

Derleme Makalesi /Review Article

**Nil Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Balıklarında Yapılan İnektisit Toksikitesi Çalışmaları
Insecticide Toxicity Studies on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

Saniye Perçin¹, Aysel Çağlan Günel²

¹Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri ABD, Ankara

²Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Biyoloji Eğitimi ABD, Ankara

Öz

İnektisitler, günümüzde tarımda birim alandan daha fazla ürün almak ve çeşitli zararlılarla mücadele etmek amacıyla kullanılan pestisitlerin en önemli gruplarından birini oluşturmaktadır. Pestisitler yağmur suları, drenaj suları, yüzey akışları ve sulama sularına karışarak topraktan emilebilmekte ve sucul ekosistemlere bulaşabilmektedir. Bu durum su ünitelerinde başlıca balıklar olmak üzere hedef olmayan tüm organizmaları etkilemektedir. Bu çalışmada literatürde inektisitlerin Nil tilapia balıklarında toksik etkilerinin incelendiği çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nil tilapia, *Oreochromis niloticus*, İnektisit, Pestisit

Abstract

Insecticides constitute one of the most important groups of pesticides used in agriculture to get more products per unit area and to combat various pests. Pesticides can be absorbed from the soil by mixing with rainwater, drainage water, runoff and irrigation water and can contaminate aquatic ecosystems. This situation affects all non-target organisms in the water units, mainly fish. In this study, studies investigating the toxic effects of insecticides on Nile tilapia fish were reviewed in the open literature.

Keywords: Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Insecticide, Pesticide

İletişim adresi / Address for Correspondence:

Saniye Perçin: <https://orcid.org/0000-0003-1750-7054>

Aysel Çağlan Günel: <https://orcid.org/0000-0002-9072-543X>

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri ABD, Teknikokullar, Ankara

Tel: E-mail: caglangunal@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 29 Ocak 2019, Kabul tarihi/Accepted: 20 Aralık 2019, Çevrimiçi yayın/Published online: 30 Aralık 2019

GİRİŞ

Dünya Sağlık Örgütü pestisitleri, böcekler, mantarlar ve istenmeyen bitkiler (yabani otlar) dahil olmak üzere zararlıları öldürmek için kullanılan kimyasal bileşikler olarak tanımlar. Pestisitler şu anda geniş çapta uygulanmaktadır. Bu kimyasalların dünya çapında kullanımı yılda yaklaşık iki milyon tondur¹. Pestisitler, makul olmayan kullanımları çevre sorunlarına yol açarken, tarımsal kalkınmanın desteklenmesinde önemli bir rol oynamaktadır². Pestisitler toksiktir ve istenmeyen organizmaları öldürmek için tasarlanmıştır, ancak toprağa uygulandıklarında yüzey sularına yıkanabilirler ve suda yaşayan organizmaları öldürebilir veya yaşamlarını olumsuz etkileyebilirler³. Pestisitler, özellikle gelişmekte olan ülkelerde artan dünya nüfusu için arazi verimliliğinin ve gıda kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynasa da tarımsal drenajdaki varlığı, su ekosistemlerinin tüm bileşenleri için ciddi bir risktir⁴. İnsektisitler, böcek zararlılarını kontrol etmek için geniş çapta uygulanmaktadır, ancak çevre güvenliği ciddi bir sorun olmaktadır. Küresel insektisit pazarı 2016 yılında 14,51 milyar dolar iken ve 2022 yılına kadar 19,27 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2016 yılında, kullanılan toplam pestisit (4,1 milyon ton) %17'si insektisittir. Piretroidler, etkinlikleri ve güvenlikleri nedeniyle, sivrisineklere iç mekanlarda ilaçlama için en sık kullanılan insektisitlerdir⁵.

Nil tilapia, ticari olarak dünya çapında en çok üretilen balık grubundadır⁶. Nil tilapia, su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, günümüzde de ekonomik olarak en önemli çiftlik tatlı su yenilebilir epibentik balık türlerinden biridir⁷. Nil tilapia, özellikle Asya, Güney Amerika ve Afrika'da tropikal ortamlarda yaygın bir yem balık türüdür⁸. Tilapia balıkları, Türkiye'ye 1974 yılında DSİ Adana 6. Bölge Müdürlüğü'nce Suriye'den getirilmiş ve aynı kuruluşun Seyhan Barajı Balık Üretim Tesisleri'nde üretim çalışmalarına başlanmıştır ve 1978 yılından beri de Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nin Tatlısu Balık Üretim Tesisleri'nde adaptasyon ve üretim çalışmaları yapılmaktadır⁹. Bu tür, dayanıklı yapısı ve geniş dağılımı nedeniyle tropikal

ortamlarda su kirliliğinin biyolojik olarak izlenmesi için bir gösterge tür olarak önerilmiştir¹⁰. Nil tilapia, çok çeşitli çevresel koşulları (asitlik, tuzluluk, sıcaklık, düşük kaliteli su vb.) tolere eder ve yüksek büyüme ve üreme oranlarına sahiptir¹¹. Tilapia'nın çok kirli bir ortama dayanabileceği, hayvan gübresi ve hatta lağım çamuru ile beslenebileceği bildirilmiştir. Balık üretimini arttırmak için yüksek stok yoğunluğu ve yüksek proteinli diyetler ile yoğun beslenmesi genellikle su kalitesini bozmakta ve organik madde birikimine neden olmaktadır. Bu, amonyak, nitrit ve hidrojen sülfid gibi mikrobiyal metabolitlerin su kolonuna salınmasına yol açar ve kültür sırasında balıklar üzerinde kronik stres oluşturabilmektedir¹². Tilapia balıkları çevre koşullara toleransı ile kültür balığı olarak kullanılmasının yanı sıra toksikoloji çalışmalarında da standart tür olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada önemli tilapia türlerinden olan Nil tilapia balıkları üzerinde yapılmış insektisit çalışmaları derlenmiştir.

