

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**DİFLUBENZURON İNSEKTİSİTİNİN *Dreissena polymorpha* ÜZERİNE AKUT
TOKSİSİTESİNİN BELİRLENMESİ**

Suzan KARABOĞA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Rahmi AYDIN**

TUNCELİ – 2024

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DİFLUBENZURON İNSEKTİSİTİNİN *Dreissena polymorpha* ÜZERİNE AKUT
TOKSİSİTESİNİN BELİRLENMESİ

Suzan KARABOĞA
(220106109)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. Rahmi AYDIN

TUNCELİ-2024

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DİFLUBENZURON İNSEKTİSİTİNİN *Dreissena polymorpha* ÜZERİNE AKUT
TOKSİSİTESİNİN BELİRLENMESİ

SUZAN KARABOĞA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 04/06/2024 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza

Prof. Dr. Rahmi AYDIN
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza

Prof. Dr. M.Şener URAL
(Fırat Üniversitesi)

ÜYE

İmza

Doç. Dr. Osman SERDAR
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Altuğ KAZAR

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı "Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu"ndaki hükümlere tabidir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza
Suzan KARABOĞA

Danışman
Prof.Dr. Rahmi AYDIN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans danışmanlığımı üstlenerek her konuda engin birikim ve tecrübeleriyle yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Rahmi AYDIN'a ve çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerini, yönlendirmeleriyle yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Osman SERDAR'a, gerek laboratuvar çalışmalarım ve gerekse tezimin yazım aşamasında her türlü yardım ve desteğini gördüğüm Ayşe Nur AYDIN'a, Sayın ÇAKIR'a ve eğitim hayatım boyunca bana hep destek olan aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Suzan KARABOĞA
Tunceli-2024



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
TABLOLAR LİSTESİ	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
RESİMLER LİSTESİ	VI
KISALTMALAR.....	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Zebra Midyeleri (<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)) Hakkında Genel Bilgiler	4
1.2. Lethal Konsantrasyon (LC ₅₀).....	7
2. MATERYAL METOD.....	9
2.1. Materyal.....	9
2.1.1. Model organizma temini ve adaptasyonu.....	9
2.1.2. Kimyasal madde	10
2.2. Metod.....	10
2.2.1. Metrik meristik verilerin ölçülmesi	10
2.2.2. Akut letal konsantrasyon (LC ₅₀)'unun belirlenmesi.....	10
2.2.3. İstatistiksel analiz	11
3. BULGULAR	12
3.1. Metrik Meristik Bulgular.....	12
3.2. Probit Analiz Verileri	12
3.3. LC ₅₀ Değerleri	12
4. TARTIŞMA.....	16
5. SONUÇ	19
6. KAYNAKLAR.....	20

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. LC ₅₀ Değerleri	12
Tablo 3.2. Diflubenziron pestisitinin <i>D. polymorpha</i> uygulama konsantrasyonları ve tekerrür bilgi tablosu	12



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Birinci tekerrürde meydana gelen ölüm oranları	13
Şekil 3.2. İkinci tekerrürde meydana gelen ölüm oranları	14
Şekil 3.3. Üçüncü tekerrürde meydana gelen ölüm oranları	14
Şekil 3.4. Tüm tekerrürlerde meydana gelen ortalama ölüm oranları.....	15



RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. Fırat Nehri Keban Baraj Gölü çıkışı	9
Resim 2.2. Araziden toplanmış canlı materyaller	10
Resim 2.3. Letal konsantrasyon belirleme çalışmaları.....	11



KISALTMALAR

DFB	: Diflubenzuron
LC₅₀	: Lethal Konsantrasyon
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
°C	: Santigrat derece
Ppm	: Milyonda bir



ÖZET

Eysel alanlarda ve tarımda zararlı organizmalardan korunmak ve mücadele etmek için kullanılan pestisitlerin çevreye olan olumsuz etkileri de kullanımın yaygınlaşmasına paralel olarak artmaktadır. Bu çalışmada sucul ortama karışan pestisitlerin etkisinin araştırılması için iyi bir indikatör tür olan *Dreissena polymorpha* model organizma üzerindeki diflubenzuron (DBF) pestisitinin Lethal Konsantrasyon (LC₅₀) değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. LC₅₀ değerlerini belirlemek için kontrol gurubu dahil 7 deneme grubu ve üç tekerrürden oluşturulmuştur. *D. polymorpha* bireyleri 0; 0,1; 1; 10; 50; 500 ve 1000 ppm konsantrasyonlarına 24; 48; 72 ve 96 saatlik periyotlarda maruz bırakılmıştır.

Akut toksisite değerinin hesaplanmasında SPSS paket program 24.0 PROBIT analizi kullanılmıştır.

Çalışma verileri sonucunda DBF'nin *D. polymorpha* bireylerinde meydana getirdiği LC₅₀ değeri 1232,23±41,44 ppm olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Diflubenzuron, *Dreissena polymorpha*, lethal konsantrasyon

ABSTRACT

Determination of Acute Toxicity of Diflubenzuron Insecticide on *Dreissena polymorpha*

The negative effects of pesticides on the environment, which are used to protect and combat harmful organisms in domestic areas and agriculture, are also increasing in parallel with the increase in use. In this study, it was aimed to determine the Lethal Concentration (LC₅₀) values of the pesticide diflubenzuron (DBF) in the model organism *Dreissena polymorpha*, which is a good indicator species for investigating the effects of pesticides mixed into the aquatic environment. To determine LC₅₀ values, a trial design consisting of 7 trial groups, including control, was created. *D. Polymorpha* individuals were exposed to concentrations of 0, 0.1, 1, 10, 50, 500, 1000 ppm for 24 and 96 hour periods.

All experimental applications designed in the study, including range determination and LC₅₀ tests, were carried out in triplicate. SPSS package program 24.0 PROBIT analysis was used to calculate the acute toxicity value.

As a result of the study data, the LC₅₀ values caused by DBF in *D. Polymorpha* individuals were calculated as 1232.23±41.44 ppm.

Key Words: Diflubenzuron, *Dreissena polymorpha*, lethal concentration

1. GİRİŞ

İnsanlık yeryüzünde var oluşundan günümüze kadar hemen her alanda sürekli bir gelişim içerisinde olmuştur. Özellikler avcı-toplayıcı yaşam tarzından yerleşik hayata geçtikten sonra tarım ve hayvancılık alanında çeşitli araç ve gereçler geliştirmeye başlamıştır. Sanayi dönemine geçiş ile her alanda olduğu gibi tarım alanında da insan ve hayvan gücünün yapamayacağı işlerde makineler kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle traktör ve biçerdöver gibi iş makineleri tarım işlerini oldukça kolaylaştırmıştır. Bu aletler ile daha fazla tarım alanı işlenmeye başlanmış ve daha fazla ürün elde edilmiştir. Ancak dünya nüfusu da hızla artmaya devam etmiştir. Tarım ve hayvancılık alanında görülen bu artışlar ancak artan dünya nüfusun gıda ihtiyacını karşılamaya yetmiştir. Son yıllarda tarım ve hayvancılık alanlarının kirlenmesi, sanayi atıklarının toprak, su ve havayı kirlenmesi, dünya nüfusunun hızla artması, iklimlerde meydana gelen değişimler neticesinde üretilen gıda maddeleri dünya nüfusunu karşılayamaz duruma gelmiştir. Ekosistemde meydana gelen bu değişimler insan sağlığını tehlikeye attığı gibi tarım ve hayvancılık üzerinde de olumsuz etkiler oluşturmaya başlamıştır. Ancak birçok ülke kendi vatandaşlarının besin ihtiyacını karşılamak için ekosistemdeki bozulmaları göz ardı ederek çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler ile tarım ve hayvancılık verimini artırma yoluna gitmiştir. Bu amaçla tarım ve hayvancılık alanlarında çeşitli pestisit ve insektisit dediğimiz kimyasal yollarla elde edilen birçok zirai ilaçlar geliştirilmiştir. Bu zirai ilaçların kullanılmaya başlanmasıyla doğal ekosistem sürekli baskı altında kalarak bozulmaya başlamış ve bu bozulma halen günümüzde de devam etmektedir. Bu şekilde bilinçsizce kullanılan pestisitlerin hedef olmayan diğer canlılar ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri her geçen gün artmaktadır. Artan bu etkiler sonucunda yeryüzünde gerek bitkisel ve gerekse hayvansal birçok tür ortadan kalkmış ya da yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır. Yeryüzü ekosistem bir bütün olarak değerlendirildiğinde önceleri bölgesel olarak meydana gelen bu bozulmalar son yıllarda genele yayılmaya başlamıştır (Aydın ve ark., 2022). En bariz örneğini iklimlerde meydana gelen değişimler ve dengesizliklerde görmek mümkündür. Son elli yıl içerisinde organik bitkisel ya da hayvansal ürün elde etmek neredeyse yok denecek kadar azalmıştır. Kimyasal ve fiziksel kirlenmelerin yanı sıra birçok canlının genetiği ile oynanarak yapıları bozulmuş ve bu bozuk yapıları canlılar besin zinciri ile hemen bütün canlılara taşınmıştır. Canlıların hemen hepsi ya kimyasal maddelere maruz kalmış ya da genetiği değiştirilmiş bir besin maddesi tüketmiştir (Aydın

ve Köprücü, 2005). Bu beslenme şekline bağlı olarak insanlar da dahil bütün canlılar içinde yaşadıkları dünya ekosisteminde bir tehlike içerisine gittikçe yaklaşmaktadırlar. Bu nedenle acil ve kesin çözümler bulunması gerekmektedir.

