



***Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald'e
CHLORPYRIFOS-ETİL VE PENDIMETHALIN'NİN
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Barış ÖZTÜRK

Yüksek Lisans Tezi

Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Özden FAKIOĞLU

2018

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Desmodesmus communis (E.Hegewald) E.Hegewald'e
CHLORPYRIFOS-ETHYL VE PENDIMETHALIN'NİN ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI

Barış ÖZTÜRK

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2018

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

***Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald'e CHLORPYRIFOS-ETHYL
VE PENDIMETHALIN'NİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Dr. Öğr. Üyesi Özden FAKIOĞLU danışmanlığında, Barış ÖZTÜRK tarafından hazırlanan bu çalışma 26/07/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Fatma ÇEVİK

İmza :

Üye : Doç. Dr. Ahmet TOPAL

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Özden FAKIOĞLU

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu ..02../08../2018 tarih ve ..31../17..... nolu kararı
ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

***Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald'e CHLORPYRIFOS-ETİL VE PENDIMETHALIN'NİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Barış ÖZTÜRK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Özden FAKIOĞLU

Herbisit ve insektisit *Desmodesmus communis*'e etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüş olan bu çalışmada göl örneklerinden *D.communis* izole edilerek Pendimethalin ve Chlorpyrifos-Etil'in uygulaması yapılmıştır. Deneme Kontrol grubu (K1, K2 ve K3), herbisit [H1 (19 mg/l), H2 (110 mg/l) ve H3 (280 mg/l)] ve insektisit [İ1 (10 mg/l), İ2 (30 mg/l) ve İ3 (115 mg/l)] ilave edilen grupların her biri 3'er tekerrürlü olacak şekilde düzenlenmiştir. Herbisit uygulamasında en yüksek biyokütle 1. günde saptanmıştır. Gruplara göre (H1, H2 ve H3) en yüksek değerler sırasıyla $0,40 \pm 0,09$ µg/l, $0,47 \pm 0,18$ µg/l ve $0,49 \pm 0,15$ µg/l bulunmuştur. İnsektisit uygulamasında ise en yüksek değeri bütün gruplarda başlangıç gününde hesaplanmıştır. Gruplara (İ1, İ2 ve İ3) göre biyokütle değeri sırasıyla $0,33 \pm 0,01$ µg/l, $0,37 \pm 0,00$ µg/l ve $0,38 \pm 0,01$ µg/l olarak saptanmıştır. Deneme sonunda, *D.communis* gelişiminde azotlu birleşiklere sahip pestisit gruplarının fosforlu birleşiklere sahip pestisit grubundan daha etkin rol aldığı ve bu nedenle hücre sayılarındaki azalmanın daha az olduğu gözlemlenmiştir.

2018, 44 sayfa

Anahtar Kelimeler: Pendimethalin, Chlorpyrifos-Etil, biyokütle, *Desmodesmus communis*

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION ON THE EFFECTS OF CHLORPYRIFOS-ETHYL AND PENDIMETHALIN ON *Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald

Barış ÖZTÜRK

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Aquaculture

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Özden FAKIOĞLU

This study was carried out to determine the effect of herbicides and insecticides on *Desmodesmus communis*. Pendimethalin and Chlorpyrifos-Etil were applied to isolate *D. communis* from microalgae collected from lakes. The experimental was regulated control group (K1, K2 and K3), herbicide [H1 (19 mg^l⁻¹), H2 (110 mg^l⁻¹) and H3 (280 mg^l⁻¹)] and insecticide [30 mg^l⁻¹) and 13 (115 mg^l⁻¹)] and each groups 3 times was repeated. The highest biomass in herbicide application was determined on primary day. The highest values according to the groups (H1, H2 and H3) was found 0.40±0,09 µg^l⁻¹, 0.47±0,18 µg^l⁻¹ and 0.49±0,15 µg^l⁻¹ respectively. In the case of insecticide application, the highest value was calculated on the starting day in all groups. According to the groups (İ1, İ2 and İ3) biomass values were determined as 0.33±0,01 µg^l⁻¹, 0.37±0.00 µg^l⁻¹ and 0.38±0.01 µg^l⁻¹, respectively. At the end of the experiment, it was observed that pesticide groups with nitrogenous bonds in the development of *D.communis* were more active than the group of pesticides with phosphorous bonds, and thus decreased cell number.

2018, 44 pages

Keywords: Pendimethalin, Chlorpyrifos-Etil, biomass, *Desmodesmus communis*

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyen, sosyal hayatta da akademik ortamdaki gibi tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam, Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özden FAKIOĞLU'na, çalışmamın laboratuvar kısmında bilgi ve tecrübeleri ile yanımda olan değerli Şeyda TACER TANAS ve Ekrem SULUKAN'a, tezimi yazarken bilgi ve birikiminden faydalandığım Arş. Gör. Mehmet Muhammet SARI ve Arş. Gör. Fatih KORKMAZ'a fakülte olanaklarını esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Murat ARSLAN'a ve tezime yapmış oldukları katkılarından dolayı tez jürim Sayın Prof. Dr. Fatma ÇEVİK ve Sayın Doç. Dr. Ahmet TOPAL hocalarıma, her türlü konuda maddi ve manevi yanımda olan değerli aile büyüğüm İbrahim KÖSE, Muhammed Hanifi DİLMAÇ'a ve Beykoz Belediyesi Zabıta Müdürlüğü'nde çalışan mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Kendileriyle paylaşmam gereken zaman dilimlerini tez çalışmasına ayırmama rağmen, desteklerini sürekli hissettiren değerlerimin mimarı annem Emine ÖZTÜRK ve babam İbrahim ÖZTÜRK'e mutluluk kaynağım eşim Binnur ŞİNEL ÖZTÜRK'e teşekkür ediyorum.

Barış ÖZTÜRK

Temmuz, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Pestisitlerin Genel Özellikleri ve Sınıflandırılması.....	1
1.2. Herbisitler	5
1.3. İnsektisit	6
1.4. Herbisit ve İnsektisitlerin Sucul Ekosisteme Etkileri.....	9
1.5. Pestisitlerin Sulardan Giderim Mekanizması	10
1.6. Pestisitlerin Algler Yoluyla Giderimi.....	13
2. KAYNAK ÖZETLERİ	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
3.1. Materyal.....	20
3.1.1. Doğadan alglerin toplanması ve izolasyonu.....	20
3.1.2. Herbisit	21
3.1.3. İnsektisit	22
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Laboratuvar çalışmaları	23
3.2.2. Kültür ortamı	25
3.2.3. Deney gruplarının pH, sıcaklık ve ışık ölçümleri.....	26
3.2.4. Deney gruplarının kuru madde analizi	26
3.2.5. Deney gruplarındaki <i>D.communis</i> hücre sayısı.....	27
3.2.6. <i>D.communis</i> biyokütlesinin hesaplanması	28
3.2.7. İstatistik analizler	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	29
4.1. Uygulama Gruplarına Ait Bazı Su Kalite Parametreleri	29

4.1.1. pH değişimi	29
4.1.2. Su sıcaklığı değişimi	30
4.1.3. Işık şiddeti değişimi.....	31
4.2. <i>D.communis</i> Uygulama Kültürlerinde Kuru Madde Analizi.....	32
4.3. <i>D.communis</i> Hücre Sayısı	33
4.4. <i>D.communis</i> Biyokütlesi	34
5. TARTIşMA ve SONUÇ.....	36
KAYNAKLAR	40
ZGEÇMİş	45

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde Oran
°C	Santigrat derece
µg/l	Litrede 1 mikrogram
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
As	Arsenik
BHC	Benzenheksaklorür
C	Karbon
CaCl ₂ .2H ₂ O	2 molekül kristal sulu kalsiyum klorid
Cd	Kadmiyum
Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	6 molekül kristal sulu kobalt nitrat
CO ₂	Karbondioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
CuSO ₄ .5H ₂ O	5 molekül kristal sulu bakır sülfat
DDD	Diklorodifenildikloroetan
DDE	Diklorodifenildikloroetilen
DDMS	1,1-Bis(p-chlorophenyl)-2-chloroethane
DDNU	1,1-Bis(4-chlorophenyl)Etilene
DDT	Dikloro Difenil Trikloroetan
DMU	Dimetlolüre
EPA	United States Environmental Protection Agency
GC/HPLC	Gas chromatography and High Performance Liquid Chromatography
H	Hidrojen İyonu
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
H ₃ BO ₃	Borik asit
HCH	Heksaklorosikloheksan
Hg	Cıva
K ₂ Cr ₂ O ₇	Potasyum Dikromat

KH₂PO₄.3H₂O	Potassium phosphate dibasic trihydrate
LCMS/MS	Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
mg/l	Litrede 1 miligram
MgSO₄.7H₂O	Magnesium sulfate heptahydrate
MnCl₂.4H₂O	Manganez(II) klorid tetrahidrat
Na₂CO₃	Sodyum karbonat
NaNO₃	Sodyum nitrat
NH₄-N	Amonyum azotu
Ni	Nikel
nm	Nanometre
O₂	Oksijen Gazı
O₃	Ozon
Pb	Kurşun
PCNB	Pentachloronitrobenzene
pH	H iyonu derişiminin 10 tabanında (-) logaritması
ppb	µg çözünen / kg veya litre çözelti
TBT	Tribaliltinin
TiO₂	Titanium dioxide
UV	Ultra Violet
ZnSO₄	Çinko sülfat
ZnSO₄.7H₂O	Çinko Sülfat Hepta Hidrat

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Pestisit gruplarına göre dünyada tarım ilacı kullanımı	4
Şekil 1.2. Türkiye’de tarım ilacı kullanımı oranları	5
Şekil 3.1. <i>Desmodesmus communis</i> mikroskop görüntüsü	21
Şekil 3.2. Herbisit ve insektisit uygulaması yapılan <i>D.communis</i> kültür ortamı	24
Şekil 3.3. Kuru madde analizinde kullanılan motorlu pompa	26
Şekil 3.4. Etüvde kurulan herbisit ve insektisit uygulama örnekleri	27
Şekil 3.5. <i>D.communis</i> hücre sayımı.....	28
Şekil 4.1. Uygulama grupları arasındaki su sıcaklığı (°C) günlere bağlı değişimleri....	31
Şekil 4.2. Uygulama grupları arasındaki ışık şiddetinin ($\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$) günlere bağlı değişimleri	32
Şekil 4.3. <i>D.communis</i> kültürlerinin kuru madde miktarının (mg/l) günlük değişimleri	33

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Bazı klorlu insektisitlerin su ürünleri açısından sınır değerleri	10
Çizelge 3.1. <i>Desmodesmus communis</i> (E.Hegewald) E.Hegewald 1977 sistematigi ...	21
Çizelge 3.2. Ticari adı Herbimat 330 EC olan herbisit özellikleri	22
Çizelge 3.3. Ticari adı Chlorfet 48 EC olan insektisit özellikleri.....	23
Çizelge 3.4. <i>Desmodesmus communis</i> 'in besin ortamı	25
Çizelge 4.1. Herbisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı pH değişimi.....	30
Çizelge 4.2. İnsektisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı pH değişimi.....	30
Çizelge 4.3. Herbisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı <i>D.communis</i> hücre sayısı (adet/ml) değişimi.....	33
Çizelge 4.4. İnsektisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı <i>D.communis</i> hücre sayısı (adet/ml) değişimi.....	34
Çizelge 4.5. Herbisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı <i>D.communis</i> biyokütlesinin (µg/l) değişimi	35
Çizelge 4.6. İnsektisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı <i>D.communis</i> biyokütlesinin (µg/l) değişimi	35

1. GİRİŞ

Tarım dünya tarihinde en eski ve en önemli besin ihtiyacını karşılama yoludur. Artan nüfus artışı beraberinde kaliteli ve ucuz besin ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Besin ihtiyacını karşılamak için ülkeler birim alandan daha fazla verim alma yollarını aramışlardır. Günümüzde tarımsal verimi arttırmak için gübre kullanımının yanı sıra verimliliği etkileyecek yabancı ot ve böcek gibi zararlı canlılarla mücadelede pestisit olarak adlandırılan tarımsal ilaçlar kullanılmaktadır (Solmaz vd 2010).