Fenitrothion (C₉H₁₂NO₅PS)

Fenitrothion tarımda yaygın olarak kullanılan oldukça toksik organofosforlu bir insektisittir ve genellikle hava yoluyla püskürtülerek uygulanmaktadır. Bu işlemler sırasında pestisit nehirlerin ve göletlerin yakınında sürüklenebilmekte ve hedef olmayan organizmalar için potansiyel tehlike oluşturabilmektedir. Genel olarak fenitrothion, balıklar için orta derecede toksik kabul edilmektedir¹³. Fenitrothion, dealkilasyon, hidroliz, oksidasyon ve indirgeme yoluyla çamurda, toprakta ve tortuda bulunan mikroorganizmalar tarafından kolayca bozulmaktadır¹⁴.

Ortalama ağırlıkları 58.70 ± 6.97 gr olan 270 Nil tilapia üzerinde fenitrothionun toksik etkisi araştırılmıştır. Deneylerde Su sıcaklığı $23 \pm 1^\circ\text{C}$, çözünmüş oksijen 7.2 ± 0.2 mg/L, pH 6.79 ± 0.4 ve NH₃-N 0.01 mg/L olarak ölçülmüştür. Fenitrothion asetonla seyreltilerek farklı konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Deney sonucunda 96 saatlik LC₅₀ değeri $0,84$ ($0.68-1.15$) mg/L olarak saptanmıştır. Diğer türlere göre daha toksik olan fenitrothion Nil tilapia üzerinde solunum hareketlerinin arttığı, denge kaybı, spiral yüzme ve hareketsiz kalma gibi davranışsal değişiklikler gözlenmiştir.

Histolojik olarak ise beyin ve testislerde morfolojik değişiklikler, solungaçlarda lameller deformasyon, karaciğer lezyonları saptanmıştır¹³.

Deltametrin (C₂₂H₁₉Br₂NO₃)

Deltametrin, sentetik piretroid ailesine ait bir böcek ilacıdır. Karasal ve su ürünleri yetiştiriciliği endüstrilerinde mahsulleri, meyveleri, sebzeleri ve balıkları zararlılardan ve parazitlerden korumak için geniş bir ektoparazit (yani bitler, sinekler ve keneler) yelpazesini kontrol etmek için çok yaygın olarak kullanılmaktadır¹⁵. Göl ve nehir kenarlarında sivrisineklere karşı kullanılan piretroidler, uygulandıkları yerden yağmur suyu ve sel ile sulak alanlara taşınmaktadır. Piretroidler genellikle memelilerde ve kuşlarda güvenlidir, ancak balıklar ve suda yaşayan omurgasızlar için oldukça zehirlidir. Suda düşük çözünürlük ve piretroidlerin yüksek lipofilik özellikleri, solungaçlarda hızlı yakalamasına neden olur ve hidrolitik enzim eksikliği balıklara ciddi zararlar verebilir¹⁶. Genel olarak deltametrin, enerji metabolizmasına, biyokimyasal ve hematolojik özelliklere atıfta bulunarak balıklardaki genel fizyolojik profili etkiler¹⁷. 48 saatlik akut LC₅₀ değeri larvalar için 1.17 µg/L (1.42-1.96) ve yavru balıkları için 1.70 µg/L (1.42-1.96) olarak saptanmıştır. Davranışsal olarak larvalarda hızlı yüzme, denge kaybı (2.5 µg/L); kuyrukta spiral kıvrılmalar (2.0 µg/L), yavrularda benzer davranış sergilemiş ayrıca dikey eksende hareket ve su yüzeyinde hava yutmaları (3.0 µg/L) gözlemlenmiştir¹⁸.

Başka bir çalışmada, 7, 14, 21 ve 28 gün boyunca toplam 80 monosex tilapia'ya 1.46 µg/L deltametrine maruz bırakılmıştır. Balıkların ortalama ağırlıkları 90±5 g'dır. Deney ortam şartları; sıcaklık 29 ± 2 °C, çözünmüş oksijen 6.5 mg/L, pH 7.1, iletkenlik 219 ± 2 µS/cm, alkalinite 124 mg/L, sertlik 150 mg CaCO₃/L'dir. Çalışmada belirlenen 96 saatlik LC₅₀ değeri 14.6 µg/L olarak saptanmıştır. Balıklarda günlük olarak kayıt edilen davranış değişiklikleri hızlı operkulum hareketi, su yüzeyinde yüzme eğiliminde artış, solumun sıkıntısı, azalan aktivite, yan yatma, suda dikey olarak asılı kalma ve akvaryum dibinde hareketsiz kalma süresinde artıştır. Ayrıca vücut yüzeyinde renk koyulaşması, hafif yüzgeçlerde ve kuyrukta çürüme, zayıflık, pul

kaybı, ekzoftalmus, anal açıklık tıkanıklığı, anemi ve yetersiz beslenme de görülmüştür¹⁷.