Yukarıda özetlemeye çalıştığımız ekosistemde meydana gelen bozulmaların tespit edilmesi ve gereken önlemlerin alınması için çeşitli kirlilik belirleme ve ölçme teknikleri vardır. Bu tekniklerin birçoğu fiziksel ve kimyasal metotlar ile ölçülmektedir. Yapılan bu ölçümler birkaç parametre içermektedir. Ancak ekosistemde gerek canlı ve gerekse cansız birçok etken o ekosistemde yaşayan canlıların üzerine etki etmektedir. Çünkü ekosistem bir bütündür. Bu bütünün herhangi bir faktörü değiştiğinde bütün bozulacak ve içerisinde yaşayan canlılar olumsuz yönde etkilenecektir. Bu etkilenme neticesinde ortamda yaşayan canlılar ya o ekosistemi terk edecekler ya popülasyonlarında azalma olacak ya da çevresel şartlara uyum sağlayamayıp yok olacaklardır. Ekosistemde meydana gelen bozulmaların tespit edilmesinde biyoindikatör dediğimiz çeşitli hassas canlı türleri kullanılmaktadır. Bu amaçla çeşitli balık türleri, algler, kabuklular ve bakteriler indikatör tür olarak kullanılmaktadır. Bu canlıların doku, organ, hücre gibi çeşitli vücut bölümlerinin çevre kirliliğine karşı oluşturduğu yanıtlar su kirliliği hakkında bilgi vermektedir. Bu yanıtlar; biyolojik, mikrobiyal, genotoksik ve histopatolojik olabilmektedir. Su kirliliğine neden olan etkenlerin ekosisteme hangi ölçüde zarar verdiği kirleticinin türüne, miktarına, maruz kalma süresine, kirlenen sucul ortamının fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısına, sucul ortamdaki canlıların tür ve büyüklüklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çünkü sucul bir ortamdaki canlı toplulukları o ortamın hafızasını oluşturmaktadır. Kirlenmeye bağlı olarak bazı türlerin ortadan kalkması ya da ortama yeni türlerin gelmesi, mevcut canlıların yapılarında meydana gelen değişimler, kirlilik derecesi gibi durumlar bu fikri desteklemektedir (Serdar ve ark., 2024).

Biyoundikatör, bir çevre ya da bir ekosistemin sağlık durumunu kontrol etmek için o bölgede yaşayan canlı türlerini bir gösterge olarak kullanılmalıdır. Biyoindikatör, herhangi bir ortamda yaşayan ve çevresel değişimlere hassasiyet gösteren bazı özel türleri içerirken, biyobelirteçler bu canlıların doku ve organlarına ait bazı biyokimyasal, fizyoloji ve histolojik parametreleri kapsamaktadır. Özellikle sucul ortamların doğal yapısında oluşan değişiklikler ile kirlilik araştırmaları çoğunlukla geleneksel yöntemler dediğimiz fiziksel ve kimyasal parametrelerle ölçülmektedir. Halbu ki doğal ortamın yerleşik türlerinin biyoindikatör olarak seçimi ve incelenmesi hem kimyasal kirliliği hem de

ekosistemde oluşan değişiklikleri göstermesi açısından diğer yöntemlere göre daha yararlıdır (Dönmez ve Yılmaz, 2015; Aydın ve ark., 2023).

Diflubenzuron; Diflubenzuron dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde kullanılmasına izin verilen pestisitler listesinde yer alan ve sıklıkla kullanılan bir pestisit çeşidi olduğu için gerek ülkemizde ve gerekse yurt dışında diflubenzuron ile ilgili çeşitli bilimsel araştırmalar yapılmıştır. Özellikle geniş spektrumlu pestisitlerin kullanılması sonucunda ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri fark edilmeye başlanıldığından beri etki alanı daha dar olan zirai ilaçlar geliştirilmeye başlanmıştır. Bu amaçla böceklerde hormonları etkileyen diflubenzuron 1971 yılında keşfedilmiştir. Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de özellikle elma kurdu ve birçok tarımsal alanda zararlılarla mücadelede yaygın olarak kullanılmaktadır (Göktay ve Kısımalı, 1990).

Oral, dermal ve inhalasyon maruziyetlerini takiben, diflubenzuronun memeliler ve insanlar üzerindeki olumsuz sağlık etkileri, kandaki hemoglobin ve oksijen taşınmasına zarar verme şeklinde kendini göstermektedir. Birincil toksik etkileri, kanda aşırı methemoglobin (methemoglobinemi: oksijen taşıyamayan bir hemoglobin şeklidir) ve/veya sülfmetoglobin (sülfhemoglobinemi: bağlanma yeteneğinde olan kükürt atomunu içeren hemoglobin) oluşumu ile hematopoietik sistem üzerine etkileri tespit edilmiştir. Methemoglobinemi ve/veya sülfhemoglobinemi kanın oksijen taşıma kapasitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Diflubenzuron bir böcek büyüme inhibitörü (sınırlayıcısı) olup hedef olmayan kara ve sucul canlılar üzerine risk etkisi düşük olmasına rağmen bal arıları üzerine etki riskleri oldukça fazladır. Diflubenzuron, molekül ağırlığı 310,7 g/mol ve erime noktası 210-230 °C olan beyaz kristal bir katı maddedir. Diflubenzuron, 25 °C'de 0,08 mg/L suda çözünürlüğü ile suda çözünmez. Ancak asetonitril (2 g/L), aseton (6,5 g/L), dimetilsülfoksit ve dimetilformamid (120 g/L) ve N-metilpirolidon (200 g/L) gibi organik çözücülerde çözünür. Diflubenzuron toprakta kalıcı değildir. Biyolojik bozunma, aerobik topraklarda yarı ömrü 2,2 ila 6,2 gün arasında olurken anaerobik topraklarda yarı ömrü 2 ila 14 gün arasında değişmektedir. Aynı şekilde suda yarı ömürleri de 2-6 gün arasında değişim göstermektedir. Sularda aerobik şartlarda yarılanma ömürleri 3,7- 26 gün arasında değişirken, anaerobik şartlarda bu süre 34 gün olarak rapor edilmiştir (USDA, 2019).

Mevcut pestisitler arasında diflubenzuron (DFB), böcek ilacı ve mantar ilacı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Chang ve ark., 2018). İki ana kitin sentezi inhibitöründen biri olan diflubenzuron, larvaların deri ve kabuk değiştirmesini

engellemektedir. Bir benzoilfenilüre türevi olan diflubenzuron, olgunlaşmamış böcekleri ve kabukluları kontrol etmede etkilidir (Dai ve ark., 2018). Diflubenzuron; zeytin güvesi (*Prays oleae*), Elma içkurdu (*Cydia pomonella*), Amerikan beyazkelebeği (*Hyphantria cunea*), Antepfıstığı gözkurdu (*Thaumetopoea solitaria*), Armut psillidi (*Cacopsylla pyri*) gibi birçok alanda kullanılmaktadır (URL-1).

1.1. Zebra Midyeleri (*Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771)) Hakkında Genel Bilgiler

Alem:	Animalia
Şube:	Mollusca
Sınıf:	Bivalvia
Alt sınıf:	Heterodonta
Takım:	Veneroida
Süper aile:	Dreissenoidea
Aile:	Dreissenidae
Cins:	Dreissena
Tür:	<i>Dreissena polymorpha</i>

D. polymorpha, çoğunlukla tatlı ve acı (ancak bazen nehir ağzı) sularla ilişkilendirilen 'sahte midye' (Dreissenidae) familyasına aittir. Her iki kabuğun iç kısmında, gagada rafa benzer küçük bir platforma sahip olmaları nedeniyle gerçek midyelerden (Mytilidae) ayrılırlar. Burası addüktör kasının bağlanma yeridir. Gerçek midyeler gibi, umboda daralan uzun, kavisli bir kabuğa sahiptirler ve byssus adı verilen güçlü iplikler salgılayarak sert alt tabakalara bağlanırlar (Abbott 1974; Pathy ve Mackie 1993). *D. polymorpha*'nın keskin bir umbosu vardır ve ventroposteriyel olarak içe doğru güçlü bir şekilde kavislidir, Her kabuğun üzerinde ventrolateral bir çıkıntı bulunur ve genellikle daha yuvarlak ve daha yüksek bir dorso-anterior eğime, bazen de kanat benzeri bir uzantıya sahiptirler. Kenardan bakıldığında, *D. polymorpha*'nın iki valfi simetriktir ve iki kabuğun kenarları düz bir çizgi mevcuttur. *D. polymorpha*'nın tamamı kahverengi, siyah veya beyaz olabilir veya dış kısmında çeşitli çizgili desenler bulunabilir. Bu midyenin boyu 5 cm'ye

kadar büyüyebilir ancak genellikle çok daha küçüktür (Pathy ve Mackie 1993; USGS Yerli Olmayan Su Türleri Programı 2012).

