonra aniden harekete geçme olarak bildirilmişler ve davranış değişikliklerinin artan pestisit konsantrasyonlarına paralel olarak şiddetlendiğini gözlemlemişlerdir. Yapılan bu çalışmalar diğer pestisitlerde olduğu gibi endosulfanın da canlılarda davranış değişikliklerine neden olduğunu göstermektedir.

İndoxacarb uygulamasında ilk 1 saat içinde canlılarda herhangi bir davranış değişikliği görülmemiştir. Fakat zaman geçtikçe canlıların davranışında değişiklikler meydana gelmiştir. Artan indoxacarb konsantrasyonlarında ölümler görülmeden önceki saatler içinde toksikolojik stresin bir ön belirtisi olarak prekopülasyon çiftlerinin ayrıldığı gözlemlenmiştir. 1 ve 5 mg/l konsantrasyonlarında deney sonuna kadar prekopülasyon çiftleri hala beraberken konsantrasyon arttıkça prekopülasyon çiftlerinde azalma gözlemlenmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda prekopülasyon çiftleri pestisit uygulamasından sonra birkaç saat içinde ayrılmışlardır. Bu çalışmada artan indoxacarb konsantrasyonlarında

ölümler görülmeden önceki saatler içinde prekopülasyon çiftlerinin ayrıldığı gözlemlenmiştir. 1 ve 5 mg/l konsantrasyonlarında deney sonuna kadar prekopulasyon çiftleri hala beraberken konsantrasyon arttıkça prekopulasyon çiftlerinde azalma gözlemlenmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda prekopulasyon çiftleri pestisit uygulamasından sonra birkaç saat içinde ayrılmışlardır. Cold ve Fobes'in (2004)⁵¹ yaptığı çalışmada pretroyit bir insektisit olan esfenvalerata maruz bırakılan *G. pulex* prekopulator çiftlerinin artan pestisit konsantrasyonuna bağlı olarak birkaç saat içinde ayrıldığını kaydetmişlerdir. Poulton ve Pascoe (1990)⁵² çevresel stresi belirlemede *G. pulex*'in prekopulasyon davranışını incelemişler ve artan kadmiyum konsantrasyonlarında prekopulasyon çiftlerinin birlikteliğinin ters orantılı olarak azaldığını bildirmişlerdir. Pascoe ve arkadaşları (1994)⁵³ laboratuvar ortamında ve doğal ortamda yaptıkları bir çalışmada *G. pulex*'de prekopülasyonun bozulmasını çevresel kirlenmeyi belirlemede sub-lethal bir ölçüm olarak kullanmışlardır. Laboratuvar ortamında yapılan çalışmada prekopulasyon çiftleri 3,4-dikoroanil, atrazin, bakır ve lindanın çeşitli konsantrasyonlarına maruz bırakılmış; artan toksikant konsantrasyonuna bağlı olarak prekopulasyon çiftlerinin ayrılma süresinin azaldığı rapor edilmiştir. Alan çalışmasında bir toksikantla kirlenmiş tatlı su kaynaklarından toplanmış *G. pulex* prekopulator çiftlerinin kirlenmemiş sulardan alınan örneklere göre daha çabuk ayrıldığı gözlemlenmiştir. Prekopulasyon çiftlerinin ayrılması indoxacarbın artan konsantrasyonlarında, konsantrasyonlarla doğru orantılı olarak artmıştır. Bulunan bu sonuç daha önceki çalışmaları desteklemektedir. Devi (2007)²¹ indoxacarbın *C. punctatus* üzerine toksik etkilerini incelemiş ve bu insektisite maruz kalan bireylerde kaslarda koordinasyon eksikliği, balıkların suyun yüzeyine yakın yerde

yüzmeleri hiper aktivite, denge kaybı, solungaçlarda aşırı mukus salgısı ve ölümden önce huzursuzluk görüldüğü rapor etmiştir.

TABLO VE ŞEKİLLER

Tablo 3. *G. kischineffensis*'te 24, 48, 72, 96 saatlik thiamethoxam konsantrasyonuna bağlı ölüm oranları.

Konsantrasyon (mg/l)	Ölüm Oranı (%)			
	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat
2.5	0	17	30	35
5	7	20	41	53
7.5	7	27	53	58
10	7	28	63	76
15	11	46	68	79
20	13	51	73	84
25	15	53	78	82
30	18	62	78	93
35	30	65	78	95
40	20	70	85	93
45	30	73	100	100
50	33	88	100	100
60	38	95	100	100
70	43	95	100	100
80	50	100	100	100
90	58	100	100	100
100	63	100	100	100
500	83	100	100	100
1000	100	100	100	100

Tablo 5. *G. kischineffensis*'te 24, 48, 72, 96 saatlik endosulfan konsantrasyonuna bağlı ölüm oranları.

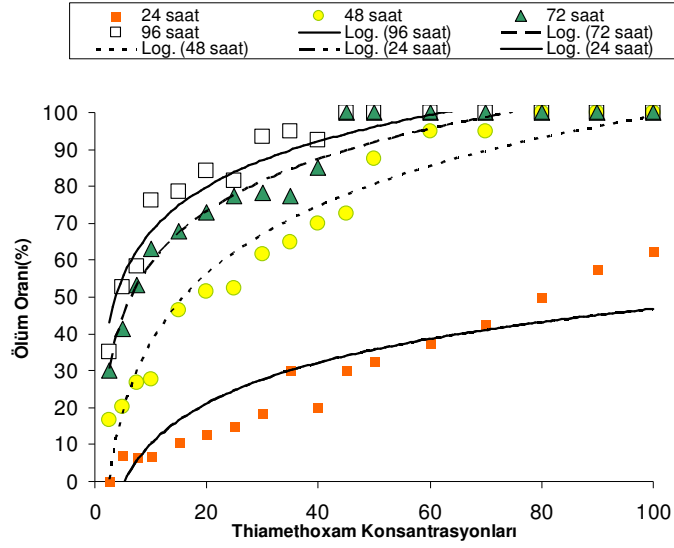
Konsantrasyon ($\mu\text{g/l}$)	Ölüm Oranı (%)			
	24h	48h	72h	96h
1	0	15	30	40
2.5	5	30	50	50
5	15	50	55	100
7.5	65	75	80	100
10	40	60	70	100
12.5	70	90	90	100
15	65	80	85	100
17.5	100	100	100	100
20	100	100	100	100

Tablo 4. Kimyasalların LC_{50} değerlerine göre zararlılık derecesi (Kannan, 1997)

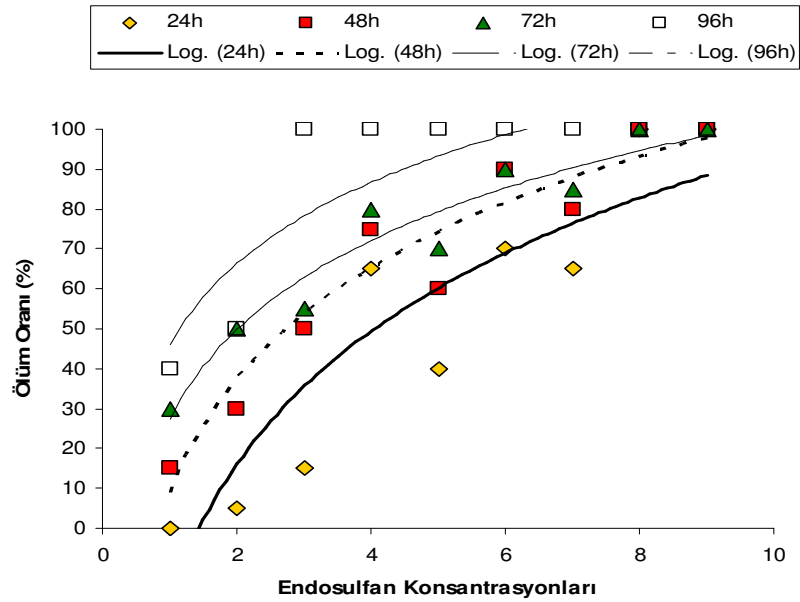
Zararlılık derecesi	$\text{LC}_{50}/\text{LD}_{50}$ mg/kg/ml/L
Aşırı derecede toksik	<1
Şiddetli derecede toksik	1-50
Orta dercede toksik	51-500
Az toksik	501-5000
Pratik olarak toksik değil	5001-15000
Nispeten zararsız	>15000

Tablo 6. *G. kischineffensis*'te 24, 48, 72, 96 saatlik indoxacarb konsantrasyonuna bağlı ölüm oranları.