Cyfluthrin (C₂₂H₁₈Cl₂FNO₃)

Hem tarımsal hem de kentsel ortamlarda bir insektisit olarak yaygın olarak kullanılabilen cyfluthrin'in çevresel önemi, ortaya çıkan bir endişe olarak yüzeydeki akarsulara potansiyel hareketi ve duyarlı su türlerine karşı toksisitesidir¹⁹. Cyfluthrin, esas olarak çiğneyici ve emici böceklerin kontrolü için ve ayrıca halk sağlığı durumlarında kullanılan sistemik olmayan böcek öldürücülerin aktif bileşenidir. Çalışmada kullanılan tilapia yavrularının ortalama ağırlıkları ve ortalama uzunlukları sırasıyla 0.125±0.003 g ve 0.995 ± 0.098 cm idi. 24, 48 ve 72 saatlik yapılan deneylerde ortam şartları sıcaklık 23±1°C, çözünmüş oksijen 6.53±0.12 mg/L, iletkenlik 0.20±0.01 µmS, pH 6.83±0.05, toplam sertlik 13.20±0.40 F° ve NH₃ 0.001±0.0 mg/L'dir. Sonuçlar, cyfluthrinin balıklar için oldukça toksik olduğunu göstermektedir.

Yapılan dozlamalardan (20-25-30 µg/L) 1 saat sonra davranışsal değişiklikler göstermiştir. Bu davranışsal değişiklikler denge kaybı, düzensiz yüzme, kasılma, akvaryum dibinde durma süresinde artış ve balık renklerinde soluklaşma gözlemlenmiştir²⁰.

Imidacloprid (C₉H₁₀ClN₅O₂)

24 ve 96 saat süre ile 50 ve 100 mg/L'ye maruz kalan tilapiaların doku örnekleri alınmıştır. Deneyde kullanılan balıkların ortalama ağırlığı ve ortalama uzunluğu sırasıyla 37.38 ± 2.19 g ve 12.98 ± 0.22 cm ve deneyin ortam şartları; sıcaklık 23 ± 1 °C, pH 8.98, iletkenlik 576 µS/cm, çözünmüş oksijen 5.7 mg/L ve tuzluluk 0.28±0.01 ppt'dir. Sonuçta, her iki konsantrasyon için de glutatyon, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz seviyelerinde azalma, malondialdehit ve lipid peroksidasyon seviyelerinde artış görülmüştür. Ayrıca maruz kalma sonrasında hiperemi, lameller füzyon hiperplazisi, epitelyal kaldırma ve bazı lamelli deformasyonlar görülmüştür²¹.

Diazinon (C₁₂H₂₁N₂O₃PS)

Diazinon, tarım, hayvancılık ve evsel faaliyetlerde böcek ilacı olarak kullanılan bir organofosfat pestisittir. Meyveler, sebzeler, tütün, yem, tarla bitkileri, meralar, otlaklar ve süs bitkilerinden gelen birçok zararlıya karşı

etkili geniş spektrumlu bir insektisittir²². Diazinona akut maruz kalmada, lenfositlerin çoğalma kabiliyetinde, fagositoz indeksinde veyücre içi sinyal iletimi ile ilgili mekanizmalarda değişikliklere neden olduğu reaktif oksijen türleri üretimini arttırdığı ve lenfosit hücre ölümüne yol açtığı bildirilmiştir. Çalışma da kullanılan tilapia balıklarının ortalama ağırlığı ve ortalama uzunluğu sırasıyla 273± 43 g ve 20±3 cm idi. Alıştırma süresinden sonra, Tilapialar 6 veya 24 saat süreyle in vivo olarak 0.97, 1.95 ve 3.91 mg/L ticari diazinona maruz bırakılmıştır. Sonuç olarak, diazinona maruz kalan balıklarda nötrofil hücre dışı tuzakları üretimin artışı gözlemlenmiştir¹.

Nil tilapisinin in vivo olarak diazinona akut maruziyetinde 96 saat-LC50 7,830 mg/L olarak bulunmuştur. Deneysel veriler, diazinonun bu tür için oldukça toksik olduğunu ve lenfoproliferasyon oranını, fagositik indeksi, aktif hücrelerin yüzdesini ve nispi dalak ağırlığını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir²³.

Cypermethrin (C₂₂H₁₉Cl₂NO₃)

Halk sağlığı ve hayvan yetiştiriciliğinde ektoparazitlerin kontrolü için kullanılan oldukça etkili sentetik bir sentetik piretroid insektisittir ve balıkları için oldukça toksiktir^{24,25}. Aynı zamanda ev, ticari ve tarımsal ortamlarda zararlıların kontrolü için de kullanılır. Çalışma da ortam şartları; su sıcaklığı 25-26 °C, çözülmüş oksijen 5.8-6.3 mg/L ve pH 6.5-6.9'dur. Nil tilapiaları için cypermethrinin 96 saatlik LC50 değeri 5.88 µg/L'dir. Çalışmanın sonucunda özellikle 0.294 µg/L cypermethrine maruz kalan balıklarda toplam serum proteini, albümin, globulin, lizozim aktivitesi, solunum patlama aktivitesi ve toplam immünoglobulinde belirgin düşüşler ile önemli immün baskılama gözlemlenmiştir²⁴.