D. polymorpha'nın suya yumurta ve sperm salınan ayrı cinsiyetleri vardır, bu da planktonik larvalara, önce trokofora, sonra kabuklu veliger'e neden olur. Doğurganlık boyuta göre değişir; kabukları ~10 mm uzunluğunda olan dişiler için yaklaşık 500 yumurtadan, 20-25 mm uzunluğundaki dişiler için 150-300.000 yumurtaya kadar değişir (Stoeckel ve ark., 2004). Yıllık doğurganlığın yılda 960.000 embriyo olduğu tahmin edilmektedir (Keller ve ark., 2007). Bazı dişiler yumurtlama başına bir milyondan fazla yumurta üretebilmektedir (Sprung 1993). Laboratuarda yetiştirilen *D. polymorpha* larvaları 22-24°C'de pediveliger aşamasına ulaştı ve döllenmeden yaklaşık 15-23 gün sonra yerleşmeye başladı (Wright ve ark., 1996; Stoeckel ve ark., 2004). Başarılı üreme ve larva gelişimi 12-27°C'de gerçekleşir (Sprung 1993; Fong ve ark., 1995; Wright ve ark., 1996). Üreme en çok tatlı suda başarılıdır, ancak döllenme ve gelişme iklime alışmış hayvanlarda 3,5 PSU'da başarılı bir şekilde gerçekleşir (Fong ve ark. 1995). Veligerler son derece bol olabilir. Bunlar, St. Lawrence Nehri'nin nehir ağız geçiş bölgesindeki baskın zooplankton formudur, ancak beslenme kaynakları, bakteriler ve çözünmüş organik karbon, yerli planktonlar tarafından kullanılmamıştır. İzotopik analiz, bunların yerli balıklar tarafından yoğun bir şekilde beslenmediğini göstermektedir (Barnard ve ark., 2006).

Yetişkin Zebra Midyeleri, alışmayla birlikte 37°C kadar yüksek sıcaklıklara kısa süreli maruz kalmayı tolere eder (Spidle ve ark., 1995), ancak uzun süreli hayatta kalmanın üst sınırı yaklaşık 30°C'dir (Iwanyzki ve McCauley 1993; McMahan 1996). Sıfıra yakın sıcaklıkları tolere ederler ve buzla kaplı göllerde hayatta kalırlar, ancak optimal beslenme, büyüme ve üreme için en az 10-12°C sıcaklıklara ihtiyaç duyarlar (McMahan 1996). Kuzey Amerika popülasyonlarının, Avrupalılardan daha yüksek bir üst termal limite sahip olduğu görülmektedir, -30°C'ye karşılık 27-28°C (McMahan 1996), bu genetik farklılıklar, iklime alışma veya farklı deneysel yöntemlerden kaynaklanabilir.

Tatlı sularda diğer iyonlar *D. polymorpha*'nın istila edilemezliğini etkileyebilir. Yetişkin midyeler için alt pH sınırının yaklaşık 7,5 olduğu ve kabukların çözünmesinin daha düşük seviyelerde meydana geldiği rapor edilmiştir (Baker ve ark., 1994; McMahan 1996; Claudi ve ark., 2012). Kalsiyum konsantrasyonları, *D. polymorpha*'nın dağılımını sınırlayabilen diğer bir su kalitesi faktörüdür ve gelgit olmayan St. Lawrence Nehri'nde Zebra Midyeleri 7,5 mg Ca.L⁻¹ kadar düşük seviyelerde oluşmuştur (Jones ve Ricciardi

2005). Bununla birlikte, daha yüksek konsantrasyonlar (18-21 mg L⁻¹) hayatta kalma ve büyümeyi büyük ölçüde artırır (McMahon 1996; Baldwin ve ark. 2012). Zebra Midyeleri yüksek oksijen gereksinimlerine sahiptir ve şiddetli hipokside (%3 doygunluk) 25°C'de yalnızca 3-5 gün hayatta kalırlar, bu da ötrofik sulardaki dağılımlarını sınırlayabilir (McMahon 1996; Matthews ve McMahon 1999).

Dreissenid midyeleri, solungaçlarından büyük miktarlarda su pompalayan, parçacıkları tutan ve fazla veya yenmeyen parçacıkları sahte dışkı olarak döken süspanسیونlu besleyicilerdir. Zebra Midyeleri, 10-150 µm'lik parçacıklar için yüksek filtreleme oranlarını korudu. Büyük midyeler, küçük zooplanktonları ve zincir oluşturan büyük diatomları içerebilen 900-1200 µm'ye kadar parçacıkları yakalayabiliyordu. Bununla birlikte, bir dereceye kadar seçiciliğe sahiptirler ve döküntüleri, inorganik parçacıkları veya toksik *Microcystis* kolonileri gibi toksik maddeleri hariç tutabilirler (Horgan ve Mills 1997; Baker 1994; Vanderploeg ve ark., 2001). Bununla birlikte, Hudson Nehri halicinde karasal döküntülerin Zebra Midyelerinin diyetinin ~%40'ını oluşturduğu tahmin edilmektedir (Cole ve Solomon 2012).

Zebra Midyeleri kaya, ahşap ve insan yapımı yapılar gibi sert alt katmanların yanı sıra bitki örtüsüne de yerleşir (Sprung 1993; Mellina ve Rasmussen 1994; Strayer ve ark., 1996). Kum, silt ve çamur gibi yumuşak dip çökeltileri genellikle uygun olmayan habitat olarak kabul edilir. Sert yüzeylere bağlanmak için baysal iplikler kullanırlar, ancak yumuşak alt tabakalar üzerine kümeler halinde yerleşerek dağınık kabuklara ve diğer sert nesnelere veya çökelti yüzeyine yapışabilirler (Berkman ve ark., 1998). Çoğunlukla sığ sularda bulunurlar ancak 110 m'nin üzerinde derinliklerde de rapor edilmiştir (Mackie 1993; Martel ve ark., 2001; Ricciardi ve Whoriskey 2004). Quebec'teki St. Lawrence ağzında, bazı Zebra Midyeleri gelgit arası kaya yarıklarında meydana geldi ve kışı hayatta geçirdi (Mellina ve Rasmussen 1994), ancak genellikle aşırı sıcaklıklar ve buzun oyulması nedeniyle gelgit arası bölgelerde bulunmuyorlar (Strayer ve Smith 1993; Strayer ve ark. 1996).

D. polymorpha, Dünya Koruma Birliği'nin (IUCN) İstilacı Türler Uzman Grubu tarafından 'en kötü 100 istilacı türden' biri olarak listelenmiştir. Kuzey Amerika'da, geniş kapsamlı ekonomik ve ekolojik etkileri nedeniyle suda yaşayan istilacı türlerin 'poster çocuğu' olmuştur. Zebra Midyelerinin etkileri Avrupa'daki göller, nehirler ve halıçer ile Hudson Nehri, Büyük Göller ve Mississippi Nehirlerinden geniş çapta rapor edilmiştir. Etkilerin çoğu su kütleleri arasında benzer olsa da, bazı sistemler zebra midye istilasına

ekolojik ve biyotik farklılıklardan kaynaklanan farklı tepkiler göstermiştir (Ludyanskiy ve ark., 1993; MacIsaac 1996; Karatayev ve ark., 2002; Minchin ve ark., 2005).

Büyük Göller'deki Zebra Midyeleri ilk kez 1988-1990'da doğal gaz kuyularını, enerji santrallerini, su şebekelerini, tekneleri ve iskeleleri kirleten, temizleme ve uzaklaştırma konusunda önemli maliyetlere yol açan çok sorunlu bir istilacı olarak fark edildi (Kovalak ve ark., 1993; LePage 1993; Carlton 2008). Daha sonra, göllerde, balıkçılık ve rekreasyon açısından karışık maliyet ve faydalarla birlikte ciddi ekolojik değişiklikler meydana geldi; bunlar arasında büyük ölçüde artan su berraklığı, besin ağlarındaki değişiklikler, bazı balık türlerini olumsuz yönde etkileyen ve diğerlerine fayda sağlayan, su altındaki bitki örtüsünün, ölü midye ve kabukların büyümesinin artması yer alıyor. kıyıya vurma, zehirli 'mavi-yeşil' alglerin çoğalması vb. (Ludyanskiy ve ark., 1993; MacIsaac 1996; Limburg ve ark., 2010). Colautti ve ark. (2006), Zebra Midyelerinin Kanada'daki enerji santrallerine maliyetinin yılda 6-7 milyon Kanada Doları olduğunu tahmin etmektedir. Lovell ve ark. (2006), zebra midyelerinin ekonomik etkilerine ilişkin, döneme ve hangi maliyetlerin dahil edildiğine bağlı olarak yılda 83 milyon dolardan 3 milyar dolara kadar oldukça farklı tahminler sunmaktadır. Bu tahminler büyük ölçüde enerji santralleri ve su filtreleme tesislerinin maliyetlerine dayanmaktadır. Estetik ve rekreasyonel maliyet ve faydaları tahmin etmek daha zordur çünkü bunlar büyük ölçüde algılara bağlıdır (Lovell ve ark., 2006; Limburg ve ark., 2010).

1.2. Lethal Konsantrasyon (LC₅₀)

Bu metod ile belli bir zaman dilimi içerisinde, toksik madde içeren bir ortamda bulunan canlıların %50'sini öldüren madde miktarı bulunmaya çalışılır. Genellikle 24, 48, 72 veya 96 saatlik bir süre içinde görülen ölüm oranlarından hareket edilerek LC₅₀ bulunmaya çalışılır. Toksik maddenin konsantrasyonu suda düşük miktarlarda olduğu zaman ölüm görülmeyebilir veya çok düşük oranlarda ölüm olabilir. Toksik madde konsantrasyonu arttıkça ölüm oranı da artar ve belirli bir konsantrasyondan sonra canlıların tümü ölür. Bu tip denemelerde toksik madde konsantrasyonu (X) ile ölüm oranı (Y) arasında sigmoid bir ilişki vardır yani 'S' şeklinde bir ilişki görülür. Bu sigmoid eğri üzerinde interpolasyon yoluyla LC₅₀'nin hesaplanması mümkündür. Ancak bu hesaplanacak değer tahmini bir değerdir. Toksik madde konsantrasyonlarının tabii logaritmaları ile ölüm oranlarının probitleri arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu

probit regresyon hattının hesaplanması ile LC₅₀'nin bulunması daha doğru sonuç verir (Düzgüneş ve Düzgüneş 1958).