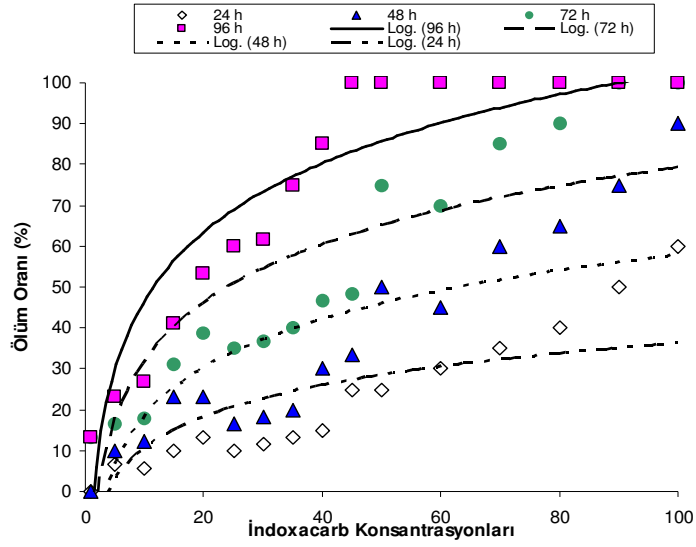
Konsantrasyon (mg/l)	Ölüm Oranı (%)			
	24 h	48 h	72 h	96 h
1	0	0	13	13
5	6	10	16	23
10	5	12	17	26
15	10	23	31	41
20	13	23	38	53
25	10	16	35	60
30	11	18	36	61
35	13	20	40	75
40	15	30	46	85
45	25	33	48	100
50	25	50	75	100
60	30	45	70	100
70	35	60	85	100
80	40	65	90	100
90	50	75	100	100
100	60	90	100	100



Şekil 1. *G. kischineffensis*'te thiamethoxam konsantrasyonuna bağlı ölüm oranı değişimi grafiği.

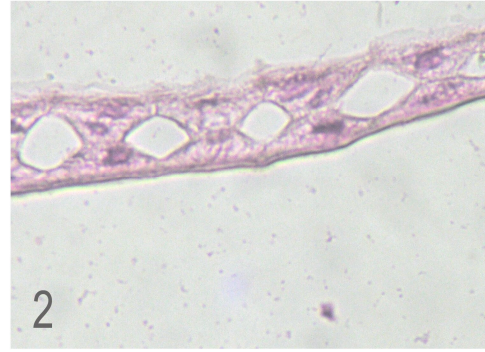


Şekil 2. *G. kischineffensis*'te endosulfan konsantrasyonuna bağlı ölüm oranı değişimi grafiği.



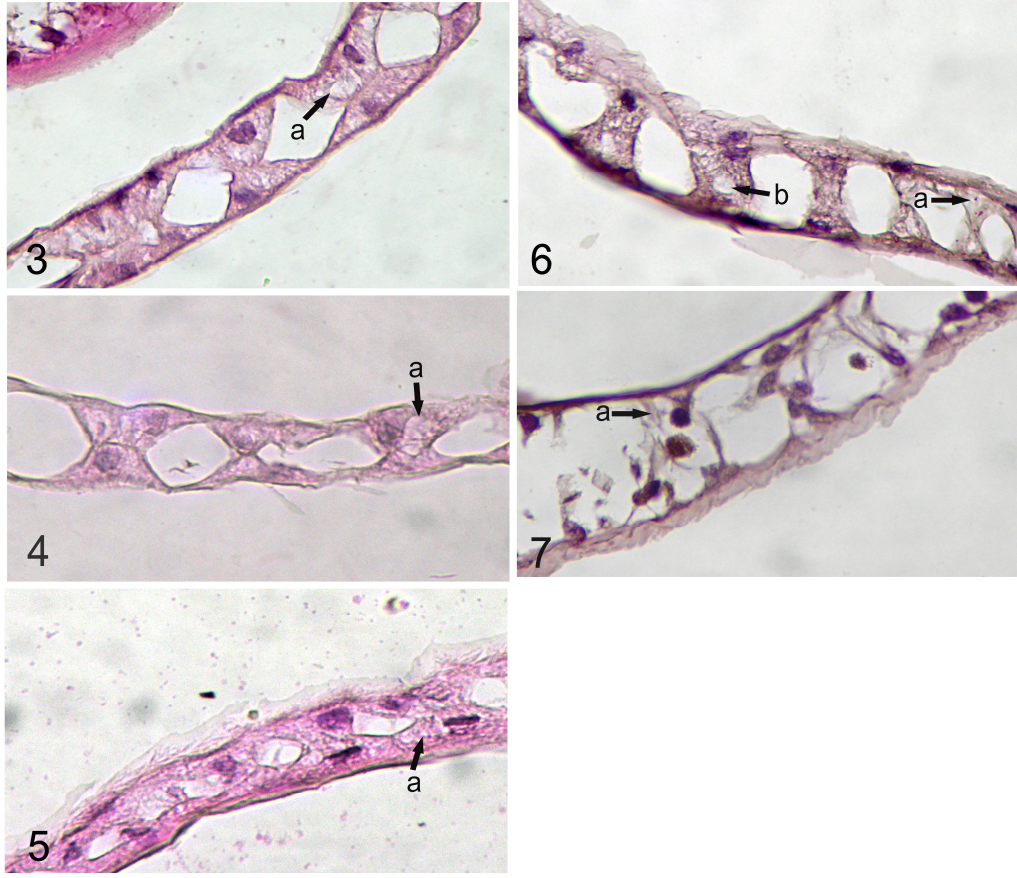
Şekil 3.G. *Kischineffensis*'te indoxacarb konsantrasyonuna bağlı ölüm oranı değişimi grafiği

RESİMLER



Resim 1. Kontrol grubuna ait solungacın histolojik yapısı. Hemokoel (a), kutikula tabakası (b), epitel tabakası (c), pillar hücresi (d).

Resim 2. Aseton kontrol grubuna ait solungacın histolojik yapısı



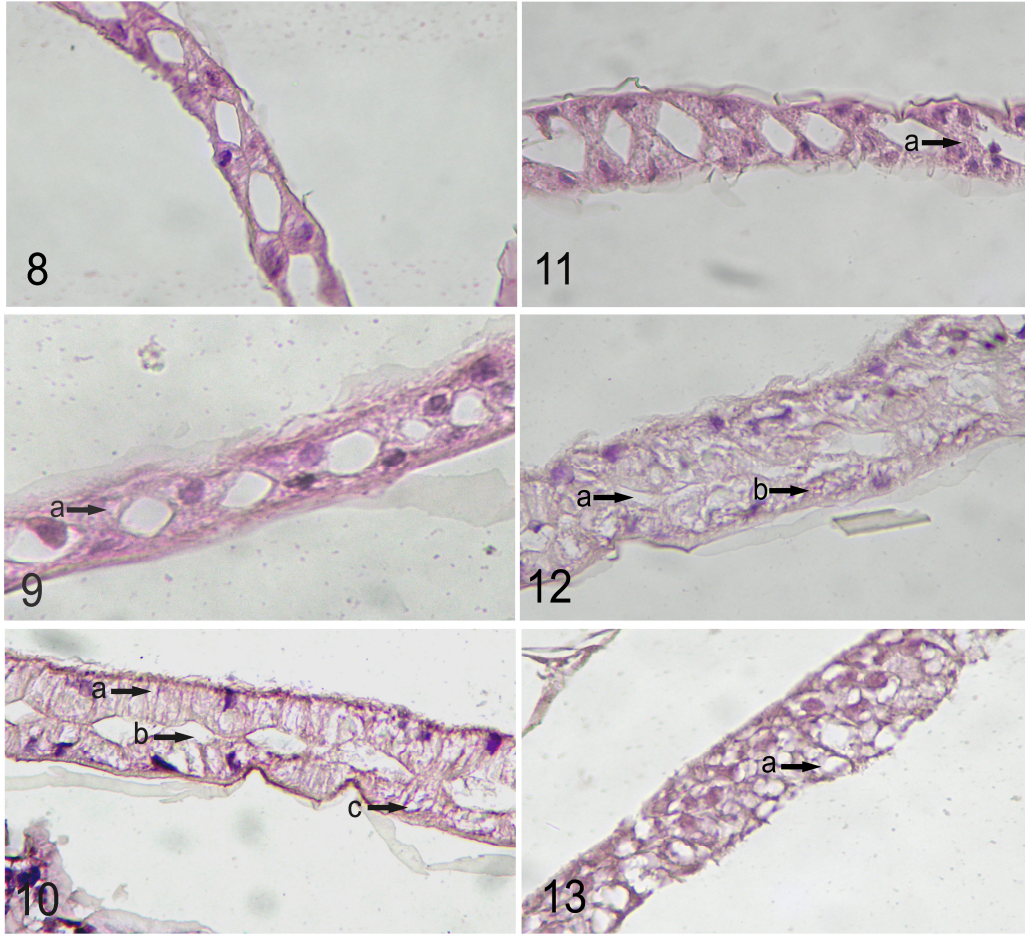
Resim 3. Thiamethoxam 7. gün 0.004 mg/l konsantrasyon. Vakuolleşme (a).