Başka bir çalışmada, kullanılan yetişkin tilapiaların ağırlık ve uzunlukları sırasıyla 16.40±4.20 ve 10.98±1.46 cm'dir. Ortam şartları ise, sıcaklık 23±1°C, pH 7.94±0.505, çözülmüş oksijen 8.15±0.0064 mg/L, toplam sertlik 287±2.35 mg CaCO₃/L, NO₃-N 2.1 mg/L, NO₂-N 0.002 mg/L ve iletkenlik 7.94 Mmho/cm'dir. Deney de 25 adet balık 0.22 µg/L konsantrasyonda alfa-cypermethrine maruz kalan balıklarda solungaçlarda lezyon, karaciğerde protein seviyesinde, kas protein düzeylerinde ve karaciğer glikojen değerlerinde

düşüş görülmüştür²⁵.

Klorpirifos (C₉H₁₁Cl₃NO₃PS)

Klorpirifos, tarımda ve son zamanlardayerleşim alanlarında kullanılan geniş spektrumlu klorlu organofosforlu bir insektisittir. Doğası gereği balıklar, yüksek konsantrasyonlarda kirletici maddeler içerebilen çevreleriyle yakın temas halindedir. Bu maddeler balıklar için stresli koşullar yaratır ve bu nedenle savunma mekanizmaları kolayca tehlikeye atılabilir²⁶. Birçok ülkede, saha araştırmaları klorpirifosun yer ve yüzey sularında çok yaygın bir kirletici olduğunu ortaya çıkarmıştır. Klorpirifosun hepatik disfonksiyon, böbrek hasarı, genotoksisite, reprotoksisite ve endokrin ve nörodavranış bozukluklarını indüklediği bulunmuştur²⁷. Yapılan çalışmada 10 adet erkek tilapia LC50 değerinin belirlenmesi için 96 saat boyunca artan dozlarda (0.422, 0.845, 1.69 ve 3.38 mg/L) klorpirifosa maruz bırakılmış ve LC50 değeri 1.023 mg/L olarak belirlenmiştir²⁶.

Başka bir çalışmada üç farklı büyüklükteki Nil tilapia grubu kullanılmıştır. Birinci grup yavru tilapiaların ağırlık ve uzunlukları sırasıyla 0.9-1.8 g ve 3-4 cm; ikinci grup fingerling tilapiaların ağırlık ve uzunlukları sırasıyla 3.0-8.7 g ve 6-8 cm ve yetişkin tilapiaların ağırlık ve uzunlukları sırasıyla 12-20 g ve 10-12 cm'dir. Ortam şartları; su sıcaklığı 26.1-27.8 °C, pH 6.9-7.1 ve çözülmüş oksijen konsantrasyonu 3.5-5.2 mg/L'dir. Deneyde 2, 6,10 veya 14 gün boyunca maruz kalınan klorpirifos konsantrasyonları 1, 4, 8 ve 12 mg/L idi. Deney sonucunda 8 ve 12 mg/L klorpirifosa maruz bırakılan tüm yavrular 2 gün içinde ölmüştür. Hayatta kalanlarda ise uyuşukluk gözlemlenmiştir⁸.

Zahran ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, ortalama ağırlığı 80 g olan 135 tilapia 14 gün boyunca 15 µg/L (1/10 LC50) ve 75 µg/L (1/2 LC50)'ye maruz bırakıldı. Deney ortam şartları; su sıcaklığı 25 ± 1 °C, pH 7.1-7.3, çözülmüş oksijen 6.5-7.8 mg/L'dir. Çalışma sonucunda tilapianın klorpirifosa maruz kalması, bakteri öldürücü ve lizozim aktivitesinde azalma ile birlikte lökositöz, nötrofil, lenfositöz ve solunum patlama aktivitesini içeren hematolojik değişikliklere neden olmuştur. Anormal sitokin ekspresyonu mRNA seviyeleri ve lipid hidro-peroksidasyon indüksiyonu da görülmüştür⁴.

Klorpirifos-metil (C₇H₇Cl₃NO₃PS)

Klorpirifos-metil organofosforlu grubu geniş spektrumlu bir insektisittir. Yüksek pH'da hızlı hidrolize olur ve UV ışığında hızlı fotobozunuma uğrar. Çalışmada tilapia larvaları üzerindeki akut toksisitesini belirlemek 24, 48,72 ve 96 saat ile deney yapılmıştır. Larvaların ortalama ağırlık ve uzunlukları sırasıyla 0.0125 ± 0.00202 g ve 0.995 ± 0.0099 cm'dir. Ortam şartları; sıcaklık 25 ± 1 °C, çözülmüş oksijen 6.4-6.7 mg/L, sertlik 31.6 mg CaCO₃/L, iletkenlik 0.189-0.205 µmS ve pH 6.7-6.9'du. Asetonla seyreltilerek 1.0, 1.2, 1.3, 1.5 ve 1.7 mg/L'lik klorpirifos-metil stokları ayarlandı. Çalışma sonucunda 96 saatlik LC₅₀ değeri 1.57 mg/L olarak bulunmuştur. Dozlamadan 1 saat sonra 1.3, 1.5 ve 1.7 mg/L konsantrasyonlarda larvalarda yavaş hareketlerle baş aşağı pozisyonda kendi ekseninde dönme, 1.5 ve 1.7 mg/L'lik konsantrasyonlarda denge kaybı gözlemlenmiştir²⁸.