Tarımsal alanlarda kullanılan verimliliği artırıcı gişimler tatlı su kaynakları için ciddi bir tehdit oluşturmaya başlamıştır. İçme ve diğer amaçlarla faylandığımız sucul alanlar bu alanlardan gelen yoğun organik yükün etkisi altında kalmış ve kendi kendilerini yenileyemedikleri için kullanılamaz hale gelmiştir. Tarımsal alandan sucul alanlara gelen gelen organik ve inorganik yüklerin önemli bir bölümünü bu alanlarda zirai mücadele kullanılan pestisitler oluşturmaktadır.

1.1. Pestisitlerin Genel Özellikleri ve Sınıflandırılması

Pestisit, tarımsal alanlarda bitki, böcek, bakteri gibi verimi azaltacak ve insan sağlığı için tehdit oluşturacak bu canlılarla mücadelede kullanılan bütün kimyasallara verilen isimdir.

Pestisitler tek bir kimyasal grubun içerisinde değil örneğin prothoate, akarid ve insektisid olarak, dnoc ile pentaklorofenol, insektisid ve herbisid olarak, dinocap akarid gibi birden fazla etken madde içeriği olabileceği gözlenmiştir (Onur 2007).

Tarımsal faaliyette daha küçük alanlardan daha fazla verim alabilmek için böcekler, hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmaların sebep olabileceği zararları engellemek için kullanılmasının (Koren and Bisesi 1996) yanı sıra günlük yaşantımızda kullandığımız hemen hemen tüm temizlik ve kozmetik ürünleri içerisinde de fenol ve türevleri

bulunmaktadır. Ancak pestisitlerin kontrolsüz ve aşırı derece kullanılması yalnızca insanlar değil tüm canlılar için toksik etkiye neden olmaktadır (Robert and Walles 1992).

Birçok şekilde sınıflandırılan pestisitler, etkilediği zararıya, etken maddesine ve ortamdan uzaklaştırılma hızına göre sınıflandırılırlar (Öztürk 1990). Bununla beraber görünüş, formülasyon ve fiziksel yapılarına göre etki alanlarındaki zararlı ve hastalık grubu ve bu grupların biyolojik dönemlerine göre de sınıflandırılırlar (Öncüler 1995; Toros vd 1999).

Etki ettiği zararlı canlılara göre (Leitz *et al.* 2009; Tiryaki vd 2010):

- 1- İnsektisitler: böcekleri öldürenler
- 2- Herbisitler: Yabancı otları öldürenler
- 3- Fungisitler: Mantarları öldürenler
- 4- Akarisitler: Örümcekleri öldürenler
- 5- Rodentisitler: Kemirgenleri öldürenler
- 6- Molluskisitler: Yumuşakcaları öldürenler
- 7- Nematositler: Segmentsiz kurtları öldürenler

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Kurumu (*United States Environmental Protection Agency*) pestisitleri işlevlerine göre guruplandırmıştır (EPA 1987).

- 1- Defeoliantlar: bitkilerin yaprağını dökmek yoluyla etkileyen pestisit türüdür. Yaprak dökücüler olarak adlandırılırlar.
- 2- Desikantlar: bitkileri kurutmak suretiyle etkileyen pestisit türüdür. Kurutucular olarak adlandırılırlar.
- 3- Dezenfektanlar: mikroorganizmaları etkisiz duruma getiren pestisit türüdür.
- 4- Kaçırıcılar: böcek ve kuşları kaçırarak pestisit türüdür.
- 5- Çekiciler: böcekleri ortadan kaldırmak amacıyla kendine çeken veya yönlendiren pestisit türüdür. Pheromonlar ve yemler bu pestisit grubuna girerler.

- 6- Kemosterilantlar: böceklerde kısırlığa yol açan pestisit türüdür.
- 7- Büyüme düzenleyicileri: böceklerin ve bitkilerin büyüme hızlarını olumlu veya olumsuz yönde etkileyen pestisit türüdür.

Pestisitlerin formülasyon şekillerine göre sınıflandırması (MEGEP 2012).

- 1- Toz ilaçlar (Dust)
- 2- Islanabilir toz ilaçlar (WP)
- 3- Emülsiyon konsantre ilaçlar (EC veya EM)
- 4- Solüsyon konsantre ilaçlar (SC)
- 5- Suda çözünabilir toz ilaçlar (SP)
- 6- Yazlık ve kışlık yağlar
- 7- Granüller (G)
- 8- Peletler
- 9- Tabletler
- 10- Toz tohum ilaçları
- 11- Sıvı tohum ilaçları
- 12- Aerosoller
- 13- Zehirli yemler
- 14- Kapsül şekli verilmiş formülasyonlar
- 15- Akıcı konsantreler (FC)
- 16- Kuru akışkanlar

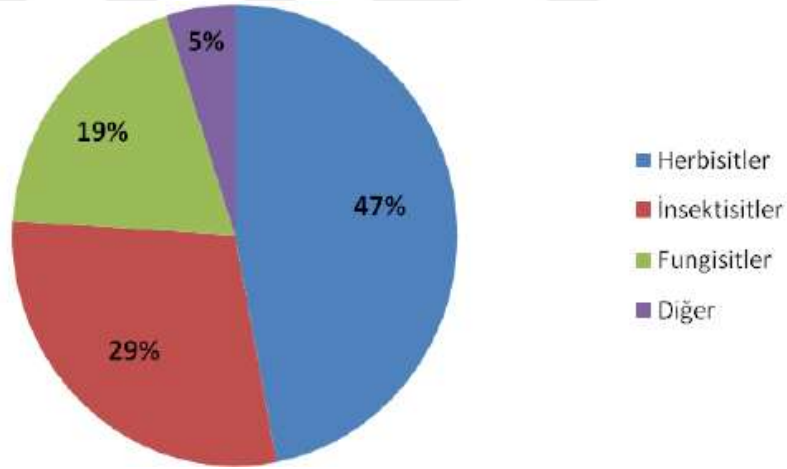
Pestisitler ayrıca etken maddelerine göre de sınıflandırılmaktadırlar. Bu bağlamda etken maddeleri klorofenoksi bileşikleri, organoklorinli bileşikler, organofosforlu bileşikler olarak tanımlanmaktadırlar (Ikehata and Gamal El-Din 2006).

İçerdikleri etken maddelerine göre pestisitler kalıcı veya geçici olarak kategorize edilmiştir;

- 1) Kalıcı olmayanlar pestisitler ki bunlar organik fosforlu ilaçlardır.

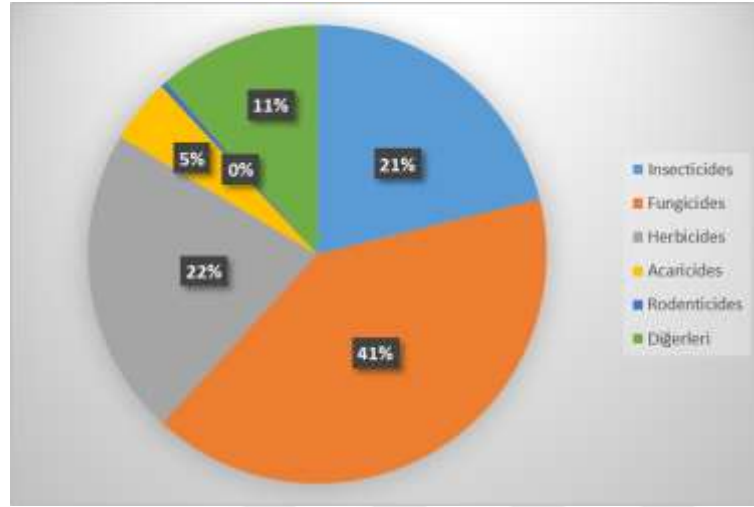
- 2) Orta derecede kalıcı olan pestisitler bunlar herbisit grubunda yer alan bütün ilaçlardır.
- 3) Kalıcı olan pestisitler bunların birleşenleri klorlu hidrokarbonlardan oluşur.
- 4) Sürekli kalıcı olan pestisitler bunların bileşenlerinde kurşun, arsenik ve civa bulunmaktadır.

Tarımla uğraşılan bütün alanlarda pestisit kullanımı yaygın bir önlem alma yöntemidir. Dünyada pestisit üretimi yaklaşık 3 milyon tondur (Dağ vd 2000). Pestisit üretiminin %47'sini ise herbisitler oluşturmaktadır. Bunu %29'luk bir oranla insektisitler ve %19'luk bir payla fungusitler izlemektedir (Şekil 1.1). Pestisitlerin satış oranlarına baktığımızda ise tam tersi bir durum söz konusudur. Ekonomik olarak pestisit satışının %31'ini insektisitler, %26'sını herbisitler, %20'sini de fungusitler oluşturmaktadır (Dağ vd 2000).



Şekil 1.1. Pestisit gruplarına göre dünyada tarım ilacı kullanımı

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre 2006 yılında 45 360 ton pestisit kullanılmakta iken 2017 yılında bu oran 54 098 tona çıkmıştır (TÜİK 2017). Kullanılan pestisitlerin %41'ni fungusitler, %22'sini herbisitler ve %21'ini insektisitler oluşturmaktadır (Şekil 1.2). Etkin maddesi bakımından zararlı olan pestisitlerin büyük bir bölümünün kullanımı yasaklanmıştır. Ancak AB'de kullanımdan kaldırılan, ama Türkiye'de hala piyasada olan 101 etkili madde kalmıştır (Tiryaki vd 2010).



Şekil 1.2. Türkiye’de tarım ilacı kullanımı oranları (TÜİK 2017)

1.2. Herbisitler

Herbisitler, zirai alanda gelişen istenmeyen otların gelişmesini önleyici veya öldürülmesi için kullanılan tarımsal ilaçlara verilen genel isimdir. Herbisitlerin tamamına yakını organik maddelerden (C, H₂ ve O₂) oluşmaktadır (Mercan 2004).

Herbisitler, formlarına göre 11 gruba ayrılırlar (Mercan 2004),

1. DF: Suda dağılabilen kuru akışkan form. (Norflurazon)
2. EC: Suda homojen dağılan sıvı form. (Quizalafop-P-Etil)
3. EW: Suda yağlı emülsiyon form. (Fenoxaprop-P-Etil)
4. GR: Granül form. (Thiobencarb)
5. OD: Yağ bazlı suspansiyon form. (Amidosulfuron+Iodosulfuron mEtil sodium+Mefenpyr diEtil)
6. SC: Akıcı konsantre form. (Aclonifen)
7. SG: Suda çözünen granül form. (Ethoxysulfuron)
8. SL: Suda çözünen konsantre form. (Imazethapyr)
9. SP: Suda çözünen toz form. (Pyrithiobac sodium)
10. WG: Suda dağılabilen granül form. (Pyrimisulfuron mEtil)

11. WP: Islanabilir toz form. (Metribuzin)

Herbisitler yancı bitkilerin kök, gövde ve yapraklarına püskürtülerek uygulanmaktadır. Herbisit ilaçları bitkide ne kadar çok tutunur ise ilacın etkisi o kadar çok artar (Mercan 2004).

Herbisitlerin etkilerinden en önemlisi ışığın yapraklardan emilimini keserek fotosentez yapmalarını engellemeleridir. Fotosentez bitkilerin gelişimi için gerekli bir mekanizmadır. Burada phenoxy bileşikler, benzimidazol, imidazol gibi bileşikli herbisitler verilerek yaprakların üzerinde film oluşturmasını sağlamak ve bu sayede ışığın yaprak tarafından absorbe edilebilmesine engel olmaktadır. Bu nedenle herbisitlerin etkili olabilmesi için bitkilerin yapraklı bitkiler olması gerekmektedir (Mercan 2004).

Ülkemizde kullanılan herbisitlerden biri olan Herbimant 330 EC, dar yapraklı ve geniş yapraklı yabancı otların çimlenmesi sırasında kontrol eden bir yabancı ot ilacıdır. Çıkmış yabancı otları kontrol etmez. Kültür bitkisinin çeşidine göre ekim öncesi, çıkış öncesi veya çıkış sonrası uygulanmaktadır. Herbiat 330 EC yabancı otları kök meristemlerinde ve sürgünlerinde hücre bölünmesini ve hücre uzamasını engelleyerek etkiler. Etkilenen otlar, çimlendikten veya toprak yüzeyine çıktıktan hemen sonra ölürler. Bambul otu, bülbül otu, çatalotu, çayır salkım otu, çobançantası, çobandeğneği otu, farekulağı, gelincik, hakiki papatya, horozibiği, ısırgan otu, kanyaş kara pazı, köpek üzümü, rüzgâr otu, semizotu, sirken-kazayağı, sütleğen, tarla akça çiçeği, tilkikuyruğu, yapışkan otu gibi başlıca yabancı ot türlerine karşı etkilidir (www.agrobaseapp.com). Bu herbisitin etken maddesi olan pendimethalin Çevre Kalite Standardı'na göre nehir ve göllerde bulunabilecek sınır değeri 0,5 µg/l olarak bildirilmiştir (Resmi Gazete 2014).