Resim 4. Thiamethoxam 7. gün 0.04 mg/l konsantrasyon. Vakuolleşme (a).

Resim 5. Thiamethoxam 7. gün 0.4 mg/l konsantrasyon. Hemositik infiltrasyon (a).

Resim 6. Thiamethoxam 14. gün 0.004 mg/l konsantrasyon. Hemositik infiltrasyon (a), vakuolleşme (b).

Resim 7. Thiamethoxam 14. gün 0.04 mg/l konsantrasyon. Nekroz (a).



Resim 8. Endosulfan 7. gün 0.00186 $\mu\text{g/l}$ konsantrasyon.

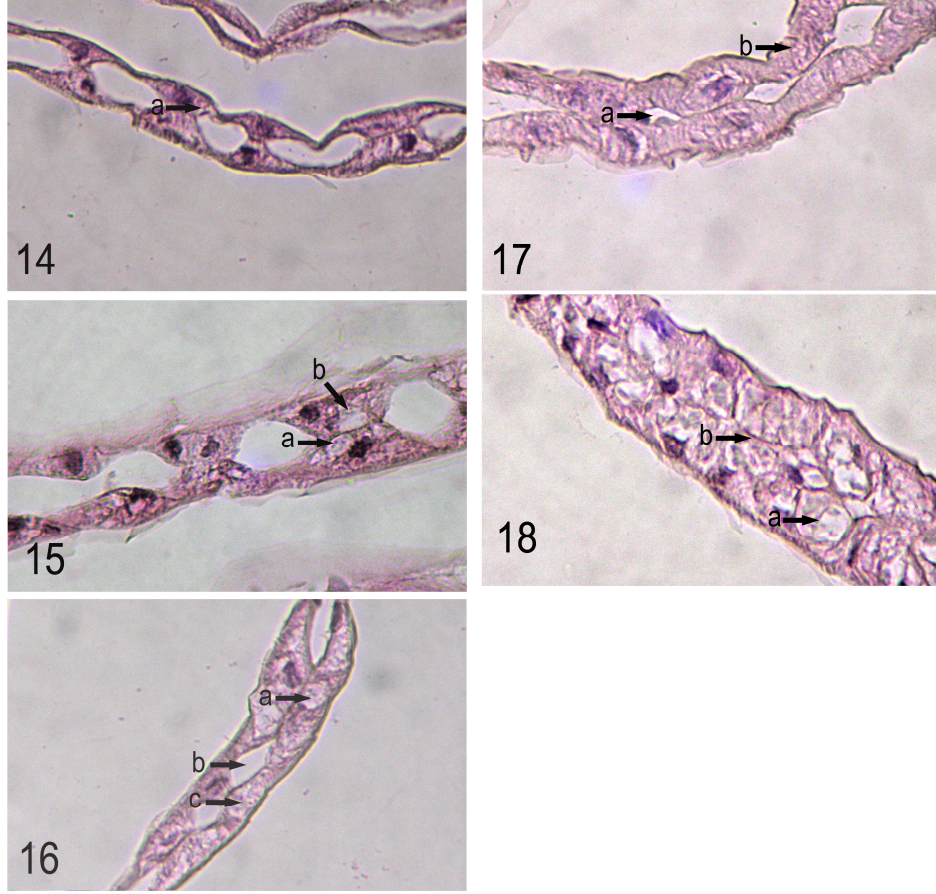
Resim 9. Endosulfan 7. gün 0.0186 $\mu\text{g/l}$ konsantrasyon. Hemositik infiltrasyon (a).

Resim 10. Endosulfan 7. gün 0.186 $\mu\text{g/l}$ konsantrasyon. Epitel hiperplazisi (a), hemokoellerde atrofi (b), pillar hücrelerinde vakuolleşme (c).

Resim 11. Endosulfan 14. gün 0.00186 $\mu\text{g/l}$ konsantrasyon. Pillar hücrelerinde hemositik infiltrasyon (a).

Resim 12. Endosulfan 14. gün 0.0186 $\mu\text{g/l}$ konsantrasyon. Hemokoellerde atrofi (a), Pillar hücrelerinde hemositik infiltrasyon (b).

Resim 13. Endosulfan 14. gün 0.186 $\mu\text{g/l}$ konsantrasyon. Vakuolleşme (a).



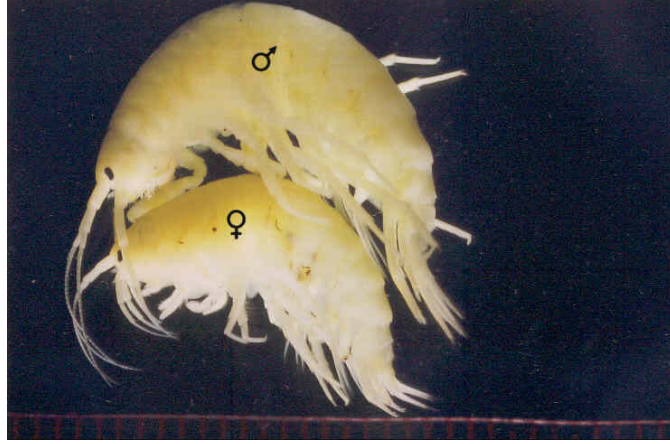
Resim 14. İndoxacarb 7. gün 0.02 mg/l konsantrasyon. Hemositik infiltrasyon (a).

Resim 15. İndoxacarb 7. gün 0.2 mg/l konsantrasyon. Hemositik infiltrasyon (a),

Resim 16. İndoxacarb 7. gün 2 mg/l konsantrasyon. Vakuolleşme (a), hemokoel atrofisi (b), hemositik infiltrasyon (c).

Resim 17. İndoxacarb 14. gün 0.02 mg/l konsantrasyon. Hemokoel atrofisi (a), epitel hiperplazisi (b).

Resim 18. İndoxacarb 14. gün 0,2 mg/l konsantrasyon. vakuolleşme (a), hemokoel atrofisi (b).



Resim 19. Prekopulator bir *Gammarus sp.* çifti

BÖLÜM KAYNAKLARI

1. Kannan,K.,*Fundamentals of environmental pollution*, S.Chand and Company L td., New Delhi, **2007**.
2. Antunes-Kenyon S.E, Kennedy G.,*Tiemethoxam: a new ingredient review for the Massachusetts Pesticid Board Subcommittee*, Massachusetts Pesticide Bureau,Department of food and agriculture, Massachusetts, USA, **2007**
3. Song MY, Stark JD, Brown JJ, *Comparative toxicity of four insecticides, including imidacloprid and tebufenozide to four aquatic arthropods. Environ Toxicol Chem*, **1997**, 16:2494–2500.
4. Cox C., *Insecticide factsheet: Imidacloprid. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides. J Pest Reform*, **2001**, 21:15–21
5. Jemec, A., Drobne, D., Tisler, T., Trebse, P., Ros,M., Sepcic, K., *The applicability of acetylcholinesterase and glutathione S-transferase in Daphnia magna toxicity test, Comp. Biochem. Physiol.*, **2007**, 144 C, 303–309.
6. Kidd H, James DR., *The Agrochemicals Handbook, 3rd ed.* The Royal Society of Chemistry, Unwin Brothers Limited, Old Woking, Surrey, UK, **1991**.