Diflubenzuron (C₁₄H₉ClF₂N₂O₂)

Diflubenzuron, tarımda haşere kontrolünde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Tilapia için bu insektisit 96 saat için LC₅₀'si 100 mg / L'nin üzerindedir. Deneydeki ortam şartları; su sıcaklığı 28 ± 2 °C, pH 7.4 ± 0.4 , çözülmüş oksijen 8 ± 2 mg O₂/L, iletkenlik 160 ± 5 µS/cm ve sertlik 50 ± 2 mg CaCO₃/L idi. Çalışma sonucunda diflubenzuronun tek başına balıklar için toksik etkisinin olmadığı görülmüştür²⁹.

Malathion (C₁₀H₁₉O₆PS₂)

Toprakta malathion kalıcı bir böcek ilacı olarak görülmez. Suda, malathionun yarılanma ömrü pH 8.16'da 39,6 saat ve pH 6.0'da 417,6 saat olarak tahmin edilmiştir. Malathionun bozunma hızı 0,017 mg / L-saat olarak bulunmuştur³⁰.

Malathionun belirli bir türe akut toksisitesi, enzimlerin aktive ve detoksifiye edici nispi seviyelerine bağlıdır; daha yüksek derecede aktif omurgalı karboksilesterazları ve glutatyon S-transferazlar nedeniyle çoğu böcekler için özellikle toksiktir ve balıklar ve memeliler için yalnızca orta derecede toksiktir. Çalışmada kullanılan yavru tilapiaların ağırlıkları 5-8g'dır. 96 saat süren ve 15 adetten oluşan gruplar 0, 0.1, 0.5, 1, 3, 5 ve 10 mg/L dozlara maruz bırakıldılar. Standart toksisite testinde yavru

tilapialar için 96 saatlik bir LC₅₀ değeri 2.2 mg/L malathion olarak elde edilmiştir³¹.

Endosulfan (C₉H₆Cl₆O₃S)

Bol kullanımı ve potansiyel taşınması nedeniyle, endosulfan kontaminasyonu sıklıkla, ilk uygulama noktasından oldukça uzak mesafelerde çevrede bulunur ve atmosferde, topraklarda, tortularda, yüzey ve yağmur sularında ve gıda maddelerinde tespit edilmiştir³². Organoklorlu bir insektisit olan endosulfan, geniş bir organizma yelpazesini etkiler. Diğer pestisitlerin aksine, endosulfan sonunda suda yaşayan cisimlere ulaşır ve balıkların öldürülmesi, tarım alanlarından nehirlere akmasının bilinen bir sonucudur. Pestisit hidrofobik yapısı, su ortamında toksisitesini daha da artırarak hızlı bozunmayı önler. Balığın endosulfana maruz kalması, deri yoluyla, solungaçlarla veya kontamine yiyecekleri tüketerek doğrudan olabilir ve kan yoluyla kaslara, böbreğe, dalağa, karaciğere, bağırsaklara, üreme organlarına ve endokrin organlara ulaşarak toksik etkiler gösterir. Endosulfan pro-oksidadır ve etkilerini antioksidan enzimlerin aktivitesini ve lipid peroksidasyonu bozarak gösterir³³. Çalışmada kullanılan erkek tilapiaların ağırlıkları 200-250 gr'dı. 96 saat süren deneylerde LC₅₀ değeri 7 µg/L endosulfan olarak belirtilmiştir³⁴.

SONUÇ

Özellikle ziraat sektöründe böceklerle ve haşerelere karşı kullanılan insektisitler hedef dışı organizmalara da zarar vermektedir. Fazla ya da yanlış kullanıldığı takdirde insanlara, bitkilere veya toprak altında yaşayan canlılara hasar verebilmektedir. Zemin geçirgenliğine bağlı olarak yağmur ya da sulama yoluyla da yeraltı ve yer üstü su kütlelerine deşarjı söz konusu olabilmektedir. Sucul ortama deşarjı ile su kütlesi içerisinde yaşayan canlılara, taşınan insektisit miktarına, içeriğine (kimyasal yapısına) ve canlının dayanıklılığına göre değişkenlik göstermek kaydıyla zarar verebilir ya da sucul ortamın yapısını bozabilir. Yaygın kullanılan insektisitlerle yapılan çalışmalarla sucul canlılarda meydana gelebilecek zararların kavranması için Nil tilapia ve birçok standart organizmada toksisite deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmalarda elde edilen LC₅₀ değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Farklı Su Canlılarında İnsektisitLC₅₀ Değerleri