1.3. İnsektisit

İnsektisitler, zararlı böcekleri kontrol etmek ve yayılmalarını önlemek için kullanılan, yumurtaları, larvaları ya da erginleri etkileyen kimyasal maddelerdir ve 20. yüzyılda zirai üretimin artmasını sağlayan en önemli faktörlerden birisi olmuştur. Yalnızca

ziraatta değil tıp, veterinerlik ve endüstri alanlarında da kullanılmaktadır (Çalışkan 2010). İnsektisitler, sistemik, yüzeysel, doğal, sentetik, inorganik ve organik gibi çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir. Sistemik insektisitler; uygulanan bitkiler tarafından alınan ve bu bitkilerle beslenen böcekleri etkiler. Bu gruba bir çeşit nörotoksin olan imidakloprid (Rortais *et al.* 2005) ve asetamiprid (Horowitz *et al.* 1998) örnek olarak verilebilir. Yüzeysel insektisitler; bitkilerin yüzeyi ile temas eden böcekleri etkileyen insektisitlerdir. En bilinen ve yaygın olarak kullanılan örneği bir çeşit piretroid insektisit olan sipermetrindir (Çakır 2008).

Doğal insektisitler; çeşitli bitki ekstrelerinden elde edilen nikotin, piretrin (Atamanalp ve Cengiz 2002) gibi insektisitlerdir. Sentetik insektisitlerin keşfinden önce gelişmiş ölkelerde oldukça fazla miktarda kullanılmışlardır. İnorganik insektisitler de ikinci dünya savaşıdan önce kullanılmışlardır. Bor, flor, borik asit, arsenik, fosfor, sodyum florür böcekleri kontrol etmek amacı ile kullanılan inorganik kimyasallara örnek verilebilir (Isman 1997).

Organik insektisitler ise günümüzde en fazla kullanılan insektisit grubudur. Büyük çoğunluğu sentetik olup, organokloroid, organofosfat, piretroid, neonikotinoid gibi çeşitleri bulunmaktadır. Organokloroid insektisitler, yapısında klor bulunduran organik bileşiklerdir. En bilinen organokloroid insektisitler, halk arasında kısaca DDT olarak bilinen dikloro difenil trikloroetan ve heksaklorosikloheksandır (HCH). Bu insektisitler, tifüs ve sıtma gibi hastalıkların önlenmesinde uzunca süre kullanılmışlardır (Pham and Wang, 1996). Organokloroid insektisitlere dieldrin (Wassermann *et al.* 1982) ve tetradifon (Villarreal *et al.* 2000) gibi insektisitler de örnek verilebilir. Organofosfat insektisitler; fosfat veya kükürt içeren esterlerdir. Toz veya sıvı halde bulunurlar. Suda genellikle çok az çözünürken yağ ve organik çözücülerde iyi çözünürler. Organofosfat insektisitler çevrede uzun süre kalamazlar ve uygulamadan birkaç hafta sonra parçalanırlar (Kaya vd 2002). Organofosfat insektisitler, asetilkolinesteraz enzimini inhibe ederek toksik etki gösterirler.

Sentetik piretroidler; piretrum adı verilen bitki ekstrelerinden kimyasal olarak geliştirilen insektisit grubudur. Pireotu bitkilerine ait (*Chrysanthemum cinerariaefolium* ve *Chrysanthemum coccineum*) çiçeklerin kurutulması ve ekstrakte edilmesi ile elde edilen piretrumlar ilk kez 1800'lü yıllarda insektisit olarak pire, sivrisinek, kene gibi çeşitli böceklere karşı kullanılmıştır (Çağlayan 2005). Piretrumlar ısı ve ışığa karşı dayanıklı olmadıklarından tarımsal kullanım için kimyasal benzerleri olan sentetik piretroidler geliştirilmiştir ve bugün tüm dünya çapında insektisit pazarının %30'dan fazlası bu bileşiklere aittir (Reigart and Roberts 1999). Piretroidler, azot, kükürt, flor, klor ve brom gibi heteroatomları taşıyan çeşitli anolara sahiptir. Halojenli türevlerin insektisit aktivitesi daha yüksektir (Adelsbach and Tjeerdema 2003) Suda çözünürlükleri düşüktür. Piretroidler, asidik ve nötral pH'larda yavaş, alkali pH'larda ise çok hızlı bozulurlar. Nemli toprakta daha yüksek oranda olmak üzere fotolize uğrarlar. Püskürtme sonucu havaya yayılan piretroidler, güneş ışığı ve atmosferdeki fiziksel ya da kimyasal diğer etkenler ile 1-2 gün içerisinde yıkıma uğrarlar (Laskowski 2002). Toksik etkileri oldukça yüksek olan piretroidlerin sinir hücrelerinin aksonlarını etkileyerek sodyum kanallarının sürekli açık kalmasını sağladığı ifade edilmiştir.

Ülkemizde insektisit ticari markası olan Chlorfet 48 EC, her türlü ale tile kullanılabilen yoğunlaştırılmış bir ilaçtır. Amerikan beyaz kelebeği, armut kabuklu biti, armut kaplanı, beyazsinek, bozkurt (kesici kurt), dut kabuklu biti, çizgili yaprak kurdu, ekin güvesi, ekin kambur böceği, elma ağ kurdu gibi böceklere karşı mücadelede kullanılmaktadır (Anonim 2018c). Bu insektisit etken maddesi olan Chlorpyrifos-Etilin Çevre Etki Standardına göre nehir ve göllerde bulunabilecek sınır değeri 0,5 µg/l olarak bildirilmiştir (Resmi Gazete 2014). Ülkemizde ithal edilen ürünler içerisinde aktif maddesi Chlorpyrifos-Etilin olan bitki korumada kullanılan pestisit türevleri 2016 yılında 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri Bitki Sağlığı ve Yem Kanunu ile yasaklanmıştır (Resmi Gazete 2016).

1.4. Herbisit ve İnsektisitlerin Sucul Ekosisteme Etkileri

Tarımsal alanda kullanılan pestisitlerin bir kısmı toprakta tutularak toprak verimliliğini zamanla azaltmaktadır. Bunun yanı sıra toksik olan pestisitlere karşı direnç mekanizması geliştiren türlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır ki bu durumda hedef canlı ile mücadelede kullanılan kimyasal ilacın dozunun artırılması veya birleşimin daha toksik bir madde ile değiştirilmesi zaruri hale gelmektedir. Bu nedenle pestisitlerin etki mekanizması, toksik birikim oranı, hedef organizmalar üzerindeki etkilerinin bilinmesi ve incelenmesi önem taşımaktadır. Bunun yanı sıra pestisit uygulamaları yapıldıktan sonra yağışlar ve/veya yüzey sulamaları ile toprak içerisinde aşağıya doğru yıkanmak suretiyle taban suyu ve diğer su kaynaklarına ulaşabilirler. Eğim, bitki örtüsü, formülasyon, toprak tipi ve yağış miktarına bağlı olarak taşınan pestisitler, taşındıkları sularda yaşayan balık ve diğer canlıların ölmesine neden olurlar. Bununla birlikte pestisitlerin karıştıkları sularda bulunan canlılarda kalıntı bırakırlar ki bu da besi zinciri içerisindeki en son tüketici durumundaki insanda zehirlenmelere neden olabilir. Kontamine olmuş suların içilmesiyle tüketilmesi de kronik toksisitenin oluşmasına neden olur. Toprağın yapısı, kil tipi ve miktarı, organik madde içeriği, demir ve alüminyum oksit içeriği, pH'sı ve toprakta var olan baskın mikroorganizma türleri tüm bu olayları etkileyen faktörlerdir (Kocataş 2010).

Pestisit grupları içerisinde özellikle DDT, aldrin, dieldrin, heptaklor ve klorlu insektisitler balık ve kabuklularda birikime neden olmaktadır ki bu durum daha çok kabuklulularda gözlenmektedir. Bu da insektisit karışan suları kullanarak yetiştiricilik yapan birçok su ürünleri yetiştiricisi için maddi kayıplara neden olmaktadır (Pulatsü ve Topçu 2012).

PCB gibi kimyasallar canlılar üzerinde üreme ve gelişmede bozukluğa, endokrinel bozukluklara, karsinojenite, immunotoksisite oluşturur. Denizlerde pestisitlerin parçalanması, su bitkilerine, omurgasızlara, sıcaklık ve sedimente bağlıdır. DDT zaman içinde triloretan grubundan parçalanır ve DDE, DDD, DMU, DDMS, DDNU gibi türevlere dönüşür. Su ürünlerinde DDT'nin dönüşümüne bakıldığında, *Salmo salar*

DDT'yi DDD dönüştürebilirken, sazan DDT'yi DDD, DDE ve DDMU'ye dönüştürebilir. Fitoplankton 24 saatte DDT'yi %3-11 oranında DDD'ye dönüştürebildiği bildirilmiştir (Pulatsü *et al.* 2014). Pestisit türevlerinin bazı su ürünleri üzerine etkileri Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Bazı klorlu insektisitlerin su ürünleri açısından sınır değerleri (Pulatsü *et al.* 2014)

Pestisit	Sınır değerleri (µg/l)
Aldrin	0,003
BHC	4
Klordan	0,0043 (tatlı su)
DDT	0,001
Dieldrin	0,003
Endrin	0,0019
Heptaklor	0,001

Pestisitlerin sucul alanlara karışımı sadece yüzey ve yer altı suları ile olmamaktadır. Su kenarındaki bitkilerin yok edilmesi için suya direkt uygulama da yapılabilmektedir. Ayrıca boş ambalaj kaplarının su kaynaklarında yıkanması veya bu kaynakların kenarına atılması, ilaçlama yapılan aletlerin suda temizlenmesi de pestisitlerin suya karışmasına neden olmaktadır. Suya pestisit bulaşmasıyla birlikte suda yaşanan en küçük canlılar olan fitoplanktonlardan ve bunlar ile beslenen balıklara kadar ilaç etki etmekte, buradan da bunları yiyen kuş ve bunun gibi diğer canlılarla insanlara da geçmektedir (Aslan and Çakıcı 2007).

1.5. Pestisitlerin Sulardan Giderim Mekanizması

Pestisit endüstrisi atıksuları EPA listelerine ve Tehlikeli Atıkları Kontrolü Yönetmeliği'ne (Anonim 1995) göre zehirlilik ve tutuşabilirlik kriterleri nedeniyle zararlı atık olarak kabul edilmektedirler. Düşük konsantrasyonlu içme sularının aksine, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden gelen atıksular zaman zaman 500 mg/l ve daha üzerinde pestisit konsantrasyonları içerebilmektedirler (Chiron *et al.* 2000). Bunlardan

nokta kaynaklı olanlar yani pestisit üretim tesislerinden gelen atıksular küçük boyutlu arıtma tesisleri ile arıtılabilmektedirler. Bu arıtma yöntemleri arasında fiziksel yakalama (aktif karbon adsorbsiyonu, membran teknolojiler vb.) biyolojik ayrıştırma ve kimyasal oksidasyon sayılabilmektedir. Fiziksel yakalama yöntemleri yüksek kirliliğe sahip atıksularda düşük verimlerinden dolayı çok kullanılamamakta ayrıca yakalama sonrasında bu maddelerin de tekrar kontrolü gerekmektedir. Biyolojik arıtmanın bazı yöntemleri organik maddeleri içeren bu atıklar için uygulanmaktadır. Biyolojik arıtma sistemleri iyi tanımlanmış ve nispeten ucuz sistemlerdir. Fakat yüksek konsantrasyonlarda pestisit içeren bu atık türünün atığı ayrıştıran mikroorganizmalar üzerine inhibe edici veya zehirli etkisi olabilmektedir. Birçok durumda oksidasyon teknolojileri kullanarak atığı oksitlemek ve parçalanması daha kolay olan ara ürünler meydana getirmek bu problemin çözümü için yararlı bir yaklaşımdır. Bu amaçla birçok oksidasyon süreci kullanılmaktadır. Bunlar arasında fotokimyasal parçalama süreci (UV/O₃, UV/H₂O₂), fotokatalizörler (TiO₂/UV, fotoFenton ayıraçları) ve kimyasal oksidasyon süreci (O₃, O₃/H₂O₂, Fenton) sayılabilir. Cesaret verici laboratuvar ölçekli bilgiler ve bazı endüstriyel ölçekli testlere rağmen kimyasal oksidasyon ile detoksifikasyon hala çok sınırlı sayıda tesiste kullanılmaktadır (Chiron *et al.* 2000). Pestisitlerin oksidasyonu ve biyolojik parçalanabilirliklerindeki değişimle ilgili olarak çok miktarda çalışma yapılmıştır (Güneş ve Tanlı 2007). Bunun yanı sıra pestisitlerin sucul sistemlerden uzaklaştırılmasında kimyasal oksidasyon, pıhtılaşma, biyolojik ve fotokimyasal degradasyon gibi bazı geleneksel arıtma yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu konuda pestisitlerin sulu çözeltilerden uzaklaştırılmasında çeşitli başarılarla gerçekleştirilmiştir (Zolgharnein *et al.* 2011).