7. Stoughton S. J., Liber K., Culp J., Cessna A., *Acute and Chronic Toxicity of Imidacloprid to the Aquatic Invertebrates Chironomus tentans and Hyalella azteca under Constant- and Pulse-Exposure, Conditions Arch Environ Contam Toxicol*, **2008**, 54:662–673
8. Stark JD, Banks JE, “*Selective Pesticides*”: *Are They Less Hazardous to the Environment? BioScience*, **2001**, 51:980–982.
9. Amdur O. M., Curtis D.K. and Rozman K.,*The basic science of poisons, 4th, Pergamon press Inc, 1992, p.50.*
10. Cengiz E.İ; Ünlü E., *The Effect Of Different Consantrations Of Thiodan On The Mortality Rates Of Gambusia affinis And Gammarus Pulex, Biochem. Arhiv.*, **1999**, Vol. 15: 251-254.
11. Leight A K., Van Dolah R. F. *Acute Toxicity Of The Insecticides Endosulfan, Chlorpyrifos, and Malathion To The Epibenthic Estuarine Amphipod Gammarus palustris (bousfield) Environ. Toxicol.Chem. Artic.*, **1999**, Volume 18, Issue 5 pp. 958–964
12. Jonsson C. M., Toledo M. C. F., *Acute toxicity of endosulfan to the fish Hyphessobrycon bifasciatus and Brachydanio rerio, Archiv.Environ. Contam. Toxicol.*, **1993**, Volume 24, Number 2: 151-155.

13. Salvo L. M., Sinhorini I. L. Malucelli B. E., Klemz C., Sanchez D. C. O., Nicaretta L., Malucelli M. I. C., Bacila M., Assis H. C. S., *Effects of endosulfan sublethal concentrations on carp (Cyprinus carpio, Linnaeus, 1758): Morphometric, hystologic, ultrastructural analyses and cholinesterase activity evaluation Braz. J. vet. Res. anim. Sci., São Paulo, 2008, vol. 45, n. 2, p. 87-94,*
14. Tabanor M. E., Hyslope. J., *Acute Toxicity of Endosulfan to Three Freshwater Snails in Jamaica Caribbean Journal of Science, 2007, Vol. 43, No. 2, 277-279.*
15. Naqvi S. M., R. Hawkins, and N. H. Naqvi., *Mortality Response and LC50 values for juvenile and adult crayfish, Procamburus clarkia exposed to Thiodan (Insecticide), Treflan, MSMA, Oust (Herbicide) and Cutrine-plus (Algicide), Environ. Pollution, 1987, Vol. 48:275-283.*
16. Montagna M. C. and Collins P. A., *Survival and Growth of Palaemonetes argentinus (Decapoda; Caridea) Exposed to Insecticides with Chlorpyrifos and Endosulfan as Active Element. Archiv. Environ. Contam. Toxicol., 2007, Volume 53, Number 3/ 371-378.*
17. Bernabò I, Brunelli E, Berg C, Bonacci A, Tripepi S., *Endosulfan Acute Toxicity in Bufo bufo gills: ultrastructural Changes and Nitric Oxide Synthase Localizatio, Aquat. Toxicol., 2008, vol.18 86(3):447-56*

18. Hii Y. S. , Lee M. Y. and Chuah T. S., *Acute toxicity of organochlorine insecticide endosulfan and its effect on behaviour and some hematological parameters of Asian swamp eel (Monopterus albus, Zuiew) Pestic. Biochem. Physiol.*, 2007, Volume 89, Issue 1, Pages 46-53

19. Hetrick, J, W. Evans, and S. Abel., *Environmental Fate and Effects Division risk assessment for proposed new uses of indoxacarb on grapes, fire ants, mole crickets, alfalfa, peanut, soybeans, Brassica leafy vegetables (Group 5), and turnip greens.* U.S. EPA, **2005**, Washington, D.C.

20. Beketov M., Liess M.; *Potential of 11 Pesticides to Initiate Downstream Drift of Stream Macroinvertebrates*, Arch Environ Contam Toxicol ,**2008**, 55:247–253

21. Devi,V., *Studies on the impact of indoxacarb (Avaunt) a new generation insecticide on the freshwater Murrel Channa punctatus (bloch)*, Doktora Tezi, Acharya Nagarjuna Üniversitesi, Nagarjunnagar, Hindistan, 2007.

22. Zhao X; Nagata K; Marszalec W; Yeh JZ; Narahashi T., *Effects of the oxadiazine insecticide indoxacarb, DPX-MP062, on neuronal nicotinic acetylcholine receptors in mammalian neurons: Neurotoxicology* , **1999**, 20:561–570.

23. Steele D. H. and Steele V. J., *The structure and organization of the gills of Gammaridean Amphipoda*, *Journal of Natural History*, **1991**, 25, 1247-1258
24. Takeuchi I., Matsumasa M. and Kikuchi S. *Gill ultrastructure and salinity tolerance of Caprella spp. (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) inhabiting the Sargassum community* *Fish. Sci.*, **2003**; 69 : 966–973
25. Bernet, D., Schmidt, H., Meier, W., Burkhardt-Holm, P., Wahli, T., *Histopathology in Fish: Proposal for a Protocol to Assess Aquatic Pollution*. *J. Fish Dis.*, **1999**, 22, 1, 25-35.
26. Kumar, S., Pant, S.C., *Organal Damage Caused by Aldicarb to a Freshwater Teleost Barbus conchoniensis Hamilton*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **1984**, 33, 50-55.
27. Wood, C.M., *Branchial in and Acid-Base Transfer in Freshwater Teleost Fish: Environmental Hyperoxia as a Probe*. *Physiol zool.*, **1991**, 64,68-102.
28. Ghate, H.V., Mulherkar L., *Histological changes in the gills of two freshwater prawn species exposed to copper sulphate*, *Indian J. Exp. Biol.*, **1979**, 17, 838–840.

29. Green T. , ToghilA. I, Lee R. , Waechter F. , Weber E. , Peffer R. , Noakes J. , Robinson M. , *Thiamethoxam induced mouse liver tumors and their relevance to humans. Part 2: species differences in response. Toxicol Sci.* **2005**, 86 (1):48-55.
30. Cengiz E.İ., *Gill and kidney histopathology in the freshwater fish Cyprinus carpio after acute exposure to deltamethrin, Environ. Toxicol.Pharma.*,**2006**, 22 : 200–204.
31. Erkmen, B., Caliskan, M., Yerli, S.V., *Histopathological effects of cyphenothrin on the gills of Lebistes reticulatus, Vet. Hum. Toxicol*, **2000**, 42 (1), 5–7.
32. De Silva, P.M.C.S.; Samayawardhena, L.A., *Low concentrations of lorsban in water result in far reaching behavioral and histological effects in early life stages in guppy. Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2002**, 53, 248–254.
33. Dass, B.K., Mukherjee, S.C., *A histopathological study of carp (Labeo rohita) exposed to hexachlorocyclohexane, Veterinarski. Arhiv.*, **2000**, 70, 169–180.
34. Soegianto A., Daures M. C., Trilles J P. and Charmantier G., *impact of copper on the structure of gills and epipodites of the shrimp Paneus japonicus (decapoda), jour. Crusta. Biol.*, **1999**, 19 (2):209-223.

35. Li N., Zhao Y., Yang J., *Impact of Waterborne Copper on the Structure of Gills and Hepatopancreas and Its Impact on the Content of Metallothionein in Juvenile Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Crustacea: Decapoda)* *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **2007**, 52, 73–79
36. Bhavan P. S; Geraldine P., *Histopathology of the hepatopancreas and gills of the prawn *Macrobrachium malcolmsonii* exposed to endosulfan*, *Aquatic Toxicology*, **2000**, 50:331–339
37. Altınok I. and Çapkin E., *Histopathology of Rainbow Trout Exposed to Sublethal Concentrations of Methiocarb or Endosulfan*, *Toxicologic Pathology*, **2007**, 35:405–410.
38. Cengiz E. I., Unlu E. *Histopathological Changes in the Gills of Mosquitofish, *Gambusia affinis* Exposed to Endosulfan* *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **2002**, 68:290–296
39. Sharma S., Nagpur N. S., Kumar R. Pandey S., Srivastava S. K., Singh P. J., Mathur P. K., *Studies on the Genotoxicity of Endosulfan in Different Tissues of Fresh Water Fish *Mystus vittatus* Using the Comet Assay*, *Arch Environ Contam Toxicol*, **2007**, 53, 617–623