İnsektisitler	Türler	96 saatlik LC ₅₀ değerleri	Kaynak
Fenitrothion	<i>Salvelinus fontinalis</i>	1.7 mg/L	14
	<i>Lepomis macrochirus</i>	3.8 mg/L	
	<i>Oryzias latipes</i>	2.1 mg/L	
	<i>Mugil cephalus</i>	2.6 mg/L	
	<i>Corydoras paleatus</i>	3.51 mg/L	
	<i>Poecilia reticulata</i>	3.28 mg/L	
	<i>Oreochromis niloticus</i>	0.84 mg/L	
	<i>Oreochromis niloticus</i>	14.6 µg/L	
Cyfluthrin	<i>Oreochromis niloticus</i>	0.082 mg/L	35
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0.68 µg/L	
	<i>Lepomis macrochirus</i>	1.5 µg/L	
	<i>Cyprinus carpio</i>	22 µg/L	
	<i>Leuciscus idus</i>	3.2 µg/L	
	<i>Ictalurus punctatus</i>	3.2 µg/L	
	<i>Oreochromis niloticus</i>	150 µg/L	
Klorpirifos	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0.025 mg/kg	37
	<i>Americamysis bahia</i>	0.00004 mg/kg	
	<i>Pimephales promelas</i>	0.12-0.54 mg/L	
	<i>Palaemon macrodactylus</i>	0.05 µg/L	
Klorpirifos-metilin	<i>Oreochromis niloticus</i>	1.023 mg/L	26
	<i>Oreochromis niloticus</i>	1.57 µg/L	28
Diflubenzuron	<i>Oreochromis niloticus</i>	100 mg/L<	29
Malathion	<i>Oreochromis niloticus</i>	2.2 mg/L	31
Endosulfan	<i>Clarias gariepinus</i>	28.84 µg/L	33
	<i>Cichlasoma dimerus</i>	2.6 µg/L	38
	<i>Chanos chanos</i>	0.56 µg/L	39
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0.8 µg/L	
	<i>Lepomis macrochirus</i>	1.7 µg/L	
	<i>Oreochromis niloticus</i>	7 µg/L	34

Sentetik piretroidler temelinde sinir hücrelerini bloke eder ve zehirli etkisini bu şekilde gösterir. Organofosfatlı insektisitlere göre daha dayanıklı yapıları bulunan sentetik piretroidlerin taşınımı ve

	<i>Cyprinodon variegatus</i>	3.2 µg/L	
Diazinon	<i>Oreochromis niloticus</i>	7,830 mg/L	36
Cypermethrin	<i>Oreochromis niloticus</i>	5.88 µg/L	24
Klorpirifos	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0.025 mg/kg	37
	<i>Americamysis bahia</i>	0.00004 mg/kg	
	<i>Pimephales promelas</i>	0.12-0.54 mg/L	
	<i>Palaemon macrodactylus</i>	0.05 µg/L	
Klorpirifos-metilin	<i>Oreochromis niloticus</i>	1.023 mg/L	26
	<i>Oreochromis niloticus</i>	150 µg/L	4
Diflubenzuron	<i>Oreochromis niloticus</i>	100 mg/L<	29
Malathion	<i>Oreochromis niloticus</i>	2.2 mg/L	31
Endosulfan	<i>Clarias gariepinus</i>	28.84 µg/L	33
	<i>Cichlasoma dimerus</i>	2.6 µg/L	38
	<i>Chanos chanos</i>	0.56 µg/L	39
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	0.8 µg/L	
	<i>Lepomis macrochirus</i>	1.7 µg/L	
	<i>Oreochromis niloticus</i>	7 µg/L	34

bozunumu uzun vakit aldığı için su ortamında görülme olasılığı yüksektir. Bu sebeple sucul ortamdaki canlılardaki etkilerinin ve sınır değerlerinin bilinmesi son derece önemlidir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemektedir.

Finansal Destek: Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü 18/2010-01 kodlu proje ile kısmi olarak desteklenmiştir.

Conflict of Interest: authors declared no conflict of interest.

Financial Support: This study was partially supported by Gazi University Scientific Research Projects Directorate with the project code 18/2010-01.

KAYNAKLAR

- Bojarski B., Witeska M. (2020). Blood Biomarkers of Herbicide, Insecticide, and Fungicide Toxicity to Fish-A Review, Environmental Science and Pollution Research, 27:19236-19250. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08248-8>
- Huang X., Cui H., Duan W. (2020). Ecotoxicology of Chlorpyrifos to Aquatic Organisms: A Review, 200:110731. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110731>
- Yonar S.M., Sakin F., Yonar M.E., Ispir Ü., Kırıcı M. (2011). Oxidative Stress Biomarkers of Exposure to Deltamethrin in Rainbow Trout Fry (*Oncorhynchus mykiss*), Fresenius Environmental Bulletin 20(8):1931-1935.
- Zahran E., Risha E., Awadin W., Palic D. (2018). Acute Exposure to Chlorpyrifos Induces Reversible

Changes in Health Parameters of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Aquatic Toxicology, 197:47-59. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.02.001>

- Mojiri A., Zhou J.L., Robinson B., Ohashi A., Ozaki N., Kindaichi T., Farraji H., Vakili M. (2020). Pesticides in Aquatic Environments and Their Removal by Adsorption Methods, Chemosphere, 253:126646. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126646>
- Covantes-Rosales C.E., Toledo-Ibarra G.A., Gonzalez-Navarro I., Agraz-Cibrian J.M., Giron-Perez D.A., Ventura-Ramon G.H., Diaz-Resendiz K.J.G., Buenoduran A.Y., Ponce-Regalado M.D., Giron-Perez M.I. (2020). Diazinon Acute Exposure Induces Neutrophil Extracellular Traps in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), Food and Agricultural Immunology, 31(1):1004-1013. <https://doi.org/10.1080/09540105.2020.1798885>