Absorpsiyon sıvının katıya doğru yönelme eğilimidir. Sıvıların katılara doğru yönelme eğiliminde etkili olan faktörler vardır. Etkili olan faktörler, sıvının adsorbana doğru elektriksel çekimi, Van der Waals çekimi ve kimyasal yapıdır. Adsorbsiyon 4 şekilde gerçekleşebilir bunlar sırasıyla değişim adsorpsiyonu, fiziksel, kimyasal ve biyolojik adsorpsiyondur. Bunlardan ilki olan değişim adsorpsiyonu bir maddenin iyonlarının yüzeydeki yüklü alanlara doğru elektrostatik çekimi sonucu yüzeyde birikmesi şeklinde gelişen bir olaydır. Fiziksel adsorpsiyon ise, düşük adsorpsiyon ısısı ile karakterize

edilir ve denge çok kolay kurulur. Örneğin su ve atık sularındaki birçok kirleticilerin ve gazların aktif karbon üzerine adsorpsiyonu fiziksel adsorpsiyondur. Bu tip adsorpsiyonda gazların ideal halden sapmalarına sıvılaşımlarına sebep olan kuvvetin Van der Waals kuvvetleriyle aynı cinsten olduğu kabul edilmektedir. Kimyasal adsorpsiyonda, adsorban ve adsorbat arasında kimyasal bağların etkisi ile oluşur ki burada kovalent bağların sayısı önemlidir. Adsorpsiyon moleküllerin bağlanmasının tamamlanmasıyla son bulur (Aslan 2009).

Kimyasal adsorpsiyon da ısı önemli bir etkidir. Yüksek sıcaklıklara ısıtma ile molekül ayrılması sağlanır ve kimyasal adsorpsiyonun gerçekleştiği yaklaşık 200 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda ya kimyasal bağlar kırılır ya da yeni bağlar oluşarak absorbe kapasitesini arttırabilir (Yılmaz 2007).

Biyosorpsiyon, bir sorbat ve canlı, ölü veya inaktif biyokütle arasında hücre yüzeyinde meydana gelen fizikokimyasal ve iyon değişimi etkileşimlerinden kaynaklanan hızlı bir sorpsiyon prosesidir. Canlı biyokütle kullanıldığında, bu biyolojik ayrışmanın sorpsiyon olayları ile eşzamanlı olarak meydana gelebileceğini ve gözlemlenen toplam uzaklığın, sorpsiyon ve bozunma katkılarından oluşabileceğini ve her birinin katkısını ayırt etmenin zor olabileceğini belirtmek önemlidir. Organik bileşiklerin biyosorpsiyonu çok karmaşık bir işlemdir ve farklı katkısı olan çeşitli faktörlerden etkilenebilir. Sorbentin moleküler büyüklüğü, sorbent, sorbate çözünürlüğü, biyosorbent hidrofobiklik, sorbatın oktanol / su bölme katsayısı ve faktörler olarak Van der Waals gibi fiziksel kuvvetler üzerinde aktif alanların sayısı ve dağılımı rol oynayabilir. biyosorpsiyon mekanizması. Ayrıca biyobozunma, canlı organizmaları biyo-emici olarak kullanırken de çıkarma işlemine katkıda bulunabilir. Hakim mekanizmayı tahmin etmek için kinetik ve termodinamik çalışmalar yapılmıştır (Zolgharnein *et al.* 2011).

Absorpsiyon çalışmalarına göre organik pestisitler aktif karbon adsorpsiyonunun etkili olduğu ancak içme sularından pestisit giderilmesi ekonomik olmadığı bildirilmiştir (Aslan and Çakıcı 2007). Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalarda immobilizasyon en iyi tekniklerden biri gibi görünmektedir ve algleri ile tersiyer atıksu arıtımında

mikroalgırları kültür ortamlarından ayırmak için uygun maliyetli olduğu bildirilmiştir (Bazhan and Bazhan 2010).

1.6. Pestisitlerin Algler Yoluyla Giderimi

Pestisit ayrışmaları konusunda yapılan araştırmalarda elde edilen sonuçlara göre, farklı türlere sahip kültürlerin sudan pestisiti uzaklaştırmaları monokltrlerden hızlı olmaktadır. Bunun nedeni, karışık mikroorganizma toplumlarında enzim spektrumunun daha geniş olmasından kaynaklandığı bilinmektedir. Ayrıca mikroorganizma türleri ne kadar çok olursa, pestisit ile değiştirilmiş yaşam ortamına uyum sağlayacak tür sayısının da o derece artacağı ifade edilmektedir. Mikroorganizmaların pestisit moleküllerini aşağıda özetlenebilen bir kısım temel kimyasal değişiklikle katalizledikleri bilinmektedir. Bunlar: dehalojenasyon, dealkilasyon, amid ve ester hidrolizi ve halka açılmasıdır (terler and Albay 2010);

Algler su arıtım mekanizmalarında en çok kullanılan canlılardır. Algler azot ve fosfor giderim çalışmalarından sulardaki ağır metal absorpsiyonuna kadar birçok organik ve inorganik maddelerin sudan uzaklaştırılması çalışmalarında etkili olmaktadır. Biyolojik arıtma metotları arasında alglerin kullanıldığı sistemler, son 50 yılda ağırık kazanmıştır. Atık su arıtım işlemleri pahalı ve karmaşık işlemlerdir. Bu nedenle atık su arıtımında kullanılan tekniklere alternatif yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu bağlamda alger, kolay ve hızlı üretilibilmeleri, daha az sermaye ve bakım masrafı gerektirmesi gibi nedenlerle kentsel ve endüstriyel atık su arıtımı için önemli bir alternatif haline gelmektedir (şen vd 2003). Alglerin bu yeteneklerinden yararlanılarak atık su arıtımında kullanılmalarının başarılı sonuçlar sağladığı da, yapılan pek çok çalışmayla kanıtlanmıştır (Oswald 1988).

Serbest yaşayan mikroalglerin süspansiyonu ile besinlerin uzaklaştırılması, immobilizasyon işleminin başlangıcıdır. Mikroalglerin atık su arıtımında kullanılma çalışmaları eskilere dayanmaktadır. *Chlorella vulgaris* ve *Scenedesmus dimorphus* Kolombiya'daki süt ve domuz yetiştiriciliği atıksularından fosfatların %55'e kadarlık

kısmını arttırdığı bildirilmiştir (Gonzalez *et al.* 1997). Yapay bir atık su içinde yetiştirilen *Scenedesmus* suşu fosfatların %50'sini uzaklaştırmıştır (Voltolina *et al.* 2005).

Bu araştırmada doğadan toplanan mikroalglerden *Desmodesmus communis* herbisit ve insektisit uygulaması yapılarak bu türe her iki pestisit etkisi incelenmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yeşil ve mavi-yeşil algleri temsil eden 7 alg türünün duyarlılığı üzerine 3 metal bileşiği ($K_2Cr_2O_7$, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $ZnSO_4$) ve 3 herbisit (oksifluorfen, pendimethalin, atrazin) ile ilgili toksisite deneyi yapılmış, sonuçta hassas türlerin sırasıyla *Synechococcus leopoliensis*, *Raphidocelis* ve *Chlamydomonas reinhardtii* olduğu tespit edilmiştir. Fakat denemede kullanılan alglerin hassaslık dereceleri çok geniş olduğu için ağır metal toksite çalışmalarında tek tek türlerin denenmesinin daha uygun olacağı bildirilmiştir (Rojičková-Padrťová and Maršálek 1998).

Lei *et al.* (2002) sucul alanlardan herbisit uzaklaştırılması çalışmasında *Chlamydomonas* sp., *Chlorella miniata*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus platydiscus*, *Desmodesmus communis*, *Selenastrum capricornutum*, ve *Synechosystis* sp. türleri kullanılmış, *S. platydiscus*'un absorbe kapasitesinin en yüksek olduğu, *C. vulgaris* etkisinin ise en az olduğu bildirilmiştir.

Atık sulardan tribaliltinin (TBT) uzaklaştırılması çalışmasında *Chlorella miniata*, *C. sorokiniana*, *Scenedesmus dimorphus* ve *S. platydiscus*'un ölü ve canlı hücreleri kullanmışlardır. Ölü *Scenedesmus* ve *Chlorella* hücrelerinin, üç gün maruz kalma sırasında TBT'nin çıkarılmasında genellikle daha etkili olduğu (%90 ve %85'den fazla TBT) saptamışlardır. Canlı mikroalglerin uzaklaştırılma yüzdeleri daha küçük olmasına rağmen, TBT sürekli olarak emilmiş ve parçalanmıştır ve 14 günlük tedavi sonunda ilgili ölü hücrelere benzer TBT çıkarma yüzdeleri elde edildiğini bildirmişlerdir. *Scenedesmus* hücreleri muhtemelen daha büyük hücre boyutları ve biyokütle nedeniyle *Chlorella*'dan daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir (Tam *et al.* 2002).

Dere ve Sıvacı (2003) *Monoraphidium contortum* mikro alginin absorbans kapasitesini belirlemek amacıyla Paraquat ve 2,4-D'nin 0.5, 1.0, 5.0 mg/l dozlarında hazırlanan 3 farklı besiyeri ortamı oluşturmuşlardır. Deneme boyunca *M. contortum* türünün yoğunluğunu azaldığını, Daminozid'in 0.5 ve 1.0 mg/l'lik dozları benzer bir etki

gösterirken 5.0 mg/lt'lik doz ile hazırlanan ortamlarda farklı etkiler gözlemlediklerini bildirmişlerdir. *M. contortum* yoğunluğunun 96. saate doğru yavaş yavaş artmaya başladığını daha sonraki zaman periyodunda azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Friesen-Pankratz *et al.* (2003) laboratuvar ortamında sulak alanlarda tespit ettikleri *Selenastrum capricornutum* türünün yine tarımsal alanda en çok kullanılan iki tarımsal pestisiti (atrazin ve lindane) absorbe kapasitesini incelemişlerdir. Pestisit ilavelerinin klorofil ve tedavilerin konsantrasyonları üzerinde olumlu bir etkisi olduğu bununla beraber alglerin sulak alanlardaki varlığı her iki böcek ilacının sulu kalıcılığını azalttığını saptamışlardır. Alglerin ya pestisit emilimi için ya da pestisit degradasyonunu kolaylaştıran alanlar sağladığını tespit etmişlerdir.

Gala Gölü'nde yürütülen çalışmada göldeki fitoplankton tür kompozisyonu ve organik fosforlu pestisit analizleri yapılmış, göl suyunda en yüksek miktarda bulunan pestisitlerin Azinphos-MEtil, Malathion, Parathion-Etil, Terbufos ve Trichlorfon olduğu bildirilmiştir. Bu pestisitlerin laboratuvar ortamında *Chlorella vulgaris*, *Desmodesmus communis* ve *Cyclotella meneghiniana* mikroalgleri ile giderimi araştırılmış ve sonuçta pestisitlere, en dirençli organizmanın *Cyclotella meneghiniana* olduğu ve bunu *Chlorella vulgaris* ve *Desmodesmus communis* 'nın takip ettiğini saptamışlardır (Öterler and Albay 2010).

Synechocystis sp.ve *Phormidium* sp. siyanobakterileri kullanılarak ortamdaki farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış herbisit ve pestisit absorbe edebilme kapasiteleri araştırılmış, kültür ortamlarına sukroz ve salisilik asit eklendiğinde giderim ve büyüme kapasitelerinin arttığı bildirilmiştir (Aminfarzaneh 2010).