Atasoy (2019), yapmış olduğu bir araştırmada aralarında diflubenzuron pestisitinin de olduğu 5 pestisit in yeraltı sularına karışma riskini bildirmiştir. Bu riskin nedenlerini aşırı sulama, gereksiz pestisit kullanımı ve toprak özelliklerine bağlı olduğunu vurgulamıştır.

Yao (2021), *Conopomorpha sinensis* embriyolarında diflubenzurona maruziyeti sonrasında kitin biyosentezinde yer alan genlerin, diflubenzuron maruziyetine karşı değişken yanıtlara sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Qiao ve ark. 2023, *Cyprinus carpio*'da diflubenzuronun sazan balıklarının kaslarında zamana karşı dinamik kalıntı dağılımı başlangıçta arttı ve ardından azaldığını, kalıntı konsantrasyonlarının böbrek > karaciğer > kas > solungaç > kan şeklinde olduğunu belirtmişlerdir.

Bao ve ark. 2023, *Oryzias melastigma* 'da diflubenzuron maruziyeti sonucunda olgunlaşmamış oositlerin yüzde miktarlarında artışların olduğunu, tüm tedavi gruplarında GnRH ve FSH düzeylerinde önemli bir düşüşe yol açtığını belirtmişlerdir.

Kato (2022), *Daphnia magna*'da DBF etkisi ile çoğu bireyinde tüy dökümünü inhibe ettiğini, akut immobilizasyon testinde kitin sentezi inhibitörü olan DFB'ye karşı duyarlılıkta anlamlı farklılık gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Abe (2019), *Oreochromis niloticus* ve *Hyphessobrycon eques* de DBF etkisi ile balıklar için zararlı ve toksik olarak değerlendirilebileceğini vurgulamışlardır.

Yapılan bu çalışma ile DFB'nin *D. polymorpha* da akut toksisite deneyleri ile LC₅₀ değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL METOD

2.1. Materyal

2.1.1. Model organizma temini ve adaptasyonu

Çalışma kapsamındaki canlı materyali *D. polymorpha*, Fırat Nehri (Keban Baraj Gölü çıkışı (Resim.2.1), koordinatlar: 38°48'11.2"N 38°43'42.5"E)'nden el yordamıyla toplanarak temin edilmiştir. Canlı materyalin laboratuvar ortamına adaptasyonu için 500 litre hacimli stok tankları hazırlanmıştır. Stok tanklarındaki suyun sıcaklığı 18 ± 1 °C olacak şekilde chiller ile ayarlanmıştır. Ortam aydınlatması 12:12 karanlık:aydınlık olacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca ortam suyunun su kalitesi için stok tanklarındaki suyu filtre eden harici filtre cihazı, havuzların su sıcaklığının sabitlenmesi için chiller kullanılmıştır.



Resim 2.1. Fırat nehri Keban baraj gölü çıkışı

Canlı materyaller önceden belirlenmiş koordinatlardan el yordamıyla toplanarak alınmıştır (Resim 2.2). Toplanan canlı modeller daha önceden doğal ortamına uygun olarak hazırlanan tanklara taşınmış ve tanklara mikroalgler ilave edilerek beslenmeleri sağlanmıştır.



Resim 2.2. Araziden toplanmış canlı materyaller

2.1.2. Kimyasal madde

Çalışmada kullanılan Diflubenzuron HPLC standartlarında % 99,99 saflıkta olup, ticari bir firmadan satın alınmıştır.

2.2. Metod

2.2.1. Metrik meristik verilerin ölçülmesi

Çalışmada kullanılan *D. polymorpha* bireyelerine ait metrik meristik veriler ölçülerek kayıt edilmiştir. Ağırlık ölçümleri 0,1 mg hassasiyetli elektronik hassas terazide ölçülmüştür. Boy verileri ölçümünde ise 0,001 mm hassasiyetli elektronik kumpas kullanılmıştır.

2.2.2. Akut letal konsantrasyon (LC₅₀)'unun belirlenmesi

Model organizma *D. polymorpha* laboratuvar koşullarına 1 ay süre ile adapte edilmiştir. DBF HPLC standartlarında % 99,99 saflıkta kullanılmıştır. Model canlı için çalışma kapsamında akut letal konsantrasyon (LC₅₀) değerleri için öncelikle aralık belirleme testleri yapılmıştır (Resim 2.3)

Konrtol grupları da dahil 7 adet deneme grubu oluşturulmuştur. Çalışma 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.



Resim 2.3. Letal konsantrasyon belirleme çalışmaları

DFB Akut Toksikite Uygulama Konsantrasyonları

C1: DFB konsantrasyonu uygulanmayan kontrol grubu

C2: 0,1 ppm DFB konsantrasyonu uygulanan grup

C3: 1 ppm DFB konsantrasyonu uygulanan grup

C4: 10 ppm DFB konsantrasyonu uygulanan grup

C5: 100 ppm DFB konsantrasyonu uygulanan grup

C6: 500 ppm DFB konsantrasyonu uygulanan grup

C7: 1000 ppm DFB konsantrasyonu uygulanan grup

2.2.3. İstatistiksel analiz

Çalışmada kurgulanan aralık belirleme ve LC_{50} testleri dahil tüm deneysel uygulamalar üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Akut toksisite değerinin hesaplanmasında SPSS paket program 24.0 PROBIT analizi kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Metrik Meristik Bulgular

Çalışmada kullanılan *D. polymorpha* bireylerine ait metrik meristik verileri; ağırlık $1,035\pm 0,28$ g, uzunluk $20,36\pm 2,14$ mm, genişlik $10,078\pm 0,99$ mm ve yükseklik $9,824\pm 1,06$ mm olarak kayıt edilmiştir.

3.2. Probit Analiz Verileri

Probit analizi, belli bir bağımlı değişken(response) oranına ulaşmak için gerekli olan bağımsız değişken etkisinin tahmin edilmesine imkan sağlar (URL-2).

Akut toksisite değerinin hesaplanmasında SPSS paket program 24.0 PROBİT analizi $1232,23\pm 41,44$ ppm olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. LC₅₀ değerleri

Tekerrürler	LC ₅₀ Değerleri (ppm)
1.Tekerrür	1259,37
2.Tekerrür	1252,79
3.Tekerrür	1184,53
Ortalama	1232,23±41,44

3.3. LC₅₀ Değerleri

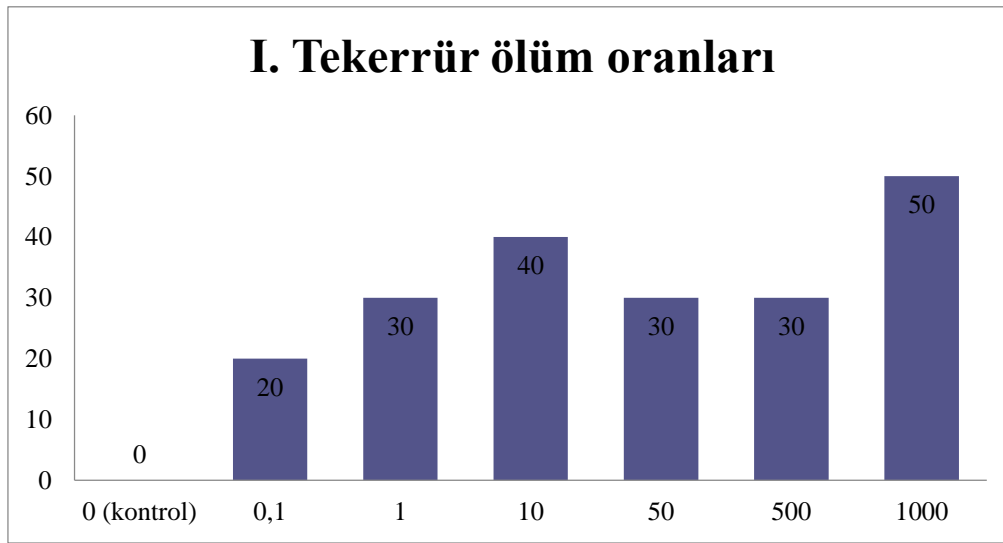
Aralık belirleme konsantrasyonları sonucunda LC₅₀ değeri belirlemek için saptanan uygulama konsantrasyonları ve tekerrür bilgileri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Diflubenziron pestisitinin *D. polymorpha* uygulama konsantrasyonları ve tekerrür bilgi tablosu

Konsantrasyonlar	1. Tekerrür	2. Tekerrür	3. Tekerrür
0 (kontrol)	0	0	0
0,1 ppm	2	4	2
1 ppm	3	2	3
10 ppm	4	5	4
50 ppm	3	2	3
500 ppm	3	4	4
1000 ppm	5	3	5