7. Karasu Benli A.Ç., Erkmen B., Erkoç F. (2016). Genotoxicity of Sub-lethal di-n-butyl phthalate (DBP) in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 67:25-30. DOI: 10.1515/aiht-2016-67-2723
8. Chandrasekara L.W.H.U., Pathiratne A. (2007). Body Size-Related Differences in the Inhibition of Brain Acetylcholinesterase Activity in Juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by Chlorpyrifos and Carbosulfan, Ecotoxicology and Environmental Safety, 67:109-119. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2006.04.002
9. Sarhan, E. ve Toral, Ö. 1980. Bir Tropik Balık Türü Olan Tilapia nilotica (Lin.), nın Çukurova Bölgesinde Yetiştirilme Sorunları Üzerine Bir Tartışma. TUBİTAK, VII. Bilim Kongresi Veterinerlik ve Hayvancılık Araştırma Grubu, Tebliğ Özetleri (Hidrobiyoloji Sektörünü) 29 Eylül-3 Ekim 1980, İstanbul, No: 173, VHAG Seri 14, 1-22.
10. Silva K.T.U., Pathiratne A. (2008). In vitro in vivo Effects of Cadmium on Cholinesterases in Nile tilapia Fingerlings: Implications for Biomonitoring Aquatic Pollution, Ecotoxicology, 17:725-731. DOI 10.1007/s10646-008-0221-1
11. Karasu Benli A.Ç., Yıldız H.Y. (2004). Alteration of Renal Tissue in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, After Transfer to Saline Water, The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh, 56(4):286-289.
12. Yıldız H.Y., Köksal G., Borazan G., Benli Ç.K. (2006). Nitrite-Induced Methemoglobinemia in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Journal of Applied Ichthyology, 22:427-429. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00761.x
13. Karasu Benli A.Ç., Özkul A. (2010). Acute Toxicity and Histopathological Effects of Sublethal Fenitrothion on Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, Pesticide Biochemistry and Physiology, 97:32-35. DOI:10.1016/j.pestbp.2009.12.001
14. Sepici Dinçel A., Sarıkaya R., Selvi M., Şahin D., Karasu Benli Ç., Atalay-Vural S. (2007). How Sublethal Fenitrothion is Toxic in Carp (*Cyprinus carpio* L.) Fingerlings, Toxicology Mechanisms and Methods, 17:489-495. DOI:10.1080/15376510701380422
15. Li Q., Sun Y., Ares I., Anadon A., Martinez M., Martinez-Larranaga M.R., Yuan Z., Wang X., Martínez M.A. (2019). Deltamethrin Toxicity: A Review of Oxidative Stress and Metabolism, Environmental Research, 170:260-281. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.12.045>
16. Güneş E., Yerli S.V. (2011). Effects of Deltamethrin on Lipase Activity in Guppies (*Poecilia reticulata*), Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science, 11:472-476. DOI: 10.1016/j.fish.2011.03.019
17. El-Sayed Y.S., Saad T.T. (2007). Subacute Intoxication of a Deltamethrin-Based Preparation (Butox[®] 5% EC) in Monosex Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* L., Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology, 102:293-299. DOI: 10.1111/j.1742-7843.2007.00157.x
18. Karasu Benli A.Ç., Selvi M., Sarıkaya R., Erkoç F., Koçak O. (2009). Acute Toxicity of Deltamethrin on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L. 1758) Larvae and Fry, Gazi University Journal of Science, 22(1): 1-4.
19. Sepici-Dinçel A., Karasu Benli A.Ç., Selvi M., Sarıkaya R., Şahin D., Özkul I.A., Erkoç F. (2009): Sublethal Cyfluthrin Toxicity to Carp (*Cyprinus carpio* L.) Fingerlings: Biochemical, Hematological, Histopathological Alterations, Ecotoxicity and Environmental Safety, 72:1433-1439. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2009.01.008
20. Karasu Benli A.Ç. (2005). Investigation of Acute Toxicity of Cyfluthrin on Tilapia Fry (*Oreochromis niloticus* L. 1758), Environmental Toxicology and Pharmacology, 20:279-282. DOI:10.1016/j.etap.2005.01.009
21. Günel A.Ç., Erkmen B., Paçal E., Arslan P., Yıldırım Z., Erkoç F. (2020). Sublethal Effects of Imidacloprid on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*), Water, Air, & Soil Pollution, 231:4. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4366-8>
22. Toledo-Ibarra G.A., Díaz Resendiz K.J.G., Ventura-Ramon G.H., Gonzalez-Jaime F., Vega-López A., Becerril-Villanueva E., Pavón L., Girón-Perez M.I. (2016). Oxidative Damage in Gills and Liver in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed to Diazinon, Comparative Biochemistry and Physiology, Part A 200:3-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2016.05.007>
23. Girón-Perez M.I., Zaitseva G., Casas-Solis J., Santerre A. (2008). Effects of Diazinon and Diazoxon on the Lymphoproliferation Rate of Splenocytes from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): The Immunosuppressive Effect Could Involve an Increase in Acetylcholine Levels, Fish & Shellfish Immunology, 25:517-521. DOI: 10.1016/j.fsi.2008.07.002
24. Abdel-Tawwab M., Hamed H.S. (2020). Antagonistic Effects of Dietary Guava (*Psidium guajava*) Leaves Extract on Growth, Hemato-Biochemical, and Immunity Response of Cypermethrin-Intoxicated Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Aquaculture, 529:735668. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735668>
25. Korkmaz N., Cengiz E.I., Unlu E., Uysal E., Yanar M. (2009). Cypermethrin-Induced Histopathological and Biochemical Changes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), and The Protective and Recuperative Effect of Ascorbic Acid, Environmental Toxicology and Pharmacology, 28:198-205. DOI: 10.1016/j.etap.2009.04.004
26. M. I. Girón-Pérez, R. Barcelós-García, Z. G. Vidal-Chavez, C. A. Romero- Bañuelos & M. L. Robledo-Marenco (2006). Effect of Chlorpyrifos on the Hematology and Phagocytic Activity of Nile Tilapia Cells (*Oreochromis niloticus*), Toxicology Mechanisms and Methods, 16:9, 495-499, DOI: 10.1080/15376510600751988
27. Ibrahim R.E., El-Houseiny W., Behairy A., Mansour M.F., Abd-Elhakim Y.M. (2019). Ameliorative Effects of *Moringa oleifera* Seeds and Leaves on Chlorpyrifos-Induced Growth Retardation, Immune Suppression, Oxidative Stress, and DNA Damage in *Oreochromis niloticus*, Aquaculture, 505:225-234. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.02.050>
28. Gül A. (2005). Investigation of Acute Toxicity of Chlorpyrifos-Methyl on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Larvae, Chemosphere, 59:163-166. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2004.10.065