Dosnon-Olette (2010) *Scenedesmus obliquus* ve *S. quadricauda*'nın iki fungusit çeşidi ve bir herbisitın sudan uzaklaştırılması çalışmasında *S. quadricauda*'nın sudan dimethomorph ve pyrimethanil uzaklaştırılmasında daha etkili olduğunu saptamışlardır.

Pestisitlerin sulu çözeltilerden uzaklaştırılması ile ilgili bir araştırmada PCNB pestisit türünün sulu çözeltiden uzaklaştırılması için karbonize edilmiş kızılçam kabuklarını kullanmışlar ve PCNB adsorpsiyonunu etkileyen başlangıç konsantrasyonu, pH ve sıcaklık gibi faktörlerin etkisi araştırılmışlardır. Deneme sonucunda reaksiyon kinetiğinin pseudo II. dereceden kinetik modelinin takip ettiği, termodinamik hesaplar sonucunda ΔH değeri -22598,15 cal/mol olduğu ve ΔG değeri pozitif olması absorpsiyonun kendiliğinden gerçekleşmediğini bildirmişlerdir (Çeşmeli 2011).

Atık suların arıtımında kullanılan biyolojik arıtma tekniğinde mikroorganizmaların hücrelerin toksik kimyasalları konvansiyonel atıksu arıtma sistemlerinden daha hızlı bozma potansiyeline sahip olduğu hipotezine dayanarak Hint su kütlelerindeki başlıca toksik maddelerin giderilmesi için kalsiyum aljinat taneciklerinde immobilize edilmiş *Pseudomonas fluorescens* SM1 suşunun uygunluğu GC / HPLC ve AAS teknikleri kullanarak araştırmışlardır. Serbest hücreler tarafından %60 ile karşılaştırıldığında, immobilize SM1 hücreleri tarafından fenol konsantrasyonunda kabaca %80 azalma saptamışlardır. Ayrıca, ağır metallerin biyoremediasasyonu durumunda, immobilize SM1 hücrelerinin, serbest hücreler ile karşılaştırıldığında daha verimli olduğu bulmuşlardır. 24 saat boyunca test modeli suyundaki *P. fluorescens* SM1 hücrelerinin süspansiyonu, Cu^{+2} , Cd^{+2} , Ni^{+2} ve Pb^{+2} konsantrasyonlarını serbest hücre durumunda %75'ten daha fazla ve %7-9 daha iyi bir oranda azalttığı; bunun yanı sıra Cr (VI), hücre immobilize sistemi tarafından sadece %44'lük bir uzaklaştırma gösterebilirken, Cr (VI) seviyelerinde sadece %35'lik bir azalma gözlemişlerdir. *P. fluorescens* SM1 suşunun immobilize edilmiş hücrelerinin Hint su kütlelerinde bulunan majör toksik maddelerin bioremediasasyonunda oldukça etkili olduğu ve biyoremediasyon /detoksifikasyon prosesi için serbest hücrelerden ziyade immobilize bakteriyel hücrelerin kullanılmasını önermişlerdir (Wasi 2011).

Luo *et al.* (2014) 7 yüksek molekül ağırlıklı polisiklik aromatik hidrokarbonların *Selenastrum capricornutum* mikroalgi tarafından absorbe edilebilme miktarları altın ve beyaz ışık altında denemişlerdir. *Selenastrum capricornutum* canlı hücrelerinin her iki ışık altında aynı oranda sudan hidrokarbonları absorbe ettiğini ancak ölü hücrelerde ise

beyaz ışık altındaki hücrelerin altın rengi ışık altındaki hücrelerden daha fazla hidrokarbonu absorbe ettiğini bildirmişlerdir.

Farklı pestisitlerin *Chlorella vulgaris*'e olan etkisini incelemek amacıyla kısa süreli (1 saat) ve uzun süreli (4 gün) uygulama yapmışlardır. Uzun süreli pestisit muamelesine maruz kalan *C. vulgaris*'de fitoplankton sayısının başlangıç konsantrasyonu $63,5 \pm 3,9 \mu\text{g /l}$ 'den final konsantrasyonu $29,7 \pm 1,0 \mu\text{g /l}$ 'ye düştüğü tespit etmişlerdir (Hultberg 2016).

Kentsel veya sentetik atık su ile beslenen havalandırılmış yığın reaktörler (2.5 l) içerisindeki kafein, ibuprofen, galaxolide, tributyl fosfat, 4-oktilfenol, tris (2-kloroetil) maddeleri uzaklaştırmak için mikroalg ile (*Chlorella* sp. ve *Scenedesmus* sp.) 10 inkübasyona bırakmışlardır. Gazsız ve karanlık reaktörler kontrol olarak kullanmışlardır. Mikroalg, deney boyunca N-NH_4 'ün tamamen uzaklaştırılmasıyla $0,25 \text{ d}^{-1}$ oranında büyüdüğünü tespit etmişlerdir. Mikroalgler biyolojik bozunma, ibuprofen ve kafein, karbamazepin ve tris (2-kloroetil) fosfatın giderilmesi için etkili iken, geri tepkisiz bileşikler olarak davrandıklarını gözlemlemişlerdir. Mikroalgin kullanımının, ibuprofen'in biyodegradasyon giderme etkinliğini %40 arttırdığı ve kafein gecikme fazını 3. günde azalttığı saptamışlardır. Bunla birlikte mikroalglerin S-ibuprofen'in enantiyoselektif biyodegradasyonu, karboksi-ibuprofen ve hidroksi-ibuprofenin tanımlanmasıyla desteklenen bir biyotik uzaklaştırma yapabildiklerini tespit etmişlerdir. Sentetik atık su ile beslenen mikroalg reaktörlerinden elde edilen sonuçlar, incelenen mikrokontaminantlarda herhangi bir mikroalgin etkisi olduğuna dair bir veri elde edemediklerini bildirmişlerdir (Matamoros *et al.* 2016).

Fakıoğlu ve Atamanalp (2017) su mercimeği (*Lemna minor*) bitkisinin klorofil ve enzim aktivitesi üzerinde glifosat uygulamasının etkisini artırdıkları bir çalışmada, klorofil *a* ve klorofil *b* değerleri sırasıyla en yüksek ortalama $0,006 \text{ mg/l}$ ve $0,011 \text{ mg/l}$ olarak tespit etmişlerdir. *L.minor*'ün sudaki amonyak-azotu, nitrit-azotu ve nitrat azotu mikrında 7. günde, ortofosfat-fosforu miktarında ise 14. günde azalma olduğunu

saptamışlardır. *L.minor* bitkisinin glifosatın uzaklaştırılmasında doğal bir arıtım yöntemi olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Yılmaz (2018) tarafından yürütülen bir çalışmada, fındık kurdu (*Curculio nucum* L.) zararlısı ile mücadelede yaygın kullanılan sentetik piretroid grubu insektisit zeta-cypermethrinin mikroalglerden *Chlamydomonas reinhardtii* P.A. Dangeard (Chlorophyta, Chlorophyceae) ve yüzen yapraklı su bitkisi *Lemna minor* L. (Lemnaceae) türlerinin büyümesi üzerine etkisi ve biyoremediasyonu biyodeneylerle incelenmişlerdir. LCMS/MS sonuçlarında, en yüksek pestisit absorbans değeri 300 ppb'lik test ortamında 96. saatte *C. reinhardtii* türünde %98,2 saptamışlardır. *L. minor* türünde ise absorbans oranını %35,4 ile %95,9 arasında hesaplamışlardır. Araştırmalarında yüksek dozda pestisit uygulandığında her iki türde de toksik etkiler gözlemlendiği ve absorbe edilen pestisit geri suya salındığını bildirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Doğadan alglerin toplanması ve izolasyonu

Tortum Gölü'nden Haziran 2016 ve Ekim 2016 tarihlerinde birer sefer plankton kepçesi (ağ göz açıklığı 55 µm) ile fitoplankton örnekleri toplanmıştır. Toplanan örnekler 100 ml'lik plastik örnek saklama kaplarında laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvarda 250 ml cam erlenmayer kaplara alınan örnekler agar ile zenginleştirilmiş Bold Bazal 11 besin ortamında 10 gün inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon süresi sonunda en fazla gelişen mikroalg olan *Desmodesmus communis* Andersen (2005) bildirmiş olduğu yöntemle göre mikropipet yardımıyla Zeiss marka invert mikroskop (600 X büyütmeyle) altında izole edilmiş ve 10 ml'lik cam tüplere aktarılmıştır.

***Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald 1977**

D. communis (Sin. *S. quadricauda*) John et al. (2005) göre 4 (-8) hücre sayısına sahip, hücre genişlikleri (2,3-)3,5-6,6 µm ve boyları (7,8-)9-17(-20,4) µm olan oblong-silindirik hücrelerden oluşmuş, dıştaki hücrelerin iki ucunda da uzun ve kıvrılmış bir spin ve içteki hücrelerin spinsiz olmasıyla ayırt edilmektedir. Hücre duvarı düzdür.

Çizelge 3.1. *Desmodesmus communis* (E.Hegewald) E.Hegewald 1977sistematığı (Anonim 2018b)

Grup	İsim
Alem	Bitki
Şube	Chlorophyta
Altşube	Chlorophytina
Sınıf	Chlorophyceae
Takım	Sphaeropleales
Family	Scenedesmaceae
Cins	<i>Desmodesmus</i>
Tür	<i>Desmodesmus communis</i>

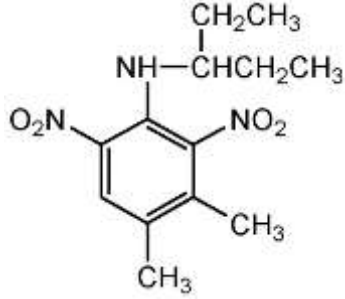


Şekil 3.1. *Desmodesmus communis* mikroskop görüntüsü (Orijinal)

3.1.2. Herbisit

Deneylerde ticari adı Herbimat 330 EC (Çizelge 3.2) ve etken maddesi pendimethalin olan herbisitten konsantrasyonu 19 mg/l, 110 mg/l ve 280 mg/l olacak şekilde çözeltiler hazırlanmıştır. Stok çözeltiler deneme başlayıncaya kadar buzdolabında +4°C’de saklanmıştır. Herbisit konsantrasyonları, çiftçiler tarafından kullanılan ticari ürünün arazilerinde uyguladıkları miktar göz önünde tutularak belirlenmiştir.

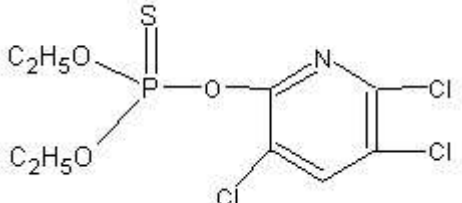
Çizelge 3.2. Ticari adı Herbimat 330 EC olan herbisitinin özellikleri

Ticari Adı	Herbimat 330 EC
Firma	Hektaş
Grubu	Herbisitler
Etken madde	Pendimethalin
Formulasyon	Sıvı Formülasyonlar (EC formulations)
Etkili madde miktarı	330 g/l
Moleküler yapısı	

3.1.3. İnsektisit

Deneylerde ticari adı Chlorfet 48 EC (Çizelge 3.3) ve etken maddesi chlorpyrifos-Etil olan insektisitten konsantrasyonu 10 mg/l, 30 mg/l ve 115 mg/l olacak şekilde çözeltiler hazırlanmıştır. Stok çözeltiler deneme başlayıncaya kadar buzdolabında +4°C’de saklanmıştır. İnsektisit konsantrasyonları, çiftçiler tarafından kullanılan ticari ürünün arazilerinde uyguladıkları miktar göz önünde tutularak belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Ticari adı Chlorfet 48 EC olan insektisitlin özellikleri

Ticari Adı	Chlorfet 48 EC
Firma	Tarsan
Grubu	İnsektisitler
Etken madde	Chlorpyrifos-Etil
Formulasyon	Sıvı Formülasyonlar (EC Formulations)
Etkili madde miktarı	480 g/l
Moleküler Yapısı	

3.2. Yöntem

3.2.1. Laboratuvar çalışmaları

Araştırma Atatürk Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Laoratuvarında 10 ml'lik tüpler içerisindeki algler 250 ml erlenler içerisine aşılanarak iki hafta JSR Lab 312 marka inkübatörde (26°C, 110 rpm, 0,12 lux) inkübe edilmiştir. Süre bitiminde algler Akvaryum Balıkları Araştırma ve Uygulama Merkezi içerisindeki alg ünitesinde 5l'lik cam kaplara alınarak herbisit ve insektisit uygulaması başlatılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Herbisit ve insektisit uygulaması yapılan *D.communis* kültür ortamı

İzolasyon ve çoğaltma işlemlerinde bütün cam malzemeler ve besin ortamları WiseClave Digital Fuzzy Control System marka otoklav ile 15 psi basınç altında 121°C’de 15 dakika süreyle sterilize edilmiştir.