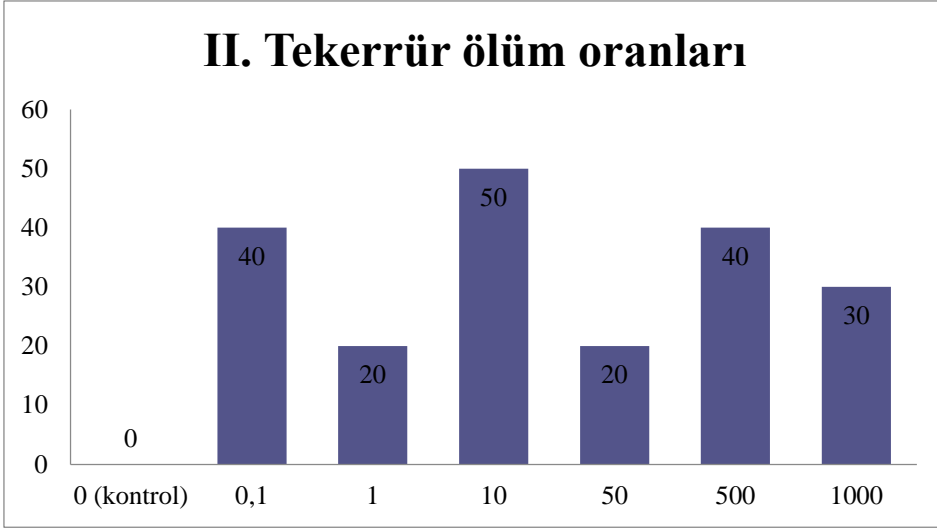
Yaptığımız çalışmada DBF'nin *D. polymorpha*'da meydana getirmiş olduğu LC₅₀ değerleri 24 ve 96 saatlik periyotlar şeklinde olacak şekilde kontroller sağlanmış olup ölüm oranları belirlenmiştir. Yaptığımız çalışma 3 tekrardan oluşmakla beraber LC₅₀ değeri 1232,23 ± 41,44 ppm olarak tespit edilmiştir.

DBF pestisitinin *D. polymorpha*'da 0,1, 1, 10, 50, 500 ve 1000 ppm konsantrasyonlarda 1. tekrarda meydana gelen ölüm oranları Şekil 3.1'de verilmiştir. En düşük ölüm oranı 0,1 ppm'de meydana gelirken en yüksek ölüm oranı 1000 ppm konsantrasyonunda gerçekleşmiştir.



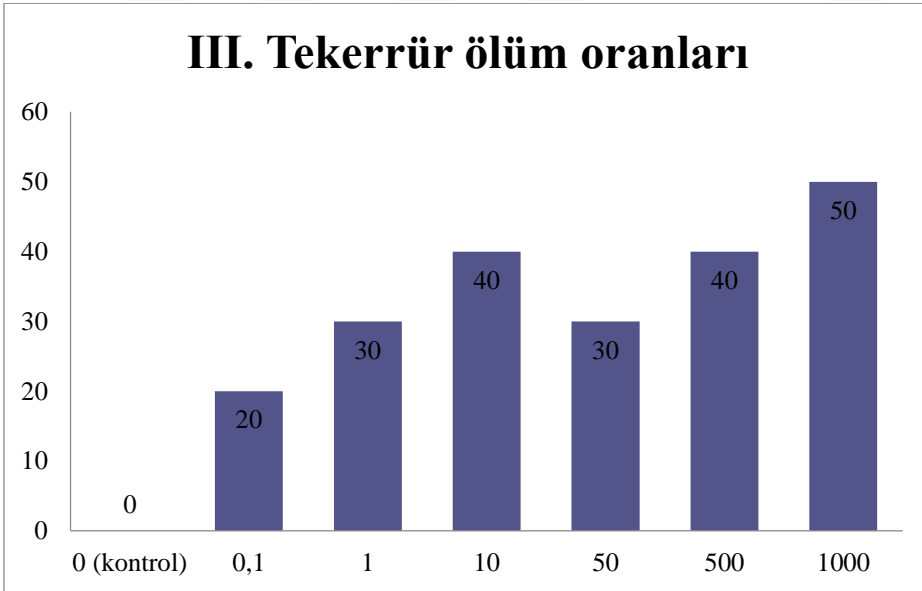
Şekil 3.1. Birinci tekrarda meydana gelen ölüm oranları

DBF pestisitinin *D. Polymorpha*'da 0,1, 1, 10, 50, 500 ve 1000 ppm konsantrasyonlarda 2. tekrarda meydana gelen ölüm oranları Şekil 3.2'de verilmiştir. En düşük ölüm oranı 1 ve 50 ppm'de meydana gelirken en yüksek ölüm oranı 10 ppm konsantrasyonunda gözlemlenmiştir.



Şekil 3.2. İkinci tekerrürde meydana gelen ölüm oranları

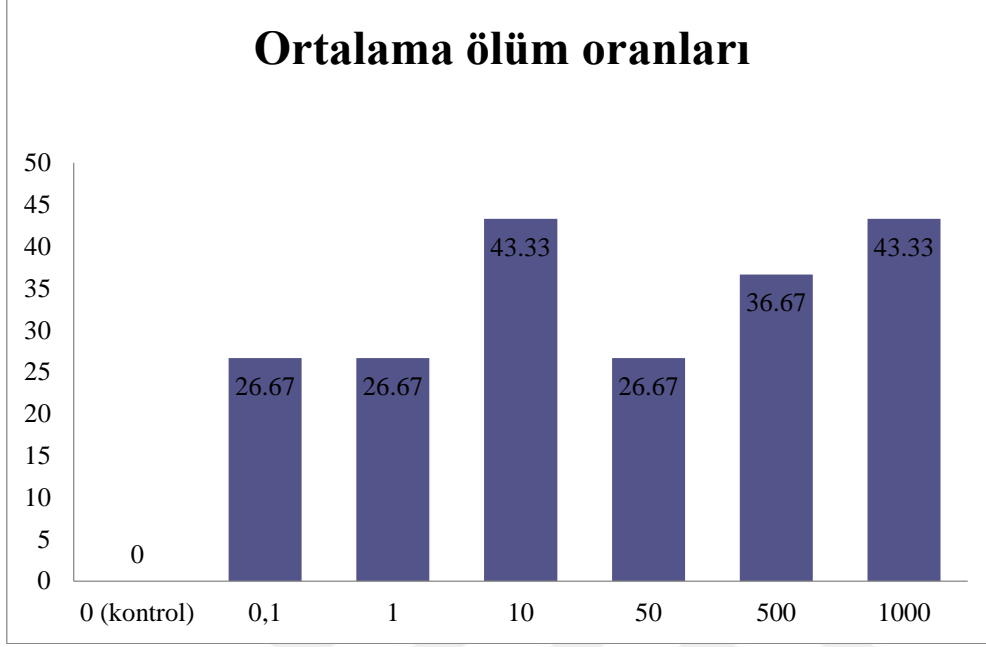
DBF pestisitinin *D. polymorpha*'da 0,1, 1, 10, 50, 500 ve 1000 ppm konsantrasyonlarda 3. tekerrürde meydana gelen ölüm oranları Şekil 3.3'te verilmiştir. En düşük ölüm oranı 0,1 ppm'de, en yüksek ölüm oranı 1000 ppm konsantrasyonunda gözlemlenmiştir.



Şekil 3.3. Üçüncü tekerrürde meydana gelen ölüm oranları

DBF pestisitinin *D. polymorpha*'da 0,1, 1, 10, 50, 500 ve 1000 ppm konsantrasyonlarda 3 tekerrürde meydana gelen ortalama ölüm oranları Şekil 3.4'te

verilmiştir. Ölüm oranların en yüksek olduğu konsantrasyonlar 10 ve 1000 ppm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Tüm tekerrürlerde meydana gelen ortalama ölüm oranları

4. TARTIŞMA

Nehirlerin ve göllerin antropojenik kökenli kimyasallarla kirlenmesi olumsuz sonuçlara yol açabilir: Sular içme ve diğer evsel amaçlar, sulama ve balık yetiştiriciliği için uygunsuz hale gelir ve buralarda yaşayan hayvan toplulukları ciddi şekilde zarar görebilir (Köprücü ve Aydın, 2005). Oluşan bu etkinin seviyesi, olumlu veya olumsuzluk derecesinin bilinmesi, sürdürülebilir çevre için çok önemli faktörlerden biridir (Ödün, 2022). Günümüzde çevreye verilen kimyasalların oluşturduğu veya oluşturacağı etkilerin belirlenmesi ve olası çözüm yollarının bulunması amacıyla çeşitli çevresel izleme çalışmaları yapılmaktadır (Kaymak, 2017).

Diflubenzuronun suda yaşayan omurgasızlar üzerindeki akut ve kronik toksisitesi değişkendir ve test edilen suda yaşayan organizma grubuna bağlıdır.

Kabuklu hayvanlar için suda diflubenzuronun akut medyan ölümcül konsantrasyonu *Daphnia magna*'da 0,75 µg/L ile çim karidesi *Palaemonetes pugio*'da (Wilson ve Costlow, 1986) 2,95 µg/L arasında değişmektedir. Suda yaşayan böceklerin olgunlaşmamış aşamalarına kadar sudaki diflubenzuronun ortalama ölümcül konsantrasyonu, *Aedes nigromaculatum* sivrisineklerinde 0,5 µg/L (Miura ve Takahashi, 1974) ile perlodid taş sineği *Skwala sp.*'de 57 mg/L arasında değişmektedir. (Mayer ve Ellersieck, 1986). Salyangoz (*Physa sp.*) için sudaki diflubenzuronun ortalama ölümcül konsantrasyonu 125 mg/L'den fazla olduğu Willcox ve Coffey (1978) tarafından bildirilmiştir. Mevcut diflubenzuron formülasyonu ve suda yaşayan omurgasızları parçalayan toksisite çalışmaları, teknik aktif maddenin kullanıldığı benzer çalışmalarla karşılaştırıldığında azalmış toksisite göstermektedir.