29. Dantzger D.D., Jonsson C.M., Aoyama H. (2018). Mixtures of and p-chloroaniline Changes the Activities of Enzymes Biomarkers on tilapia Fish (*Oreochromis niloticus*) in the Presence and Absence of Soil, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148:367-376. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.10.054>
30. Kandiel M.M.M., El-Asely A.M., Radwan H.A., Abbass A.A (2014). Modulation of Genotoxicity and Endocrine Disruptive Effects of Malathion by Dietary Honeybee Pollen and Propolis in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), 5:671-684. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jare.2013.10.004>
31. Pathiratne A., George S.G. (1998). Toxicity of Malathion to Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* and Modulation by Other Environmental Contaminants, *Aquatic Toxicology*, 43:261-271.
32. Kumar N., Prabhu P.A.J., Pal A.K., Remya S., Aklakur Md., Rana R.S., Gupta S., Raman R.P., Jadhao S.B. (2011). Pesticide Biochemistry and Physiology, 99:45-52. DOI: 10.1016/j.pestbp.2010.10.003
33. Kumari U., Singh R., Mazumder S. (2017). Chronic Endosulfan Exposure Impairs Immune Response Rendering *Clarias gariepinus* Susceptible to Microbial Infection, *Aquatic Toxicology*, 191:42-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2017.07.018>
34. Tellez-Banuelos M.C., Ortiz-Lazareno P.C., Jave-Suarez L.F., Siordia-Sanchez V.H., Bravo-Cuellar A., Santerre A. (2014). Endosulfan Decreases Cytotoxic Activity of Nonspecific Cytotoxic Cells and Expression of Granzyme Gene in *Oreochromis niloticus*, *Fish & Shellfish Immunology*, 38:196-203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2014.03.012>
35. Yuniari S.H., Suryanto Hertika A.M., Leksono A.S. (2016). Lethal Concentration 50 (LC₅₀-96 hours) Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed Cypermethrin-Based Pesticide, *the Journal of Experimental Life Science*, 6:58-62.
36. Giron-Perez M.I., Zaitseva G., Casas-Solis J., Santerre A. (2008). Effects of Diazinon and Diazoxon on the Lymphoproliferation Rate of Splenocytes from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): The Immunosuppressive Effect Could Involve an Increase in Acetylcholine Levels, *Fish & Shellfish Immunology*, 25:517-521. DOI: 10.1016/j.fsi.2008.07.002
37. Ubaid ur Rahman H., Asghar W., Nazir W., Sandhu M.A., Ahmed A., Khalid N. (2021). A Comprehensive Review on Chlorpyrifos Toxicity with Special Reference to Endocrine Disruption: Evidence of Mechanisms, Exposures and Mitigation Strategies, *Science of the Total Environment*, 755:142649. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142649>
38. Hernan Da Cuna R., Cazquez G.R., Piol M.N., Guerrero V., Maggese M.C., Laura Lo Nostro F. (2011). Assessment of The Acute Toxicity of The Organochlorine Pesticide Endosulfan in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes), *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74:1065-1073. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2011.02.002
39. Tellez-Banuelos M.C., Santerre A., Casas-Solis J., Bravo-Cuellar A., Zaitseva G. (2009). Oxidative Stress in Macrophages from Spleen on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) Exposed to Sublethal Concentration of Endosulfan, *Fish & Shellfish Immunology*, 27:105-111. DOI: 10.1016/j.fsi.2008.11.002