Alg ünitesinde yürütülen deneme boyunca alglerin gereksinim duydukları ışık Philips marka beyaz ışık veren floresan lambalar ile sağlanmıştır. Işık yoğunluğu 120 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ olacak ekilde ayarlanmış ışık şiddeti CEM-DT 1309 marka ışıkölçer ile ölçülmüştür.

Herbisit uygulamasında etken maddesi Pendimethalin’den üç solüsyon (19 mg/l, 110 mg/l ve 280 mg/l) insektisit uygulamasında ise etken maddesi Chlorpyrifos-Etil’den üç solüsyon (10 mg/l, 30 mg/l ve 115 mg/l) hazırlanmıştır. Kontrol grubu (K1, K2 ve K3), herbisit [H1 (19 mg/l), H2 (110 mg/l) ve H3 (280 mg/l)] ve insektisit [İ1 (10 mg/l), İ2 (30 mg/l) ve İ3 (115 mg/l)] ilave edilen grupların her biri 3’er tekrürlü olacak şekilde dizayn edilmiştir. Deneme başladıktan sonra kontrol grubunda dahil olmak üzere bütün gruplara besin ortamı ilave edilmemiştir. Deney ortamında oda sıcaklığı 26°C’ye Beko

marka klima ile sabitlenmiştir. Bütün gruplara her gün %2'lik CO₂ uygulaması yapılmıştır. Araştırma deney aşaması (7 gün) ile toplam 32 gün sürmüştür.

3.2.2. Kültür ortamı

Denemede *D.communis*'nin besin ortamı olarak modifiye edilmiş Bold Bazal 11 besin ortamı kullanılmıştır (Çizelge 3.4). Kültür ortamı hazırlamada kullanılan kimyasallar Dikomsan Elektronik Precisinon Balans marka hassas terazi ile tartılmıştır. Besin ortamının hazırlanması için gerekli olan saf su GFL 2008 marka saf su cihazından sağlanmıştır.

Çizelge 3.4. *Desmodesmus communis*'in besin ortamı (Andersen 2005)

Solüsyon	Stok Solüsyon (g/l dH ₂ O)	Kullanılan Miktar
Fe sitrat solüsyon	-	1 ml
Sitrik asit	6	1 ml
Ferrik Amonyum Sitrat	6	1 ml
NaNO ₃	-	1,5 g
KH ₂ PO ₄ .3H ₂ O	40	1 ml
MgSO ₄ .7H ₂ O	75	1 ml
CaCl ₂ .2H ₂ O	36	1 ml
Na ₂ CO ₃	20	1 ml
MgNa ₂ EDTA.H ₂ O	1	1 ml
İz Metal solüsyon	-	1 ml
İz Metal Solüsyon*	Stok Solüsyon (g/L dH ₂ O)	Kullanılan Miktar
H ₃ BO ₃	-	2,860 g
MnCl ₂ .4H ₂ O	-	1,810 g
ZnSO ₄ .7H ₂ O	79	1 ml
CuSO ₄ .5H ₂ O	-	0,391 g
Co(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	49,4	1 ml
*İz Metal Solüsyonu 950 ml saf su içerisine bütün birleşenler konduktan sonra 1l'ye tamamlanır.		

3.2.3. Deney gruplarının pH, sıcaklık ve ışık ölçümleri

Deneme boyunca deney ünitelerinin her birinin su sıcaklığı, pH ve ışık ölçümleri günlük olarak sabah saatlerinde yapılmıştır. Su sıcaklığı ve pH değerleri (0,01 pH'ya duyarlı) laboratuvar tipi dijital pH metre (WTW pH/Oxi 340i) ile ölçülmüştür.

3.2.4. Deney gruplarının kuru madde analizi

Kuru madde miktarlarının belirlenmesi amacıyla herbisit ve insektisit uygulama deneme sürecinde üç günde bir K1, K2, K3, H1, H2, H3, İ1, İ2 ve İ3 gruplarından 50'şer ml mikroalg örneği alınarak analiz edilmiştir. Analizler öncesinde 100°C'de Binder marka etüvde 1 saat bekletilen Whatman GF/C filtre kağıtları (0,45µ göz açıklığı) daraları alınarak süzme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kuru madde analizinde kullanılan motorlu pompa

Etüvde kurutulan Whatman GF/C filtre kâğıtları 0,001 g duyarlı terazide daraları alınmış petri kutuları içerisinde tartıldıktan sonra 50 ml'lik su örnekleri motorlu pompadan süzölmüş ve 100°C'ye sabitlenmiş etüvde sabit tartıma ulaşınca kadar

bekletilmiştir (Şekil 3.4). Sonrasında petri kutuları desikatöre alınarak, oda sıcaklığında soğutulmuş ve ardından 0,001 g duyarlı terazide tartım işlemleri yapılmıştır. Örneklerin yaş haldeki tartımlarından ölçülen değerlerden, kurutulduktan sonraki tartım değerleri arasındaki farklar alınarak kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Vonshak 1997).



Şekil 3.4. Etüvde kurulan herbisit ve insektisit uygulama örnekleri

3.2.5. Deney gruplarındaki *D.communis* hücre sayısı

Deney gruplarındaki *D.communis* hücre sayısı her gün alınan 50 ml alg örneklerden Thoma lamının her iki bölmesine 2'şer damla damlatılarak Zeiss Primo Star AxioCam ERc 5s model binoküler mikroskop altında sayılmıştır (Şekil 3.5).

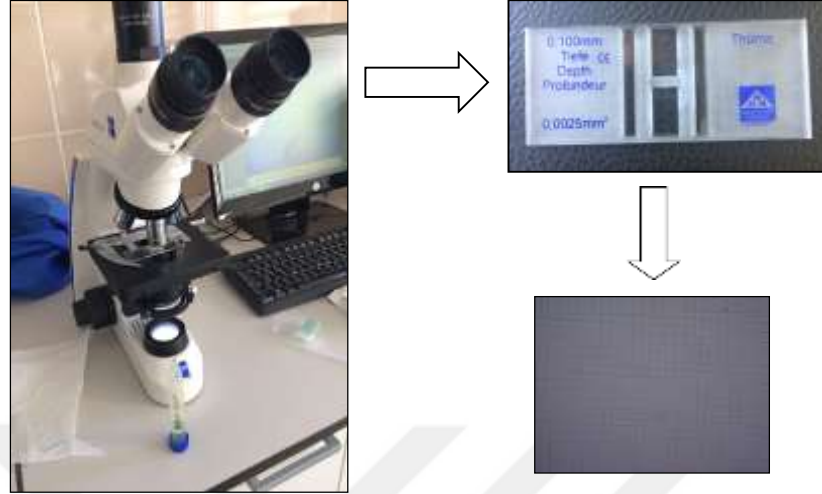
$$\text{Fitoplankton sayısı (adet/ml)} = A \times SF \times 10.000$$

Burada;

A = 16 büyük karede sayılan *D.communis* sayısı (adet),

SF = Seyreltme faktörü (mm^3)

$10.000 = 0,1 \text{ mm}^3$ ' deki sayım sonucunu 1 ml' deki sayıya dönüştürmede kullanılan kat sayı



Şekil 3.5. *D.communis* hücre sayımı

3.2.6. *D.communis* biyokütlesinin hesaplanması

Deneme gruplarındaki *D.communis* biyokütlesi her gün kültürler homojen olarak karıştırıldıktan sonra 10 ml'lik tüplere alınmıştır. Tüplere alınan örnekler bir pipet yardımıyla 3 ml örnek alınarak kuartz küvete konularak Beckman Coulter DU730 marka spektrofotometrede 680 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. *D.communis* biyokütlesi aşağıdaki formülden hesaplanmıştır (Kang *et al.* 2005).

$$\text{Biyokütle } (\mu\text{g/l}) = 0,713 \times \text{OD}_{680}$$

3.2.7. İstatistik analizler

D.communis biyokütle ve hücre sayısı, pH, sıcaklık, ışık ve kuru madde miktarı sonuçlar arasındaki farklılık IBM SPSS 20 kullanılarak One-Way (ANOVA) testi ile belirlenmiştir. Farklılıkların önem düzeyleri DUNCAN testine göre değerlendirilmiştir. Hesaplamalar ve kontroller Kesici ve Kocabaş'a (2007) göre yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Laboratuvarı ve Alg Ünitesi'nde gerçekleştirilmiştir. Deneme boyunca kontrol (K1, K2 ve K3), herbisit [H1 (19 mg/l), H2 (110 mg/l) ve H3 (280 mg/l)] ve insektisit [İ1 (10 mg/l), İ2 (30 mg/l) ve İ3 (115 mg/l)] gruplarından toplam 27 adet kültür ortamı oluşturulmuştur. Deneme boyunca her gün pH, sıcaklık, ışık, *D.communis* sayısı ve *D.communis* biyokütle ölçümü yapılmıştır. Bunun yanı sıra 3'er gün arayla kuru madde miktarı analiz edilmiştir.

4.1. Uygulama Gruplarına Ait Bazı Su Kalite Parametreleri

4.1.1. pH değişimi

Bu denemede, herbisit ve insektisit uygulaması yapılan *D.communis* grupları ile kontrol grubu arasındaki ilişki istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Kontrol grubunda pH değeri 6. gün en yüksek değerde ($8,41 \pm 0,40$) ölçülürken, 7. günde en düşük ($7,49 \pm 0,02$) değer ölçülmüştür.

Herbisit uygulaması yapılan kültürlerde; birinci gün bütün H1, H2 ve H3 gruplarında en düşük pH değeri saptanmıştır (Çizelge 4.1). En yüksek pH değeri ise üçüncü günde tespit edilmiştir. Ortalama pH değeri H1, H2 ve H3 gruplarında sırasıyla $7,52 \pm 0,23$, $7,58 \pm 0,17$ ve $7,53 \pm 0,11$ olarak ölçülmüştür. Deneme boyunca kontrol grubu en yüksek pH değerinde ($7,70 \pm 0,18$) saptanırken, en az ve en yüksek konsantrasyon uygulaması yapılan gruplardaki pH değişimi bir birine yakın değerlerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Herbisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı pH değişimi (n=3, Ort±SD)

Gruplar	0.gün	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
K	7,71±0,08 ^{aB}	7,18±0,11 ^{aC}	7,65±0,11 ^{aB}	7,65±0,11 ^{aB}	7,65±0,11 ^{aC}	7,87±0,27 ^{aA}	8,41±0,40 ^{aA}	7,49±0,02 ^{bC}
H1	7,76±0,10 ^{aB}	6,70±0,38 ^{cC}	7,42±0,34 ^{bC}	7,42±0,34 ^{bC}	7,42±0,34 ^{bC}	7,73±0,08 ^{bB}	7,84±0,12 ^{aA}	7,87±0,12 ^{aA}
H2	7,54±0,23 ^{bC}	6,88±0,21 ^{bC}	7,64±0,16 ^{aB}	7,64±0,16 ^{aB}	7,64±0,16 ^{aC}	7,72±0,21 ^{bB}	7,76±0,13 ^{bB}	7,83±0,09 ^{aA}
H3	7,76±0,05 ^{aB}	6,84±0,14 ^{bC}	7,43±0,17 ^{bC}	7,43±0,17 ^{bC}	7,43±0,17 ^{bC}	7,78±0,12 ^{aB}	7,70±0,02 ^{bB}	7,87±0,04 ^{aA}

***ABC** Büyük harfler her bir grubun günler içerisindeki farkını göstermektedir ve aynı satırda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

****abc** Küçük harfler her bir grubun diğer gruplar arasındaki farkını göstermektedir ve aynı sütunda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

İnsektisit uygulaması yapılan kültürlerde pH değerinin günlük değişimleri, kontrol grubunda en düşük değer (7,18±0,11) 1. gün, en yüksek değer (8,41±0,4) 6. günde tespit edilmiştir. İ1 uygulamasında en düşük değer (6,81±0,24) 1. günde, en yüksek değer (7,81±0,04) ise 5. günde saptanmıştır. İ2 uygulamasında en düşük değer (7,33±0,2) başlangıçta, en yüksek değer (7,74±0,03) ise 6. günde ölçülmüştür. İ3 uygulamasında en düşük değer (7,11±0,18) 1. günde en yüksek değer (7,88±0,05) ise 7. günde saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. İnsektisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı pH değişimi (n=3, Ort±SD)