Tarım ve evsel alanlarda zararlılardan korunmak ve mücadele etmek için kullanılan pestisitler çevrede çeşitli kalıntı miktarları oluşturmaktadır. Hava da asılı halde kalan ve toprak yüzeyinde biriken pestisitler rüzgarlar, yağmur suları ve yüzey akışları ile su ortamlarına karışmakta ve su ortamında bulunan en küçük canlıyı da etkileyerek besin zincirine girerek insana kadar ulaşmaktadır. Birçok araştırmacı tarafından pestisitlerin hedef dışı organizmalar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Köprücü ve Aydın, (2004), deltamethrin pestisitinin; Aydın ve Köprücü, (2005) diazinon pestisitinin; Aydın ve ark. (2005), cypermethrin pestisitinin *Cyprinus carpio* embriyo ve larvasında akut toksisitesini tespit etmişlerdir. Aydın ve ark. 2022, *Gammarus pulex* (L., 1758) bireyleri cyfluthrin ve dimethoate etken maddelerini içeren iki insektisit farklı konsantrasyonlarına maruz

birakılarak, akut toksisite testlerinden LC₅₀ değerlerini dimethoate için LC₅₀ değeri 170,51 ± 8,15 µg/l tespit edilirken, cyfluthrin için LC₅₀ değeri 0,800 ± 0,12 ng/l olarak olarak belirlenmişlerdir. Wilson ve Costlow, (1987) DFB'nin çim karidesinin (*Palaemonetes pugio*)'de larvalar ve postlarvalarda 96 saatlik LC₅₀ değerlerini sırasıyla 1,44 ve 1,62 µg L⁻¹ olduğunu belirlenmişlerdir. Yokoyama, (2019) *Cheumatopsyche brevilineata*'nın DBF etkisi ile LC₅₀ değerini 2,89 µg/L olarak belirlenmiş ve yavrularda morfolojik anormalliklere neden oldu ve hayatta kalmalarını azalttığını belirtmiştir. Savitz ve ark. (1994), *Eurytemora affinis* nauplii'si üzerindeki LC₅₀ değerini 2.2 µg/L olarak belirlenmişler ve hayatta kalması ve kopepodit aşamasına kadar gelişimi üzerinde kısa vadeli etkiler gözlemlemişlerdir. Ferreira ve ark. (2020), DFB etkisi ile *Chironomus* için LC₅₀ değerini 2,77x10⁻³g/L *Buenoa* için ise 0,019g/L olarak belirlenmişlerdir. Gartenstein ve ark. (2006), *Artemia salina* embriyoları ve larvaları için 0.13 µg.L⁻¹ ve 0,37 µg.L⁻¹ olarak belirlenmişlerdir. Tanner ve Moffett, (1995) *bluegill*'de 2,5 µg/L DBF konsantrasyonlarına maruz kalma sonunda büyümede azalma yaşayabilir; bu da daha fazla açlığa, artan yırtıcılığa, kısım hayatta kalma oranlarının azalmasına ve zayıf üremeye neden olabileceğini belirtmişlerdir. Grosscurt (1978), *Leptinotarsa decemlineata* 'da DBF etkisi ile kütikül oluşumunun bozulduğunu, genç larva döneminde ölümler meydana geldiğini belirtmişlerdir. Demarco ve ark. (2022), *Artemia salina*'da DBF'de ölüm eğrisi logaritmik bir modeli izlediğini ve yalnızca hedef türleri etkilemediğini, aynı zamanda hedef olmayan türlerin morfolojisine de olumsuz müdahale ettiğini belirtmişlerdir. Macken ve ark. (2015), DBF etkisi ile *Tisbe battagliai*'de deri değiştirmenin tamamen durmasına ve sonunda ölüme neden olduğunu belirtmişlerdir. Duchet ve ark. (2011), *Daphnia pulex* ve *Daphnia magna* DFB etkisi ile kitobiaz aktivitesinin potansiyelini değerlendirmişlerdir. Rumpf ve ark. (1997), *Micromus tasmaniae*'de DFB de dahil 6 farklı pestisitinin toksisitesini değerlendirmişler DFB'nin toksisitesinin zamanla değiştirdiğini belirtmişlerdir. Olsvik ve ark. (2013), *Gadus morhua*'da etkisini incelemişler ve moleküler düzeyde diflubenzuron tedavisinin gen transkripsiyonu üzerinde küçük etkileri gözlendiğini belirtmişlerdir. Benze ve ark. (2016), *Prochilodus lineatus*'da DFB etkisi ile balıklarda yaygın lezyonlar ve hafif ila orta derecede hasar olduğunu gösterirken, karaciğerde bu değişiklikler görüldüğünü belirtmişlerdir. Lahr ve ark. (2000), DFB etkisi ile peri karidesi (*Streptocephalus* spp.: *Branchiopoda*, *Anostraca*) popülasyonlarının yok edilmesinin sağladığını belirtmişlerdir. Kreutz ve ark. (2008), gümüş yayın balığı (*Rhamdia quelen*)'da DFB ve farklı pestisitlerin etkisini incelemişlerdir. Ikemoto ve ark. (1992), *Oryzias latipes*,

Daphnia pulex, and *Chlorella vulgaris*'de DFB de dahil bazı pestisitlerin toksisitesini incelemiştirler. Zaidi ve Soltani (2011), DFB ve flucycloxuron'un etkilerini *Gambusia affinis* üzerinde incelemiştirler ve maruz kalma süresinin ve konsantrasyonunun fonksiyonuna göre değişiklik gösterdiğini ve bazı enzi aktivitelerini incelemiştirler. Kashian ve Dodson (2002), klorosülfuran, siyanazin, diflubenzuron, metolaklor ve dikuatın toksisitesini *Daphnia magna*, üzerinde incelemiştirler.

Yapılan bu çalışmada DFB etken maddeli pestisitinin *D.polymorpha* üzerindeki akut toksisitesinde LC₅₀ değeri artan konsantrasyonla arttığı belirlenmiştir. Bu yönüyle literatürdeki bilgiyle paralellik göstermektedir.



5. SONUÇ

Diflubenzuron özellikle tarımda, zararlı böceklerin kontrolünde geniş spektrumlu böcek öldürücüleri olarak yaygın şekilde kullanılırlar. Tarım alanlarında kullanılan DFB'nin çeşitli yollarla su ortamına karışarak birikim oluşturduğu bilinmektedir. Su ortamına karışan pestisitler sucul organizmalarda çeşitli zararlar meydana getirmektedir.

Yapılan çalışmada gösteriyor ki DFB *D.polymorpha* üzerinde toksik etki oluşturarak sucul organizmalarda zararlar oluşturabileceği gözlemlenmiş ve bu sonuçlarda literatürde daha önceden yapılan çalışmalar tarafından da desteklenmiştir.

Bu nedenle pestisit kirliliğinin önlenmesi, sucul ve diğer canlıların olumsuz etkilenmemesi için;

Pestisitlerin zararlılara karşı kullanımında gerekli önlemleri alıp, kurallara uygun olarak uygulandığında toksik etkiyi biraz olsun azaltılabilir,

Zararlılarla mücadele ederken önce kültürel ve biyolojik yöntemler tercih edilmelidir.

Yeterli eğitim ve bilgi sahibi olmadan pestisit uygulaması yapılmamalıdır.

Etiket üzerindeki kullanım talimatı okunmalı ve bunlara uyulmalıdır.

Pestisit ambalaj ve paketleri kullanımdan sonra çevreye bırakılmamalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Abbott, R.T.**, 1974. American seashells. Van Nostrand Reinhold, New York. 86s..
- Abe, F.R., Machado, A.A., Coleone, A.C., da Cruz, C., Machado-Neto, J.G.**, 2019. Toxicity of diflubenzuron and temephos on freshwater fishes: ecotoxicological assays with *Oreochromis niloticus* and *Hyphessobrycon eques*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 230:1-10.
- Atasoy. D.A.**, 2019. Yeraltı sularında pestisit kirliliğinin pestisit özellikleri ve kullanım miktarları bakımından irdelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, (368):46-52.
- Aydın, A.N., Aydın, R., Serdar, O.**, 2022. Determination of letal concentrations (lc50) of cyfluthrin, dimethoate insecticides on *Gammarus pulex* (L., 1758). *Acta Aquatica Turcica*, 18(3):384-392.
- Aydın, R., Köprücü, K.**, 2005. Acute toxicity of diazinon on the common carp (*Cyprinus carpio* L.) embryos and larvae. *Pesticide biochemistry and physiology*, 82(3):220-225.
- Aydın, R., Aydın, A.N., Serdar, O.**, 2023. Sucul ortamlarda kullanılan biyoindikatör, biyobelirteç, serbest radikal ve antioksidanlar. *Tarım, Orman Ve Su Bilimlerinde Güncel Yaklaşımlar*, 343-372s.
- Aydın, R., Köprücü, K., Dörücü, M., Köprücü, S.Ş., Pala, M.**, 2005. Acute toxicity of synthetic pyrethroid cypermethrin on the common carp (*Cyprinus carpio* L.) embryos and larvae. *Aquaculture International*, 13(5):451-458.
- Baker, P., Baker, S., Mann, R.**, 1994. Potential range of the Zebra Mussel, *Dreissena polymorpha*, in and near Virginia., In: (Eds.) Zebra Mussels and the Mid-Atlantic: Reports from the Sea Grant Programs of New Jersey, Delaware, Maryland, Virginia, and North Carolina, College Park, 5-18s.
- Baldwin, B.S., Carpenter, M., Rury., Kristin., Woodward, E.**, 2012. Low dissolved ions may limit secondary invasion of inland waters by exotic round gobies and dreissenid mussels in North America, *Biological Invasions* 14: published online
- Bao, Y., Chen, Y., Zhou, Y., Wang, Q., Zuo, Z., Yang, C.**, 2023. Chronic diflubenzuron exposure causes reproductive toxic effects in female marine medaka (*Oryzias melastigma*). *Aquatic Toxicology*, 258:106511.18-2176.
- Barnard, C., Martineau, C., Frenette, J., Dodson, J.J., Vincent, W.F.**, 2006. Trophic position of zebra mussel veligers and their use of dissolved organic carbon, *Limnology and Oceanography* 51(3):1473-1484
- Benze, T.P., Sakuragui, M.M., de Paula Zago, L.H., Fernandes, M.N.**, 2016. Subchronic exposure to diflubenzuron causes health disorders in neotropical freshwater fish, *Prochilodus lineatus*. *Environmental toxicology*, 31(5):533-542.