40. Baticodos M., Cecilia L., Leonor A.T., *Effects of gusathion as the survival and shell quality of juvenile Panaeus monodon*, *Aquaculture*, **1991**, 93(1): 9-20.
41. Roy P.K. and Munshi D.J.S, *Malathion induced structural and morphometric changes in gills of a freshwater major carp Cirrihinus mrigala (Ham)*, *J. Environ. Biol.*, **1991**, 12(1): 79-87.
42. Velmurugan B., Selvanayagam M., Cengiz E. I. , Unlu E, *The effects of fenvalerate on different tissues of freshwater fish Cirrhinus mrigala* *Journal of Environmental Science and Health Part B*, **2007a**, 42, 157–163
43. Velmurugan B., Selvanayagam M., Cengiz E. I. , Unlu E., *Histopathology of lambda-cyhalothrin on tissues (gill, kidney, liver and intestine) of Cirrhinus mrigala* *Environmental Toxicology and Pharmacology*, **2007b**, 24,286–291
44. Guimaraes A.T.B., Silva H.C. de Assisb, Boegera W., *The effect of trichlorfon on acetylcholinesterase activity and histopathology of cultivated fish Oreochromis niloticus* *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **2007**, 68, 57–62

45. Rinderhagen, M., Ritterhoff J. and Zauke G. P.,.. *Crustaceans as Bioindicators. Biomonitoring of Polluted Water – Reviews on Actual Topics* (A. Gerhardt, ed.), *Trans Tech Publications – Scitech Publications, Environmental Research Forum*, **2000**, Vol. 9, p. 161-194.
46. Malbouisson, J.F.C., Young, T.W.K., Bark, A.W., *Use of feeding rate and re pairing of precopulatory Gammarus pulex to assess toxicity of gamma-hexachlorocyclohexane (Lindane).* *Chemosphere*, **1995**, 30, 1573–1583.
47. Dunham,P.J, *Mate Guaring In Ampipods:A Role For Brood Pouch Stimuli*, *Biol. Bull.*, **1986**, 170:526-531.
48. Borlakoglu J.T. and Kickuth R., *Behavioral changes in Gammarus pulex and its significance in the toxicity assessment of very low levels of environmental pollutants.* *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **1990**, 45, 258-265.
49. McCahon C.P., Poulton M.J., Thomas P.C., Xu Q., Pascoe D. and Turner C., *Lethal and sub-lethal toxicity of field simulated farm waste episodes to several freshwater invertebrate species.* *Water Research*, **1991**, 25, 661-671.
50. Selvi M., Sarıkaya R., Erkoç,F., *Acute behavioral changes in the guppy (Poecilia reticulata) exposed to temephos*, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, **2004**, 17(4): 15-19

51. Cold A.; Forbes V. E., *Consequences of a short pulse of pesticide exposure for survival and reproduction of Gammarus pulex*, *Aqua. Toxicol.*, **2004**, 67: 287–299.

52. Poulton M. and Pascoe D., *Disruption of precopula in Gammarus pulex (L.) – Development of a behavioural bioassay for evaluating pollutant and parasite induced stress*, *Chemosphere*, **1990**, 20, 403-415.

53. Pascoe D., Kedwards T.J., Maund S.J., Muthi E. and Taylor E.J., *Laboratory and field evaluation of a behavioural bioassay - The Gammarus pulex (L.) precopula separation (GaPPS) test*, *Water Research*, **1994**, 28, 369-372.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaptığımız bu çalışma sonucunda indoxacarb, thiamethoxam ve endosulfan içerikli üç ticari insektisidin akut toksisiteleri belirlendi ve elde edilen bulgular ışığında bu pestisitlerin doğada akuatik canlılara ne kadar tehlikeli olabileceği gösterildi. Yapılan çalışmalar sonucunda thiamethoxamın 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC₅₀ değerleri sırasıyla 75.619, 23.505, 8.048 ve 3.751 mg/l bulunmuştur.

Thiamethoxamın *G.kischineffensis* için şiddetli derecede toksik olduğu 96 saatlik LC₅₀ değeri sonucu görülmektedir. Eğer thiamethoxam her hangi bir yolla bir su ekosistemine ulaşırsa bu ekosistemde bulunan *G.kischineffensis* popülasyonunda akut ölümlere yol açabilmesi için çokta yüksek olmayan miktarlarda suya karışması yeterli olacaktır.

Thiamethoxam yeni nesil bir insektisittir. Bu yüzden bu pestisitinin canlılarda meydana getirdiği toksik etkilere dair yapılan çalışmalar oldukça azdır. Sucul canlılarla yapılan sınırlı sayıda çalışmada bu pestisitinin toksisitesinin balık ve bazı kabuklular için fazla yüksek olmadığı görülmektedir. Fakat yaptığımız çalışmada thiamethoxamın *G.kischineffensis* için şiddetli derecede toksik olduğu belirlenmiştir. Bu durumda *G.kischineffensis* bu pestisitinin kirlenmesinden en fazla etkilenecek canlı gruplarında yer alacaktır. Thiamethoxamın fare, köpek ve tavşan gibi memeliler için toksisitesine ilişkin yapılan çalışmalardan elde edilen verilerden anlaşıldığı üzere memelilerin bu pestisite toleransı oldukça yüksektir (Antunes-Kenyon ve Kennedy, 2001)¹. Thiamethoxamın canlılarda meydana getirdiği histopatolojik değişimlere ilişkin çalışmalar oldukça azdır. Fakat ratlarda yapılan histolojik çalışmalar bu pestisitinin kronik uygulamalarında ratların

karaciğerlerinde histopatolojik değişimlere ve hatta tümörlere yol açtığı gösterilmiştir (Green ve ark., 2005)². Thiamethoxamın genotoksik bir etkisi olabilir. Sucul canlıların dokularında thiamethoxamın meydana getirdiği değişimlere ilişkin çalışmalara literatürde rastlanmamıştır. Ancak thiamethoxamın bir sentetik kimyasal olduğu düşünüldüğünde tıpkı diğer pestisitler gibi canlılarda histolojik değişimlere neden olacağı varsayılmıştır. Nitekim yaptığımız çalışmada bu varsayımı destekleyecek sonuçlar elde edilmiştir. Thiamethoxamın sub-letal konsantrasyonlarının 14 günlük uygulamasından sonra *G.kischineffensis* solungaçlarında histopatolojik değişimlere rastlanmıştır. Solungaç dokularında en fazla rastlanan histopatolojik değişim hemositik infiltrasyon ve vakuolleşme olarak kaydedilmiştir. Hemositik infiltrasyon kanın hemokoele boşluklardan çıkıp doku hücreleri arasına sızmasıdır. Bu durum sonucunda dokular şişmekte ve canlının oksijen alışverişi azalmaktadır.

Thiamethoxamın su canlılarında meydana getirdiği toksik etkilere dair çalışmalar az olduğundan literatüre daha fazla veri girişi sağlamak açısından bu pestisit hassas canlılardaki toksisitesine ilişkin çalışmalara ağırlık verilmelidir. Yapılan araştırmalarda bu konuyla ilgili bir eksiklik olduğu belirlenmiştir. Özellikle bu pestisit sucul invertebratlardaki metabolizyonu daha iyi araştırılmalı ve toksik etkilerine dair daha çok çalışma yapılmalıdır. Gammaridae familyasına ait farklı türler için bu pestisit LC₅₀ değerleri belirlenmeli ve bu bulgular daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırılıp elde edilen sonuçların doğruluğu değerlendirilmelidir. Bu pestisit canlılarda meydana getirdiği histolojik değişikliklerle ilgili çalışmalara ağırlık verilmelidir.

Endosulfan oldukça toksik bir kimyasaldır. Bu kimyasal bazı Avrupa ülkelerinde yasaklanmış olmasına rağmen Türkiye’de hala kullanılmaktadır. Yaptığımız çalışmada endosulfanın *G.kischineffensis* için 24, 48, 72 ve 96 saatlik LC₅₀ değerleri sırasıyla 9.814, 5.981, 3.754 ve 1.861 µg/l olarak bulunmuştur. Bulunan 96 saatlik LC₅₀ değerine göre endosulfan *G.kischineffensis* için aşırı derecede toksiktir. Endosulfanın sadece Gammaridae familyası için değil birçok sucul canlı için toksisitesi oldukça yüksektir. Bu pestisit bir su ekosisteminde *G.kischineffensis* popülasyonunda akut ölümcül etkilere sahip olabilmesi için çok düşük miktarlarda suya karışması yeterli olacaktır. Bu da bu pestisit toksisitesinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Literatürde endosulfanın toksik etkileri ile ilgili yeterince çalışma bulunmaktadır. Endosulfanın sucul canlılar, özellikle balıklar, üzerindeki toksik etkileri iyi bilinmesine rağmen sucul sistemlerin hassas canlıları olan Amphipod grubuna ait toksik değerlendirmesi ile ilgili çalışmalar literatürde azdır (Cengiz ve Ünlü, 1999)³. Bu konuyla ilgili daha çok çalışma yapılmalıdır. Çünkü Amphipodlar su ekosistemlerinde oldukça önemli görevler üstlenmiş canlılardır. Bu canlıların çoğu buldukları ekosistemin durumunu gösteren indikatör türlerdir (Rinderhagen ve ark.,2000)⁴. Bu yüzden Amphipodlar ile yapılacak çalışmalar su ekosistemlerinin korunmasında önemli bir yere sahip olacaktır.