Gruplar	0.gün	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
K	7,71±0,08 ^{aB}	7,18±0,11 ^{cC}	7,65±0,11 ^{bB}	7,65±0,11 ^{bB}	7,65±0,11 ^{bC}	7,87±0,27 ^{aA}	8,41±0,40 ^{aA}	7,49±0,02 ^{cC}
İ1	7,81±0,11 ^{bA}	6,81±0,24 ^{cC}	7,87±0,03 ^{aA}	7,87±0,03 ^{aA}	7,87±0,03 ^{aA}	7,90±0,02 ^{aA}	7,81±0,04 ^{bA}	7,72±0,07 ^{bB}
İ2	7,33±0,20 ^{cC}	7,51±0,07 ^{bA}	7,67±0,08 ^{bB}	7,67±0,08 ^{bB}	7,67±0,08 ^{bC}	7,70±0,08 ^{aB}	7,74±0,03 ^{aB}	7,70±0,03 ^{aB}
İ3	7,85±0,05 ^{aA}	7,11±0,18 ^{cB}	7,74±0,02 ^{bA}	7,74±0,02 ^{bA}	7,74±0,02 ^{bB}	7,74±0,06 ^{bB}	7,86±0,04 ^{aA}	7,88±0,05 ^{aA}

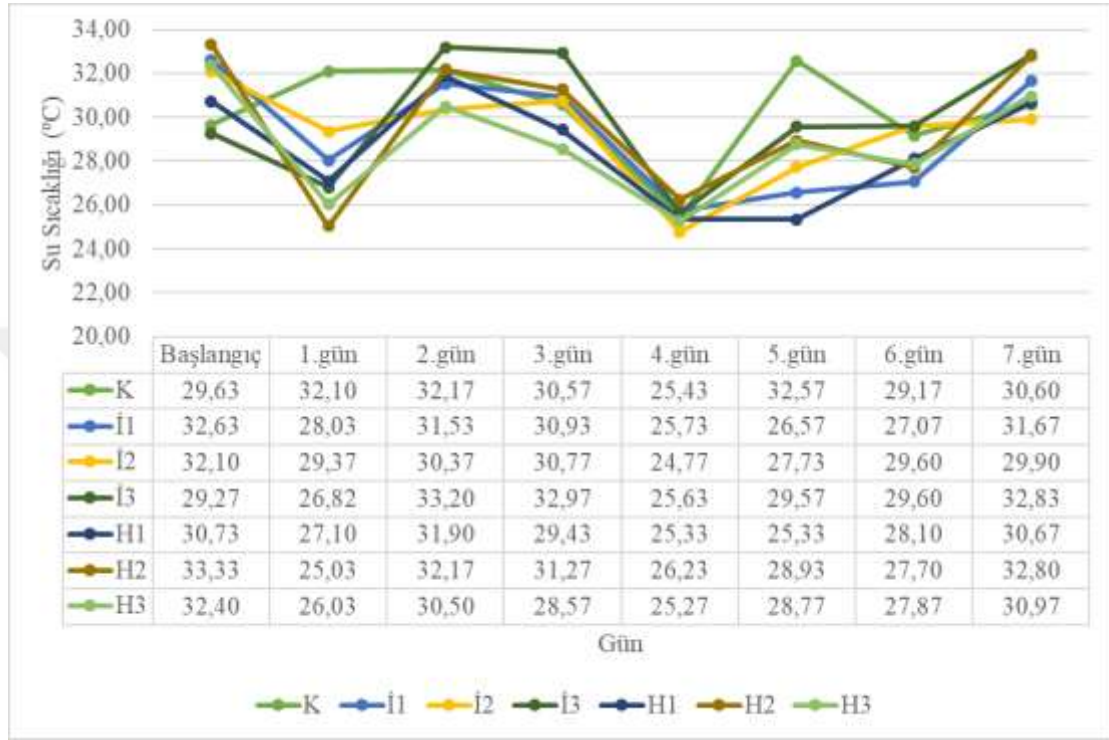
***ABC** Büyük harfler her bir grubun günler içerisindeki farkını göstermektedir ve aynı satırda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

****abc** Küçük harfler her bir grubun diğer gruplar arasındaki farkını göstermektedir ve aynı sütunda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

4.1.2. Su sıcaklığı değişimi

Herbisit ve insektisit uygulanan *D.communis* kültüründe su sıcaklığı her sabah 9:00'da ölçülmüştür. Uygulama yapılmayan kültürler arasındaki ilişki istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Uygulama gruplarının (K, İ1, İ2, İ3, H1, H2 ve H3) ortalama su sıcaklığı değerleri sırasıyla 30,28±2,04, 29,27±2,38, 29,33±1,96, 29,99±2,52,

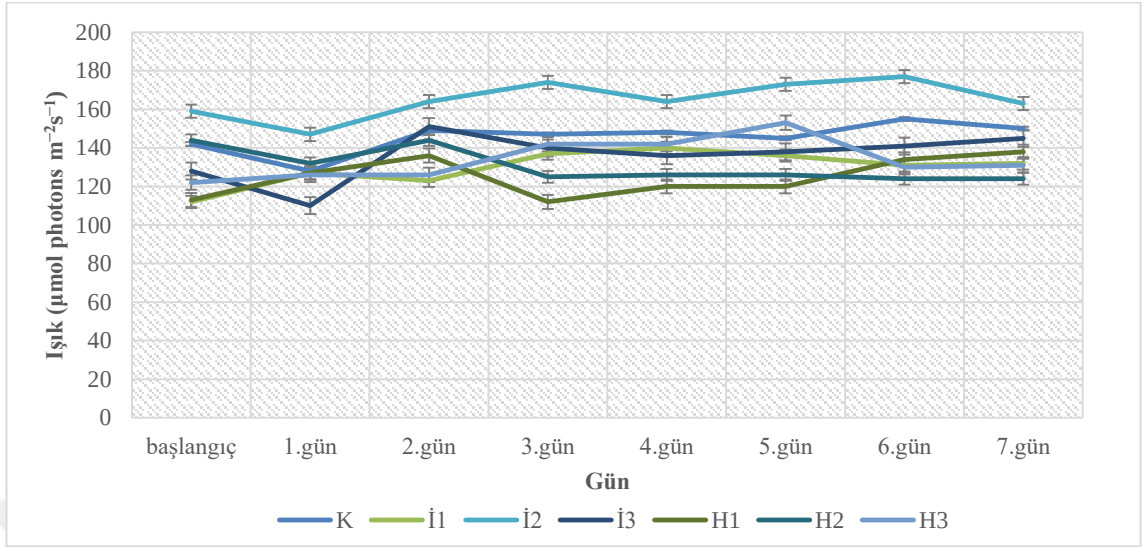
28,58±2,22, 29,68±2,78 ve 28,80±2,15'dir. Örneklerin günlük su sıcaklığı değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Uygulama grupları arasındaki su sıcaklığı (°C) günlere bağlı değişimleri

4.1.3. Işık şiddeti değişimi

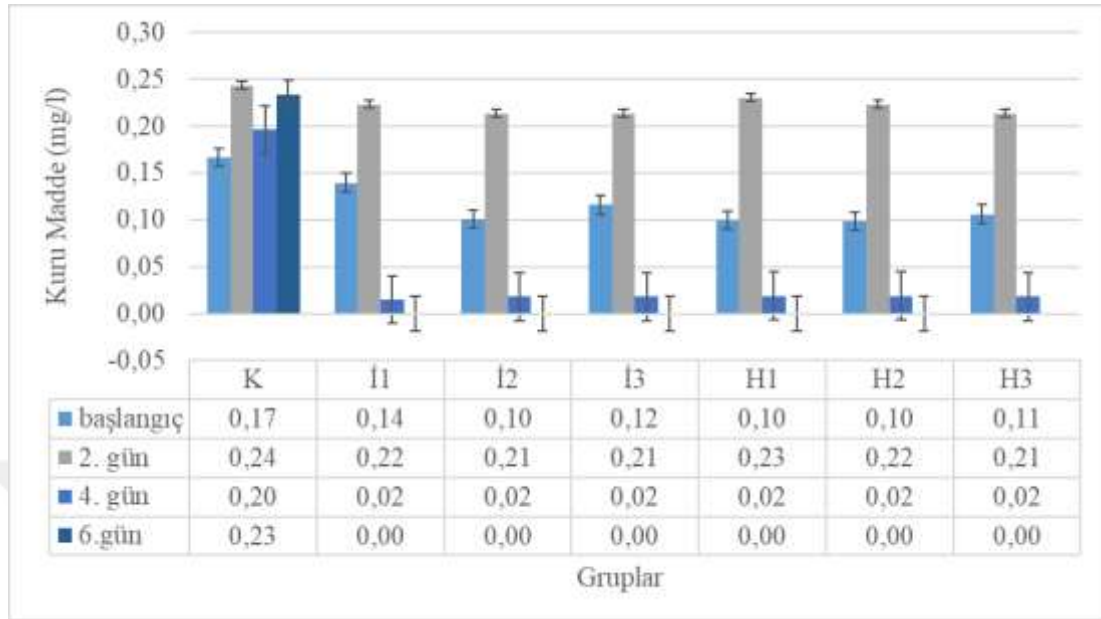
D. communis'e etken maddesi Pendimethalin ve Chlorpyrifos-Etil olan herbisit ve insektisit uygulamasında günlük ışık şiddeti ölçümü yapılmıştır. Kültürler arasındaki ilişki istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Kontrol grubu kültürlerde ışık yoğunluğu ortalama $146\pm7 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Herbisit uygulamalarında (H1, H2 ve H3) ortalama ışık yoğunluğu sırasıyla $125\pm9 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $131\pm8 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve $134\pm9 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. İnsektisit uygulamalarında (İ1, İ2 ve İ3) ise sırasıyla $130\pm8 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$, $165\pm9 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve $136\pm1 \mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Uygulama grupları arasındaki ışık şiddetinin ($\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$) günlere bağlı değişimleri

4.2. *D.communis* Uygulama Kültürlerinde Kuru Madde Analizi

Bu araştırmada, *D.communis* kültürlerinin kuru madde analizi 3 günde bir yapılmıştır. Herbisit ve insektisit uygulanan *D.communis* kültürleri ile kontrol grubu arasındaki ilişki istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Kontrol grubunda 2. günde yapılan tartımlarda kuru madde miktarının ani olarak arttığı, 4. günde bir düşüş olduğu gözlemlense de 6. günde yeniden arttığı saptanmıştır. Uygulama yapılan gruplarda ise 2. gün kuru madde miktarları yaklaşık iki kat artmış olmasına rağmen 4. günde ani bir düşüş ile 6. günde hücrelerin tamamının ölmesi nedeniyle kuru madde miktarı en düşük seviyeye ulaşmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. *D.communis* kültürlerinin kuru madde miktarının (mg/l) günlük değişimleri

4.3. *D.communis* Hücre Sayısı

Deneme boyunca, *D.communis* hücre sayısının gruplar ile günlere bağlı değişim istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Herbisit uygulaması yapılan kültürlerde (H1, H2 ve H3) en yüksek değerler sırasıyla $130,67 \pm 7,02$ adet/ml, $133,67 \pm 28,10$ adet/ml ve $153,67 \pm 19,40$ adet/ml olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Herbisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı *D.communis* hücre sayısı (adet/ml) değişimi ($n=3$, Ort $\pm$ SD)