- Canyurt, M.A.**, 1982. Bazı tarım ilaçlarının aynalı sazan, tilapia ve yılan balıkları için toksik konsantrasyonları üzerine araştırmalar. *EÜ Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Doçentlik Tezi, İzmir.*
- Carlton, J.T.**, 2008. The Zebra Mussel *Dreissena polymorpha* found in North America in 1986 and 1987, *Journal of Great Lakes Research*, 34:770-773
- Chang, J., Wang, H., Xu, P., Guo, B., Li, J., Wang, Y., Li, W.**, 2018. Oral and dermal diflubenzuron exposure causes a hypothalamic–pituitary–thyroid (HPT) axis disturbance in the *Mongolian racerunner (Eremias argus)*. *Environmental pollution*, 232:338-346.
- Claudi, R., Graves, A., Taraborelli, A.C., Prescott, R.J., Mastitsky, S.E.**, 2012. Impact of pH on survival and settlement of dreissenid mussels, *Aquatic Invasions 7*: in press
- Colautti, R.I., Bailey, S.A., van Overdijk, Colin D.A., Amundsen, K.M., Hugh J.**, 2006. Characterised and projected costs of nonindigenous species in Canada., *Biological Invasions*, 8:45-69
- Cole, J.J., Solomon, C.T.**, 2012. Terrestrial support of zebra mussels and the Hudson River food web: A multi-sotope, Bayesian analysis, *Limnology and Oceanography*, 57(6):1802-1815
- Colvin, M.E., Pierce, C.L., Stewart, T.W.**, 2015. A food web modeling analysis of a Midwestern, USA eutrophic lake dominated by non-native *Common carp* and Zebra mussels. *Ecological Modelling*, 312:26-40.
- Dai, P., Jack, C.J., Mortensen, A.N., Bloomquist, J.R., Ellis, J.D.**, 2018. The impacts of chlorothalonil and diflubenzuron on *Apis mellifera* L. larvae reared in vitro. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 164:283-288.
- Demarco, M., Gasparin, B.R., Vizzotto, A., Alves, H., Restello, R.M., Cansian, R.L. Mielniczki-Pereira, A.A.**, 2022. Pestisitlerin *Artemia salina* (Leach, 1819) hayatta kalması ve morfolojisi üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı çalışması. *Acta Scientiarum. Biyolojik Bilimler*, 44:e61715-e61715.
- Dönmez, A.E., Yılmaz, D.**, 2015. Sucul ortamlarda biyoindikatör ve biyobelirteçler. *Yunus Araştırma Bülteni*, (3):53-64.
- Duchet, C., Inafuku, M.M., Caquet, T., Larroque, M., Franquet, E., Lagneau, C., Lagadic, L.**, 2011. Chitobiase activity as an indicator of altered survival, growth and reproduction in *Daphnia pulex* and *Daphnia magna* (Crustacea: Cladocera) exposed to spinosad and diflubenzuron. *Ecotoxicology and environmental safety*, 74(4):800-810.
- Düzgüneş, Z., Düzgüneş, O.**, 1958. Entomolojide İstatistiksel Metodlar, A.Ü. Ziraat Fak. Yayını, No:140, Ankara.

- Ferreira, F.A., Arcos, A.N., Maia, N.S., Sampaio, R., Costa, F.M., Rodrigues, I.B., Tadei, W.P.,** 2020. Diflubenzuronun Orta Amazon'daki laboratuvar, kısmi alan ve saha koşullarında Anofel (Diptera: Culicidae) ile ilişkili böcek faunası üzerindeki etkileri. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92.
- Fong, P.P., Kyojuka, K., Duncan, J., Rynowski, S., Mekasha, D., Ram, J.L.,** 1995. The effect of temperature and salinity on spawning and fertilization in the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas) from North America. *Biological Bulletin*, 189:320-329.
- Gartenstein, S., Quinnell, R.G., Larkum, A.W.,** 2006. Toxicity effects of diflubenzuron, cypermethrin and diazinon on the development of *Artemia salina* and 1a salina *Helicoidaris tuberculata*. *Australasian Journal Of Ecotoxicology*, 12:83-90.
- Göktay, M., Kısmalı, Ş.,** 1990. Diflubenzuron'un böcekler üzerindeki etkileri, *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 14 (1):53-64.
- Grosscurt, A.C.,** 1978. Diflubenzuron: ovisidal ve larvisid etki tarzının bazı yönleri ve pratik olanaklarının değerlendirilmesi. *Pestisit Bilimi*, 9(5):373-386.
- Horgan, Martin J., Mills, Edward L.,** 1997. Clearance rates and filtering activity of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*): implications for freshwater lakes, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 54:249-255.
- Ikemoto, Y., Motoba, K., Suzuki, T., Uchida, M.,** 1992. Quantitative structure activity relationships of nonspecific and specific toxicants in several organism
- Iwanzki, S., McCauley, R.W.,** 1993. Upper lethal temperatures of adult zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in: Nalepa, Thomas F. and Schloesser, Donald W.(Eds.) Zebra Mussels. *Biology, Impacts, and Control*. Boca Raton, FL. 667-673s.
- Jones, L.A., Ricciardi, A.,** 2005. Influence of physicochemical factors on the distribution and biomass of invasive mussels (*Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis*) in the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 62:1953-1962.
- Karatayev, A.Y.,** 2012. Exotic molluscs in the Great Lakes host epizootically important trematodes, *Journal of Shellfish Research*, 31:885-894.
- Kashian, D.R., Dodson, S.I.,** 2002. Effects of common-use pesticides on developmental and reproductive processes in *Daphnia*. *Toxicology and industrial health*, 18(5):225-235.
- Kato, K., Okamura, K., Hiki, K., Kintsu, H., Nohara, K., Yamagishi, T., Yamamoto, H.,** 2022. Potential differences in chitin synthesis ability cause different sensitivities to diflubenzuron among three strains of *Daphnia magna*. *Aquatic Toxicology*, 243:106071.

- Kaymak, G.**, 2017. Sapanca Gölü'nde ağır metal birikiminin balık dokularında biyokimyasal ve histopatolojik incelenmesi. *Doktora Tezi*. Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 178s.
- Keller, R.P., Drake, J.M., Lodge, D.M.**, 2007. Fecundity as a basis for risk assessment of nonindigenous freshwater molluscs. *Conservation Biology*, 21(1):191-200
- Kovalak, W.P., Longton, G.D., Smithee, R.D.**, 1993. Infestation of power plant water systems by the zebra mussel (*Dreissena polymorpha* Pallas)., In: Nalepa, Thomas F., and Schloesser, Donald W.(Eds.) *Zebra Mussels: Biology, Impacts, and Control*. Boca Raton, FL. 359-380s.
- Köprücü K., Aydın R.**, 2004. The toxic effects of pyrethroid deltamethrin on the common carp (*Cyprinus carpio* L.) embryos and larvae, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 80:47-53.
- Kreutz, L.C., Barcellos, L.J.G., Silva, T.O., Anziliero, D., Martins, D., Lorenson, M., Silva, L.B.D.**, 2008. Acute toxicity test of agricultural pesticides on silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings. *Ciência Rural*, 38:1050-1055.
- Lahr, J., Diallo, A.O., Gadji, B., Diouf, P.S., Bedaux, J.J., Badji, A., van Straalen, N.M.**, 2000. Ecological effects of experimental insecticide applications on invertebrates in Sahelian temporary ponds. *Environmental Toxicology and Chemistry*
- LePage, Wilfred, L.**, 1993. Impacts of *Dreissena polymorpha* on waterworks operations at Monroe, Michigan a case history in Nalepa, Thomas F., and Schloesser, Donald W.(Eds.) *Zebra Mussels. Biology, Impacts, and Control*. Boca Raton, FL. Pp. 333-358. *An International Journal*, 19(5):1278-1289.
- Limburg, K.E., Luzadis, V.A., Ramsey, M., Schulz, K.L., Mayer, C.M.**, 2010. The good, the bad, and the algae: Perceiving ecosystem services and disservices generated by zebra and quagga mussels. *Journal of Great Lakes Research*, 36:86-92.
- Lovell, S.J., Stone, S., F. Fernandez, L.**, 2006. The economic impacts of aquatic invasive species a review of the literature., *Agricultural and Resource Economics Review* 35(1):195-208.
- Ludyanskiy, Michael L.**, 1993. Recent introduction of *Dreissena* and other forms into North America - the Caspian Sea/Black Sea connection in: Nalepa, Thomas F., and Schloesser, Donald W.(Eds.) *Zebra Mussels: Biology, Impacts, and Control*. Boca Raton, FL. Pp. 699-704
- MacIsaac, H.J.**, 1996. Potential abiotic and biotic impacts of zebra mussels on the inland waters of eastern North America. *American Zoologist* 36:287-299