Endosulfanın sub-letal konsantrasyonlarıyla yapılan kronik çalışmalarda bu pestisidin canlılar üzerinde histolojik ve biyokimyasal değişiklikler yaptığı gösterilmiştir (Braunbeck ve Appelbaum, 1999⁵; Otludil ve ark., 2004⁶; Rao, 2006⁷). Yaptığımız çalışmada endosulfanın *G.kischineffensis* solungaçlarında histopatolojik değişimlere neden olduğu gösterilmiştir. En şiddetli değişimler bu

pestisidin en yüksek konsantrasyonunda ve 14. günde gözlenmiştir. Canlıların solungaçlarında görülen değişimler pillar hücrelerinde hemositik infiltrasyon, epitelium hiperplazisi, hemokoellerde atropi ve vakuolleşme olarak kaydedilmiştir. Hiperplazi doku hücrelerin aşırı çalışmasına bağlı olarak dokudaki hücre sayısının anormal bir şekilde artması sonucu dokunun genişlemesidir (Bernet ve ark., 1999⁸). Epitel hücrelerinin aşırı hiperplazisi, toksikant girişini azaltmak için solungaç ve dolayısı ile solunum yüzeyini en aza indirmeye hizmet etmektedir (Heath, 1987⁹). Bu değişimler sucul canlılarda bir savunma mekanizmasıdır. Ancak toksikanta maruziyetin artmasıyla değişimler kalıcı hale gelir ve canlının yaşamını tehdit eder. Endosulfanın çok düşük konsantrasyonları bile *G.kischineffensis* solungaç dokusu üzerine toksik etki yapmıştır.

İndoxacarbın *G.kischineffensis* için 24, 48, 72, ve 96 saatlik LC₅₀ değerleri sırasıyla 89.243, 59.432, 37.351 ve 20.212 mg/l olarak bulunmuştur. Çalışılan pestisitler arasında *G.kischineffensis* üzerinde toksik etkisi en az olan kimyasalın indoxacarb olduğu kaydedilmiştir. Ancak yinede indoxacarb *G.kischineffensis* için şiddetli derecede toksik kimyasallar arasına girmektedir (Kanan, 1997¹⁰). Bir su ekosisteminde akut ölümler meydana getirecek kadar toksik olabilmesi için bu pestisit nispeten yüksek miktarlarda su ekosistemine karışması gerekmektedir. İndoxacarb tıpkı thiamethoxam gibi yeni nesil bir insektisittir ve oldukça spesifik bir aktiviteye sahiptir. Bu spesifikliğı bu pestisit zararsız olarak nitelendirilmesine neden olmaktadır. Fakat su canlılarıyla yapılan önceki çalışmalarda bu pestisit, özellikle balıklar için oldukça toksik olduğu gösterilmiştir (Devi, 2007¹¹). Literatürde indoxacarbın sucul canlılar üzerine olan toksik etkilerine dair çalışmalar oldukça azdır. Bu pestisit sucul canlılar üzerine

olan toksisitesinin daha iyi anlaşılması için daha fazla çalışma yapılmalı, bu çalışmalar önceden elde edilmiş bulgularla karşılaştırılmalı ve yapılan karşılaştırmalar sonucunda pestisit toksisitesine ilişkin daha verimli bilgiler elde edilmelidir. Özellikle indoxacarbın indikatör kabuklulara olan etkileri belirlenmelidir.

İndoxacarbın akuatik canlılarda meydana getirdiği histolojik değişimlere ilişkin veriler oldukça azdır. Ancak yapılan sınırlı sayıda çalışmada indoxacarbın balıkların dokularında histolojik değişimlere neden olduğu gösterilmiştir (Devi, 2007¹¹). Bizim yaptığımız çalışma bu bulguları destekler niteliktedir. İndoxacarb *G.kischineffensis* solungaçlarında bazı histopatolojik değişimlere neden olmuştur. Bu değişimler hemositik infiltrasyon, hemokoel atropisi, epitelyum hiperplazisi ve vakuolleşme olarak gözlenmiştir. Bu değişimler artan pestisit konsantrasyonu ve zamanla doğru orantılı olarak şiddetlenmiştir.

Gammaridae familyasına ait bireylerin organ dokularına ilişkin histolojik bilgiler yok denecek kadar azdır. Bu alanda daha fazla çalışma yapılmalıdır. Yapılacak çalışmalar bu canlıların dokularıyla ilgili ışık mikroskobu çalışmalarına yol gösterecek nitelikte olmalıdır. Ayrıca Güney Doğu Anadolu tatlı su rezervlerinde bulunan ve bilinmeyen kabuklu canlılara ait sistematik çalışmalara ağırlık verilmeli ve bilinmeyen kabuklu türleri teşhis edilmelidir. Ayrıca daha ileriki çalışmalarda kimyasalların bu canlılar üzerindeki etkisi daha derinlemesine araştırılmalı ve hatta bu canlıların DNA yapılarında meydana gelecek değişimlere kadar inilmelidir.

BÖLÜM KAYNAKLARI

1. Antunes-Kenyon S.E, Kennedy G., *Tiemethoxam: a new ingredient review for the Massachusetts Pesticide Board Subcommittee, Massachusetts Pesticide Bureau, Department of food and agriculture, Massachusetts, USA, 2007*
2. Green T. , ToghilA. I, Lee R. , Waechter F. , Weber E. , Peffer R. , Noakes J. , Robinson M. , *Thiamethoxam induced mouse liver tumors and their relevance to humans. Part 2: species differences in response. Toxicol Sci. 2005, 86 (1):48-55*
3. Cengiz E.İ; Ünlü E., *The Effect Of Different Concentrations Of Thiodan On The Mortality Rates Of Gambusia affinis And Gammarus Pulex, Biochemical Archives, 1999, Vol. 15: 251-254.*
4. Rinderhagen, M., Ritterhoff J. and Zauke G. P.,.. *Crustaceans as Bioindicators. Biomonitoring of Polluted Water – Reviews on Actual Topics (A. Gerhardt, ed.), Trans Tech Publications – Scitech Publications, Environmental Research Forum, 2000, Vol. 9, p. 161-194.*
5. Braubeck T., Apelbaum S., *Ultrastructural alterations in the liver and intestine of carp Cyprinus carpio induced orally by ultra-low doses of endosulfan in aquatic organisms, 1999, Vol. 36: 183-200.*

6. Otludil B., Cengiz E. I., Yildirim M. Z. , Unver O., Unlu E. *The effects of endosulfan on the great ramshorn snail Planorbis corneus (Gastropoda, Pulmonata): a histopathological study*, *Chemosphere*, **2004**, 56,707–716
7. Rao J. V. *Biochemical alterations in euryhaline fish, Oreochromis mossambicus exposed to sub-lethal concentrations of an organophosphorus insecticide, monocrotophos* *Chemosphere*, **2006**, 65, 1814–1820
8. Bernet D., Schmit H., Meier W., Holm B.p. and Wahli T., *histopathology in fish: proposal for a protocol to assess aquatic pollution*, *Journal of Fish Diseases*, **1999**, 22, 25-34.
9. Heath, A.G., *Water Pollution and Fish Physiology*, CRC Press Inc., Florida, 1987
10. Kannan, K., *Fundamentals of environmental pollution*, S.Chand and Company L td., New Delhi, **2007**.
11. Devi, V., *Studies on the impact of indoxacarb (Avaunt) a new generation insecticide on the freshwater Murrel Channa punctatus (bloch)*, Doktora Tezi, Acharya Nagarjuna Üniversitesi, Nagarjunnagar, Hindistan, 2007.

KAYNAKLAR.

Amdur O. M., Curtis D.K. and Rozman K., *The basic science of poisons, 4th*, Pergamon press Inc, **1992**, p.50.

Altınok I. AND Çapkin E., *Histopathology of Rainbow Trout Exposed to Sublethal Concentrations of Methiocarb or Endosulfan, Toxicologic Pathology*, **2007**, 35:405–410.