- Macken, A., Lillicrap, A., Langford, K.,** 2015. Benzoylurea pesticides used as veterinary medicines in aquaculture: Risks and developmental effects on nontarget crustaceans. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(7):1533-1542.
- Mackie, Gerald L.** 1993. Biology of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) and observations of mussel colonization on unionid bivalves in Lake St. Clair of the Great Lakes., In: Nalepa, Thomas F., and Schloesser, Donald W.(Eds.) *Zebra Mussels: Biology, Impacts, and Control*. Boca Raton, FL. Pp. 153-165.
- Martel, Andre L., Baldwin, Brad S., Dermott, Ronald M., Lutz, Richard A.,** 2001. Species and epilimnion/hypolimnion-related differences in size at larval settlement and metamorphosis in *Dreissena* (Bivalvia), *Limnology and Oceanography* 46(3):707-713.
- Matthews, M.A., McMahon, R.F.,** 1999. Effects of temperature and temperature acclimation on survival of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and Asian clams (*Corbicula fluminea*) under extreme hypoxia. *Journal of Molluscan Studies* 65:317-325.
- Mayer, F.L., Ellersieck, M.R.** 1986. *Manual of acute toxicity: interpretation and data base for 410 chemicals and 66 species of freshwater animals* (No.160). US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service.
- McMahon, Robert F.,** 1996. Physiological ecology of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in North America and Europe. *American Zoologist*, 36:339-363.
- Mellina, E., Rasmussen, J.B.,** 1994. Occurrence of zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the intertidal region of the St. Lawrence Estuary. *Journal of Freshwater Ecology*, 9(1):81-84.
- Minchin, D., Lucy, F., Sullivan, M.,** 2005. Ireland: A new frontier for the zebra mussel *Dreissena polymorpha* (Pallas). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 24(1):19-30.
- Miura, T., Takahashi, R.M.,** 1974. Insect developmental inhibitors. Effects of candidate mosquito control agents on nontarget aquatic organisms. *Environmental Entomology*, 3(4),631-636.
- Olsvik, P.A., Samuelsen, O.B., Erdal, A., Holmelid, B., Lunestad, B.T.,** 2013. Toxicological assessment of the anti-salmon lice drug diflubenzuron on Atlantic cod *Gadus morhua*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 105(1):27-43.
- Ödün, N.A., Serdar, O.,** 2022. Zebra midye (*Dreissena polymorpha*)'de malathionun akut toksisitesi (Ic₅₀)'nin belirlenmesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 7(3):269-273.
- Pathy, D.A., Mackie, G.L.,** 1993. Comparative shell morphology of *Dreissena polymorpha*, *Mytilopsis leucophaeta*, the 'quagga' mussel (Bivalvia: Dreissenidae) in North America. *Canadian Journal of Zoology*, 71:1012-1023

- Qiao, L., Chen, L., Yang, Z., Xu, J., Song, J., Li, X., ... Mu, Y., 2023.** Bioaccumulation and elimination, acute toxicity analysis and risk assessment of diflubenzuron in common carp (*Cyprinus carpio*). *Chemosphere*, 139154.
- Ricciardi, A., Whoriskey, F.G., 2004.** Exotic species replacement: shifting dominance of dreissenid mussels in the Soulanges Canal, upper St. Lawrence River, Canada. *Journal of the North American Benthological Society*, 23(3):507-514.
- Rumpf, S., Frampton, C., Chapman, B., 1997.** Böcek ilaçlarının *Micromus tasmaniae* (Neuroptera: Hemerobiidae) ve *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) üzerindeki akut toksisitesi: çeşitli test süreleri için LC50 ve LC90 tahminleri. *Ekonomik Entomoloji Dergisi*, 90(6):1493-1499.
- Savitz, J.D., Wright, D.A., Smucker, R.A., 1994.** Toxic effects of the insecticide diflubenzuron (Dimilin®) on survival and development of nauplii of the estuarine copepod, *Eurytemora affinis*. *Marine Environmental Research*, 37(3):297-312.
- Serdar, O., Aydin, A.N., Çimen, I.C.Ç., 2024.** Determination of oxidative stress responses caused by aluminum oxide (γ -Al₂O₃ and α -Al₂O₃) nanoparticles in *Gammarus pulex*. *Chemosphere*, 352:141193.
- Smircich, M.G., Strayer, D.L., Schultz, E.T., 2017.** Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) affects the feeding ecology of early stage striped bass (*Morone saxatilis*) in the Hudson River estuary. *Environmental Biology of Fishes*, 100:395-406. <https://doi.org/10.1007/s10641-016-0555-0>
- Spidle, A.P., Mills, E.L., May, B., 1995.** Limits to tolerance of temperature and salinity in the quagga mussel (*Dreissena bugensis*) and the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52:2108-2119.
- Sprung, M., 1993.** Missing title. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 39-53s.
- Stoeckel, J.A., Padilla, D.K., Schneider, D.W., Rehmann, C.R., 2004.** Laboratory culture of *Dreissena polymorpha* larvae: spawning success, adult fecundity, and larval mortality patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 82:1436-1443.
- Strayer, D.L., 1999.** Effects of alien species on freshwater mollusks in North America. *Journal of the North American Benthological Society*, 18(1):74-98. <https://doi.org/1468010>
- Strayer, D.L., Smith, L.C., 1993.** Zebra Mussels: *Biology, Impacts, and Control*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 715-726s.
- Strayer, D.L., Smith, L.C., 1996.** Relationships between zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and unionid clams during the early stages of the zebra mussel invasion of the Hudson River. *Freshwater Biology*, 36:771-779.

- Synder, L.F., Garton, W.D., Brainard, M.,** 1992. Mussels in the Great Lakes: The invasion and its implications, published by the ohio sea grant college program. zebra mussels threaten inland waters: an overview. *Minnesota Sea Grant*. http://www.seagrant.umn.edu/ais/zebramussels_threaten. Access. 26 Sept 2016.
- Tanner, D.K., Moffett, M.F.,** 1995. Effects of diflubenzuron on the reproductive success of the bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*. *Environmental Toxicology and Chemistry. An International Journal*, 14(8):1345-1355.
- URL-1,** 2024. <https://bku.tarimorman.gov.tr/AktifMadde/Details/39> (14.Mart 2024).
- URL-2,** 2024. https://prezi.com/al_xpwb8mipl/probit-regresyon_analizi/?frame=9e70815783d429ba276b03961b260290d596e5f1 (5 Nisan 2024)
- USDA (United States Department of Agriculture),** 2019. Final human health and ecological risk assessment for diflubenzuron rangeland grasshopper and mormon cricket suppression applications, **agency contact:** william wesela national policy manager plant protection and quarantine – policy management animal and plant health inspection service u.s. department of agriculture 4700 river road, unit 134 riverdale, md 20737.
- USGS Nonindigenous Aquatic Species Program,** 2003-2024. Nonindigenous aquatic species database. <https://nas.er.usgs.gov/>
- Vanderploeg, H.A.,** 2001. Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) selective filtration promoted toxic *Microcystis* blooms in Saginaw Bay (Lake Huron) and Lake Erie. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 58:1208-1221
- Willcox, H., Coffey, T.,** 1978. *Environmental impacts of diflubenzuron (Dimilin) insecticide*. Department of agriculture, forest service, northeastern area, state and private forestry.
- Wilson, J.E.H., Costlow, J.D.,** 1987. Acute toxicity of diflubenzuron (DFB) to various life stages of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. *Water, Air, and Soil Pollution*, 33:411-417.
- Wright, D.A., Setzler-Hamilton, E.M., Magee, J.A., Kennedy, V.S., McNich, S.P.,** 1996. Effect of salinity and temperature on survival and development of young Zebra (*Dreissena polymorpha*) and Quagga (*Dreissena bugensis*) mussels. *Estuaries*, 19(3):619-628.
- Yao, Q., Quan, L.F., Xu, S., Dong, Y.Z., Li, W.J., Chen, B.X.,** 2021. Effect of diflubenzuron on the chitin biosynthesis pathway in *Conopomorpha sinensis* eggs. *Insect Science*, 28(4):1061-1075.
- Yokoyama, A.,** 2019. Assessing impacts of insecticides on different embryonic stages of the nontarget aquatic insect *Cheumatopsyche brevilineata* (Trichoptera: Hydropsychidae). *Environmental toxicology and chemistry*, 38(7):1434-1445.

Zaidi, N., Soltani, N., 2011. Environmental risks of two chitin synthesis inhibitors on *Gambusia affinis*: Chronic effects on growth and recovery of biological responses. *Biological Control*, 59(2):106-113.