Antunes-Kenyon S.E, Kennedy G., *Tiemethoxam: a new ingredient review for the Massachusetts Pesticide Board Subcommittee, Massachusetts Pesticide Bureau, Department of food and agriculture, Massachusetts, USA, 2007*

American Public Health Association (APHA), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, 1998*, 20th Edition.

Baticodos M., Cecilia L., Leonor A.T., *Effects of gusathion as the survival and shell quality of juvenile Panaeus monodon, Aquaculture, 1991*, 93(1): 9-20.

Beketov M., Liess M.; *Potential of 11 Pesticides to Initiate Downstream Drift of Stream Macroinvertebrates, Arch Environ Contam Toxicol, 2008*, 55:247–253

Bernabò I, Brunelli E, Berg C, Bonacci A, Tripepi S., *Endosulfan Acute Toxicity in Bufo bufo gills: ultrastructural Changes and Nitric Oxide Synthase Localizatio, Aquat. Toxicol., 2008*, vol.18 86(3):447-56

Bernet D., Schmit H., Meier W., Holm B.p. and Wahli T., *histopathology in fish:proposal for a protocol to assessaquatic polution*, *Journal of Fish Diseses*, **1999**, 22, 25-34.

Bhavan P. S; Geraldine P., *Histopathology of the hepatopancreas and gills of the prawn *Macrobrachium malcolmsonii* exposed to endosulfan*, *Aquatic Toxicology*, **2000**, 50:331–339

Boateng J. O; Nunoo1 F. K. E; Dankwa H. R.; Ocran M. H., *Acute Toxic Effects of Deltamethrin on Tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758): West Africa* *Journal of Applied Ecology (WAJAE) –ISSN,2006*, Volume 9: 0855-4307

Borlakoglu J.T. and Kickuth R., *Behavioral changes in *Gammarus pulex* and its significance in the toxicity assessment of very low levels of environmental pollutants*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **1990**, 45, 258-265.

Braubeck T., Apelbaum S., *Ultrastructural alterations in the liver and intestineof carp *Cyprinus carpio* induced orally by ultra-low doses of endosulfan diseases of aquatic organisms*, **1999**, Vol. 36: 183-200.

Cengiz E.İ., *Gill and kidney histopathology in the freshwater fish *Cyprinus carpio* after acute exposure to deltamethrin*, *Environmental Toxicology and Pharmacology*,**2006**, 22 : 200–204.

Cengiz E. I., Unlu E. *Histopathological Changes in the Gills of Mosquitofish, Gambusia affinis Exposed to Endosulfan Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **2002**, 68:290–296

Cengiz E.İ; Ünlü E., *The Effect Of Different Consantrations Of Thiodan On The Mortality Rates Of Gambusia affinis And Gammarus Pulex, Biochemical Archives*, **1999**, Vol. 15: 251-254.

Cold A.; Forbes V. E., *Consequences of a short pulse of pesticide exposure for survival and reproduction of Gammarus pulex, Aquatic Toxicology*, **2004**, 67: 287–299.

Cox C., *Insecticide factsheet: Imidacloprid. Northwest Coalition for Alternatives to Pesticides. J Pest Reform*, **2001**, 21:15–21

Dass, B.K., Mukherjee, S.C., *A histopathological study of carp (Labeo rohita) exposed to hexachlorocyclohexane, Veterinarski. Arhiv.*, **2000**, 70, 169–180.

Delen N.; Durmuşoğlu E.; Güncan A.; Güngör N.; Turgut C.; Burçak A., *Türkiye’de pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmada duyarlılık azalması sorunları*, Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongre.

De Silva, P.M.C.S.; Samayawardhena, L.A., *Low concentrations of lorsban in water result in far reaching behavioral and histological effects in early life stages in guppy. Ecotoxicol. Environ. Saf.* **2002**, 53, 248–254.

Devi, V., *Studies on the impact of indoxacarb (Avaunt) a new generation insecticide on the freshwater Murrel Channa punctatus (bloch)*, Doktora Tezi, Acharya Nagarjuna Üniversitesi, Nagarjunnagar, Hindistan, **2007**.

Devine G. J. and Furlong M. J, *Insecticide use: Contexts and ecological consequences, Agriculture and Human Values*, **2007**, 24:281–306

De Waard, M. A.; Georgopoulos S. G.; Hollaman D.W.; Ishii H.; P., Leroux Ragsdale N. N.; Schwinin F. J., *Chemical control of plant diseases: Problem and prospects, Annu. Rev. Phytopathol.*, **1993**, 31: 403-421.

Dunham, P.J, *Mate Guarding In Ampipods: A Role For Brood Pouch Stimuli*, *Biol. Bull.*, **1986**, 170:526-531.

Erkmen, B., Caliskan, M., Yerli, S.V., *Histopathological effects of cyphenothrin on the gills of Lebistes reticulatus*, *Vet. Hum. Toxicol*, **2000**, 42 (1), 5–7.

Finney, D. J., *Probit Analysis.*, Cambridge University Press., Cambridge, England, 1952.

Ghate, H.V., Mulherkar L., *Histological changes in the gills of two freshwater prawn species exposed to copper sulphate, Indian J. Exp. Biol.*, **1979**, 17, 838–840.

Green T. , ToghilA. I, Lee R. , Waechter F. , Weber E. , Peffer R. , Noakes J. , Robinson M. , *Thiamethoxam induced mouse liver tumors and their relevance to humans. Part 2: species differences in response. Toxicol Sci.* **2005**, 86 (1):48-55.

Guimaraes A.T.B., Silva H.C. de Assisb, Boegera W., *The effect of trichlorfon on acetylcholinesterase activity and histopathology of cultivated fish Oreochromis niloticus Ecotoxicology and Environmental Safety*, **2007**, 68, 57–62

Gurr, E.. *Biological Staining Methods. Kent Printers., 143. Tonbridge hematoksilen eozin boyaması*, **1972**.

Heath, A.G., *Water Pollution and Fish Physiology*, CRC Press Inc.. Florida,**1987**

Hetrick, J, W. Evans, and S. Abel., *Environmental Fate and Effects Division risk assessment for proposed new uses of indoxacarb on grapes, fire ants, mole crickets, alfalfa, peanut, soybeans, Brassica leafy vegetables (Group 5), and turnip greens. PC Code 067710. U.S. EPA*,**2005**, Washington, D.C.

Hii Y. S., Lee M. Y. and Chuah T. S., *Acute toxicity of organochlorine insecticide endosulfan and its effect on behaviour and some hematological parameters of Asian swamp eel (Monopterus albus, Zuiew) Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2007, Volume 89, Issue 1, Pages 46-53

Jemec, A., Drobne, D., Tisler, T., Trebse, P., Ros, M., Sepcic, K., *The applicability of acetylcholinesterase and glutathione S-transferase in Daphnia magna toxicity test, Comp. Biochem. Physiol.*, **2007**, 144 C, 303–309.

Jonsson C. M., Toledo M. C. F., *Acute toxicity of endosulfan to the fish Hyphessobrycon bifasciatus and Brachydanio rerio, Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **1993**, Volume 24, Number 2: 151-155.

Kannan, K., *Fundamentals of environmental pollution*, S.Chand and Company L td., New Delhi, **2007**.

Kidd H, James DR., *The Agrochemicals Handbook, 3rd ed.* The Royal Society of Chemistry, Unwin Brothers Limited, Old Woking, Surrey, UK, **1991**.

Kumar, S., Pant, S.C., *Organal Damage Caused by Aldicarb to a Freshwater Teleos Barbus conchoniuis Hamilton. Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **1984**, 33, 50-55.

Leight A K., Van Dolah R. F. *Acute Toxicity Of The Insecticides Endosulfan, Chlorpyrifos, and Malathion To The Epibenthic Estuarine Amphipod Gammarus palustris (bousfield)* *Environmental Toxicology and Chemistry Article*, **1999**, Volume 18, Issue 5 pp. 958–964

Li N., Zhao Y., Yang J., *Impact of Waterborne Copper on the Structure of Gills and Hepatopancreas and Its Impact on the Content of Metallothionein in Juvenile Giant Freshwater Prawn Macrobrachium rosenbergii (Crustacea: Decapoda)* *Arch. Environ. Contam. Toxicol*, **2007**, 52, 73–79

Maienfisch P; Huerlimann H; Rindlisbacher A; Gsell L; Dettwiler H.; Haettenschwiler J.; Sieger E; Walti M, *The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid: Pest Manag Sci*,**2001**, 57:165-176.

Maltby L., *Stress, shredders and streams: using Gammarus energetics to assess water quality. In: Sutcliffe, D.W. (Ed.), Water Quality and Stress Indicators in Marine and Freshwater Systems: Linking Levels of Organisation Freshwater Biological Association, Ambleside, UK.,1994.*

McCahon C.P., Poulton M.J., Thomas P.C., Xu Q., Pascoe D. and Turner C., *Lethal and sub-lethal toxicity of field simulated farm waste episodes to several freshwater invertebrate species. Water Research*, **1991**, 25, 661-671.

Montagna M. C. and Collins P. A., *Survival and Growth of Palaemonetes argentinus (Decapoda; Caridea) Exposed to Insecticides with Chlorpyrifos and Endosulfan as Active Element. Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 2007, Volume 53, Number 3/ 371-378.

Malbouisson, J.F.C., Young, T.W.K., Bark, A.W., *Use of feeding rate and re pairing of precopulatory Gammarus pulex to assess toxicity of gamma-hexachlorocyclohexane (Lindane).Chemosphere*, **1995**, 30, 1573–1583.

Naqvi S. M., R. Hawkins, and N. H. Naqvi., *Mortality Response and LC50 values for juvenile and adult crayfish, Procamburus clarkia exposed to Thiodan (Insecticide), Treflan, MSMA, Oust (Herbicide) and Cutrine-plus (Algicide), Environ. Pollution*,**1987**, Vol. 48:275-283.

Narahashi T., *Recent progress in the mechanism of action of insecticides: pyrethroids, fipronil and indoxacarb, J Pesticide Sci*, **2001**, 26:277–285.

Özbek M.; Ustaoglu M.R,*Chect-list of Malacostraca (Crustacea) Species of Turkish inland waters, E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **2006**, Volume 23, Issue (1-2): 229–234.

Otludil B., Cengiz E. I., Yildirim M. Z. , Unver O., Unlu E. *The effects of endosulfan on the great ramshorn snail Planorbis corneus (Gastropoda, Pulmonata): a histopathological study, Chemosphere*, **2004**, 56,707–716

Pascoe D., Kedwards T.J., Maund S.J., Muthi E. and Taylor E.J., *Laboratory and field evaluation of a behavioural bioassay - The Gammarus pulex (L.) precopula separation (GaPPS) test*, *Water Research*, **1994**, 28, 369-372.

Pennington P.L; De Lorenzo M.E; Lawton J.C.; Srozier E.D; Fulton M.H.; Scott G.I, *Modular estuarine mesocosm validation; ecotoxicological assessment of direct effect with the model compound endosulfan*, *J.Experimen.Mar. Biol. Ecol.*, **2004**, 298, 369-387.

Poulton M. and Pascoe D., *Disruption of precopula in Gammarus pulex (L.) – Development of a behavioural bioassay for evaluating pollutant and parasite induced stress*, *Chemosphere*, **1990**, 20, 403-415.

Rao J. V. *Biochemical alterations in euryhaline fish, Oreochromis mossambicus exposed to sub-lethal concentrations of an organophosphorus insecticide, monocrotophos* *Chemosphere*, **2006**, 65, 1814–1820

Rinderhagen, M., Ritterhoff J. and Zauke G. P.,.. *Crustaceans as Bioindicators. Biomonitoring of Polluted Water – Reviews on Actual Topics (A. Gerhardt, ed.)*, *Trans Tech Publications – Scitech Publications, Environmental Research Forum*, **2000**, Vol. 9, p. 161-194.

Roy P.K. and Munshi D.J.S, *Malathion induced structural and morphometric changes in gills of a freshwater major carp Cirrihinus mrigala (Ham), J. Environ. Biol.*, **1991**, 12(1): 79-87.

Salvo L. M., Sinhorini I. L. Malucelli B. E., Klemz C., Sanchez D. C. O., Nicaretta L., Malucelli M. I. C., Bacila M., Assis H. C. S., *Effects of endosulfan sublethal concentrations on carp (Cyprinus carpio, Linnaeus, 1758): Morphometric, hystologic, ultrastructural analyses and cholinesterase activity evaluation Braz. J. vet. Res. anim. Sci., São Paulo*, **2008**,vol. 45, n. 2, p. 87-94.

Saygı Ş.,*Deneysel Toksikolojide toksisite testleri ve test sonuçlarının önemi Gülhane Tıp Dergisi*, **2003**, 45 (3) : 291 – 298.

Selvi M., Sarıkaya R., Erkoç,F., *Acute behavioral changes in the guppy (Poecilia reticulata) exposed to temephos, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, **2004**, 17(4): 15-19.

Sharma S., Nagpur N. S., Kumar R. Pandey S., Srivastava S. K., Singh P. J., Mathur P. K., *Studies on the Genotoxicity of Endosulfan in Different Tissues of Fresh Water Fish Mystus vittatus Using the Comet Assay, Arch Environ Contam Toxicol*, **2007**, 53, 617–623

Soegianto A., Daures M. C., Trilles J P. and Charmantier G., *impact of copper on the structure of gills and epipodites of the shrimp *Penaeus japonicus* (decapoda)*, *Journal of Crustacean Biology*, **1999**, 19 (2):209-223.

Song MY, Stark JD, Brown JJ, *Comparative toxicity of four insecticides, including imidacloprid and tebufenozide to four aquatic arthropods*. *Environ Toxicol Chem*, **1997**, 16:2494–2500.

Stark JD, Banks JE, “*Selective Pesticides*”: *Are They Less Hazardous to the Environment?* *BioScience*, **2001**, 51:980–982.

Steele D. H. and Steele V. J., *The structure and organization of the gills of Gammaridean Amphipoda*, *Journal of Natural History*, **1991**, 25, 1247-1258

Stiles, K.A., *Normal butyl alcohol technic for animal tissues with special reference to insects*. *Stain Technol.*, **1934**, 9:97-100.

Stoughton S. J., Liber K., Culp J., Cessna A., *Acute and Chronic Toxicity of Imidacloprid to the Aquatic Invertebrates *Chironomus tentans* and *Hyalella azteca* under Constant- and Pulse-Exposure, Conditions Arch Environ Contam Toxicol*, **2008**, 54:662–673

Tabanor M. E., Hyslope. J., *Acute Toxicity of Endosulfan to Three Freshwater Snails in Jamaica Caribbean Journal of Science*, **2007**, Vol. 43, No. 2, 277-279.

Takeuchi I., Matsumasa M. and Kikuchi S. *Gill ultrastructure and salinity tolerance of Caprella spp. (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) inhabiting the Sargassum community, fisheries science, 2003; 69 : 966–973*

US Environmental Protection Agency (2007) (15 Aralık 2008). *What is a pesticide?*. Erişim:epa.gov.

US Environmental Protection Agency (US EPA) (2002) (12 Mart 2009). *Registration Eligibility Decision for Endosulfan* Erişim: epa.gov/oppsrrd1/REDs/endosulfan_red.pdf.

Velmurugan B., Selvanayagam M., Cengiz E. I., Unlu E, *The effects of fenvalerate on different tissues of freshwater fish Cirrhinus mrigala Jour. Environ. Sci. Heal. Part B, 2007a, 42, 157–163*

Velmurugan B., Selvanayagam M., Cengiz E. I., Unlu E., *Histopathology of lambda-cyhalothrin on tissues (gill, kidney, liver and intestine) of Cirrhinus mrigala Environ. Toxicol. Pharma., 2007b, 24,286–291.*

Wood, C.M., *Branchial in and Acid-Base Transfer in Freshwater Teolest Fish: Environmental Hyperoxia as a Prope. Phsiol zool., 1991, 64,68-102.*

Yıldırım E., *Tarımsal Zararlılarla Mücadele Yöntemleri Ve İlaçalar*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi ofset Tesisi, Erzurum,2008.

Zhao X; Nagata K; Marszalec W; Yeh JZ; Narahashi T., *Effects of the oxadiazine insecticide indoxacarb, DPX-MP062, on neuronal nicotinic acetylcholine receptors in mammalian neurons: Neurotoxicol.*, **1999**, 20:561–570.

Zhao X.; Ikeda T.; Salgado V.L; Yeh J.Z.; Narahashi T., *Block of Two Subtypes of Sodium Channels in Cockroach Neurons by Indoxacarb Insecticides, Neurotoxicol.*,**2005**, 26: 455–465.

6. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Pelin UĞURLU

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 12.08.1983

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Nevzat Ayaz Anadolu Lisesi (1994-2001)

Lisans : Dicle Üniversitesi (2002-2007)

Yüksek Lisans : Dicle Üniversitesi (2007-2009)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Yayımları (SCI ve diğer):