Gruplar	0.gün	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
Kontrol	142,00 $\pm$ 14,00 ^{Aa}	156,00 $\pm$ 7,00 ^{Aa}	78,67 $\pm$ 20,50 ^{Ba}	45,00 $\pm$ 3,00 ^{Ca}	45,00 $\pm$ 3,00 ^{Ca}	23,00 $\pm$ 10,58 ^{Da}	25,67 $\pm$ 2,52 ^{Da}	12,67 $\pm$ 2,08 ^{Ea}
H1	130,67 $\pm$ 7,02 ^{Ab}	74,67 $\pm$ 11,93 ^{Bc}	11,67 $\pm$ 3,79 ^{Cc}	7,67 $\pm$ 0,58 ^{Dc}	2,33 $\pm$ 0,58 ^{Ec}	1,33 $\pm$ 0,58 ^{Eb}	0,67 $\pm$ 0,58 ^{Eb}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{Eb}
H2	133,67 $\pm$ 28,10 ^{Ab}	101,00 $\pm$ 19,40 ^{Ab}	16,00 $\pm$ 0,58 ^{Bc}	11,00 $\pm$ 2,00 ^{Bb}	3,67 $\pm$ 1,53 ^{Cc}	1,00 $\pm$ 0,58 ^{Cb}	0,00 $\pm$ 0,58 ^{Db}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{Db}
H3	153,67 $\pm$ 19,40 ^{Aa}	120,67 $\pm$ 7,00 ^{Ab}	40,67 $\pm$ 5,29 ^{Ab}	20,00 $\pm$ 3,61 ^{Bb}	6,33 $\pm$ 1,53 ^{Cb}	1,33 $\pm$ 0,00 ^{Db}	0,67 $\pm$ 0,00 ^{Eb}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{Eb}

*ABCDE Büyük harfler her bir grubun günler içerisindeki farkını göstermektedir ve aynı satırda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

**abc Küçük harfler her bir grubun diğer gruplar arasındaki farkını göstermektedir ve aynı sütunda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

İnsektisit uygulamasında (İ1, İ2 ve İ3) ise en yüksek değerler ise sırasıyla 95,67±6,66 adet/ml, 134,67±14,57 adet/ml ve 125,33±8,02 adet/ml olarak tespit edilmiştir. Herbisit ve insektisit uygulamalarında 5. günden itibaren hücre sayısı 1'e düşmüştür. Hücre sayılarının günlük değişiminin gruplar arasında herbisit uygulaması yapılan gruplardaki hücre sayılarının insektisit uygulaması yapılan hücre sayılarından daha fazla olduğunu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. İnsektisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı *D.communis* hücre sayısı (adet/ml) değişimi (n=3, Ort±SD)

Gruplar	0.gün	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
Kontrol	142,00±14,00 ^{Aa}	156,00±7,00 ^{Aa}	78,67±20,50 ^{Ba}	45,00±3,00 ^{Ca}	45,00±3,00 ^{Ca}	23,00±10,58 ^{Da}	25,67±2,52 ^{Da}	12,67±2,08 ^{Ea}
İ1	95,67±6,66 ^{Ab}	79,67±13,01 ^{Ab}	10,33±6,66 ^{Bc}	3,33±3,21 ^{Cb}	3,33±3,21 ^{Cb}	1,67±0,58 ^{Cb}	0,33±0,5 ^{Db}	0,00±0,00 ^{Db}
İ2	134,67±14,57 ^{Aa}	106,00±13,45 ^{Aa}	27,67±8,50 ^{Bb}	1,33±0,58 ^{Cc}	1,33±0,58 ^{Cc}	1,00±0,00 ^{Cb}	0,67±0,58 ^{Db}	0,00±0,00 ^{Db}
İ3	125,33±8,02 ^{Aa}	92,00±5,29 ^{Bb}	19,67±0,58 ^{Cb}	1,00±0,00 ^{Dc}	1,00±0,00 ^{Dc}	1,33±0,58 ^{Db}	1,00±0,00 ^{Db}	0,00±0,00 ^{Eb}

*ABCDE Büyük harfler her bir grubun günler içerisindeki farkını göstermektedir ve aynı satırda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

**abc Küçük harfler her bir grubun diğer gruplar arasındaki farkını göstermektedir ve aynı sütunda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

4.4. *D.communis* Biyokütlesi

Herbisit ve insektisit uygulamalarının *D.communis* üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada, *D.communis* biyokütlesinin kontrol grupları arasındaki ilişki istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05). Herbisit uygulaması yapılan kültürlerde; H1 uygulamasında en düşük değer 5., 6. ve 7. günlerde 0,00±0,00 µg/l, en yüksek değer ise 1. günde 0,40±0,09 µg/l ölçülmüştür. H2 uygulamasında en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla 5. gün 0,00±0,00 µg/l ve 1. gün 0,47±0,18 µg/l saptanmıştır. H3 uygulamasında ise en düşük değer 5. günde 0,00±0,00 µg/l, en yüksek değer ise 0,49±0,15 µg/l ile 1. günde tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Herbisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı *D.communis* biyokütlesinin ($\mu\text{g/l}$) değişimi ($n=3$, Ort $\pm$ SD)

Gruplar	0.gün	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
K	0,33 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,40 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,38 $\pm$ 0,02 ^{aA}	0,38 $\pm$ 0,02 ^{aA}	0,38 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,22 $\pm$ 0,02 ^{aB}	0,22 $\pm$ 0,02 ^{aB}	0,02 $\pm$ 0,01 ^{aC}
H1	0,37 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,40 $\pm$ 0,09 ^{aA}	0,34 $\pm$ 0,25 ^{aA}	0,01 $\pm$ 0,01 ^{bB}	0,01 $\pm$ 0,01 ^{bB}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bC}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bC}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bC}
H2	0,35 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,47 $\pm$ 0,18 ^{aA}	0,11 $\pm$ 0,01 ^{bB}	0,03 $\pm$ 0,01 ^{bC}	0,01 $\pm$ 0,00 ^{bC}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}
H3	0,34 $\pm$ 0,00 ^{aA}	0,49 $\pm$ 0,15 ^{aA}	0,14 $\pm$ 0,03 ^{bB}	0,01 $\pm$ 0,00 ^{bC}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{cD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}

***ABCD** Büyük harfler her bir grubun günler içerisindeki farkını göstermektedir ve aynı satırda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

****abc** Küçük harfler her bir grubun diğer gruplar arasındaki farkını göstermektedir ve aynı sütunda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

İnsektisit uygulamasında en düşük değer bütün gruplarda 6. Günde 0,00 $\pm$ 0,00 $\mu\text{g/L}$ olarak tespit edilmiştir. *D.communis* biyokütlesinin en yüksek değeri ise bütün gruplarda başlangıç gününde hesaplanmıştır. Gruplara (İ1, İ2 ve İ3) göre biyokütle değeri sırasıyla 0,33 $\pm$ 0,01 $\mu\text{g/l}$, 0,37 $\pm$ 0,00 $\mu\text{g/l}$ ve 0,38 $\pm$ 0,01 $\mu\text{g/l}$ olarak saptanmıştır (Çizelge 4.8). Uygulama grupları arasındaki biyokütle artışı herbisit uygulanan gruplarda gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.6. İnsektisit uygulaması yapılan gruplarda güne ve gruplara bağlı *D.communis* biyokütlesinin ($\mu\text{g/l}$) değişimi ($n=3$, Ort $\pm$ SD)

Gruplar	0.gün	1.gün	2.gün	3.gün	4.gün	5.gün	6.gün	7.gün
K	0,33 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,40 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,38 $\pm$ 0,02 ^{aA}	0,38 $\pm$ 0,02 ^{aA}	0,38 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,22 $\pm$ 0,02 ^{aB}	0,22 $\pm$ 0,02 ^{aB}	0,02 $\pm$ 0,01 ^{aC}
İ1	0,33 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,31 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,10 $\pm$ 0,16 ^{bB}	0,02 $\pm$ 0,02 ^{bC}	0,02 $\pm$ 0,00 ^{bC}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{cD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}
İ2	0,37 $\pm$ 0,00 ^{aA}	0,37 $\pm$ 0,05 ^{aA}	0,16 $\pm$ 0,04 ^{bB}	0,02 $\pm$ 0,01 ^{bC}	0,03 $\pm$ 0,00 ^{bC}	0,01 $\pm$ 0,01 ^{bC}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}
İ3	0,38 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,33 $\pm$ 0,01 ^{aA}	0,21 $\pm$ 0,11 ^{bB}	0,01 $\pm$ 0,01 ^{bC}	0,03 $\pm$ 0,03 ^{bC}	0,02 $\pm$ 0,00 ^{bC}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}	0,00 $\pm$ 0,00 ^{bD}

***ABCD** Büyük harfler her bir grubun günler içerisindeki farkını göstermektedir ve aynı satırda farklı büyük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

****abc** Küçük harfler her bir grubun diğer gruplar arasındaki farkını göstermektedir ve aynı sütunda farklı küçük harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

D.communis mikroalg türüne herbisit ve insektisitlerin etkisinin araştırıldığı bu çalışmada Tortum Gölü'nden örneklenen fitoplankton türleri Bold Bazal 11 besin ortamında 10 gün inkübasyona tabi tutulduktan sonra en fazla gelişme gösteren tür olan *D.communis* izole edilmiştir. Bu türe laboratuvar koşullarında etken maddesi Chlorpyrifos-Etil ve Pendimethalin olan iki pestisit çeşiti uygulaması yapılmış ve *D.communis* hücre sayısı, biyoması ve kuru madde miktarı ile bazı su kalite parametrelerindeki değişim araştırılmıştır.

Herbisit ve insektisitler tarımsal ürün artışı için kullanılan önemli bir yöntemdir. Ancak bu ilaçların etki ettikleri zararlı dışında ayrışmadan sucul ekosistemlere karışması sonucunda bu alanlarda yaşayan birçok canlıya da zarar vermektedir. Bu kimyasallarlar suda yaşayan canlılarda birikime de neden olurlar. Bu nedenle kimyasalın konsantrasyonu ve ortamın su kalite değerlerine bağlı olarak bu canlılarda hücre deformasyonuna ve/veya ölüme neden olabaktadırlar.

Suyun pH değerinin 2 ve 9 aralığında diklorodifenildikloroetan (DDD) ve diklorodifenildikloroetilen (DDE) için aynı oranda etki mekanizmasına sahip olmadığı tespit etmişlerdir. Her iki pestisit için pH 7 olduğu durumda hücrelerde tutulmasının en yüksek olduğu, 4. günden sonra ise hücre ölümlerinin başladığı bildirilmiştir (Luo et al. 2014). Bu çalışmamızda her iki pestisit için uygulama ortamının pH'sı 7,18 ila 7,90 arasında kalmıştır. En yüksek pH değerine ise *D.communis* hücrelerinin öldüğü 6. günde ölçülmüştür. pH değerinin en düşük olduğu 1. günde ise *D.communis* hücrelerinin sayısının hızlı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir.

Bu araştırmada, herbisit ve pestisit uygulaması yapılan gruplarda kuru madde miktarı 2. gün yaklaşık iki kat artmışken 4. günde ani bir düşüş göstermiştir. Kuru madde miktarındaki azalış *D.communis* biyomastaki azalışla benzerdir; zira deneme süresinde en fazla gelişimin olduğu dönem 1. gündür. Benzer bir durum Organik maddelerle

kirlenmiş atıksuda *C.vulgaris* gelişiminin araştırıldığı denemede gözlemlenmiştir ki bu araştırmada ise klorofil-a değerleri azalırken *C.vulgaris* sayıları da azalma olduğu bildirilmiştir (Shelknanloymilan et al. 2012).

D.communis herbisit uygulaması yapılan kültürlerde (H1, H2 ve H3) fitoplankton sayısı en yüksek değerler sırasıyla $130,67 \pm 7,02$ adet/ml, $133,67 \pm 28,10$ adet/ml ve $153,67 \pm 19,40$ adet/ml olarak hesaplanmıştır. İnsektisit uygulamasında (İ1, İ2 ve İ3) ise en yüksek fitoplankton sayısı ise sırasıyla $95,67 \pm 6,66$ adet/ml, $134,67 \pm 14,57$ adet/ml ve $125,33 \pm 8,02$ adet/ml olarak tespit edilmiştir. Denemedeki en az hücre sayıları 6. günde saptanmıştır. Farklı bir tür üzerinde yapılan çalışmada ise *C. vulgaris* başlangıç hücre sayısı $63,5 \pm 3,9$ µg /l olarak belirlemiş 4. günün sonunda hücre sayısının $29,7 \pm 1,0$ µg /l olduğunu ve bu durumun nedeni olarak güneş ışığı ve havalandırma gibi abiyotik faktörler olduğunu bildirmişlerdir (Hultberg 2016).

Monoraphidium contortum (Thur.) Komark-Legn, üzerine Türkiye'de yaygın olarak kullanılan üç herbisit; Paraquat (1,1-dimEtil-4,4-bipyridyldiylium dichlorid), 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic acid) ve Daminozid (N-dimEtil Amino succinic acid)'in farklı dozları uygulanarak populasyon yoğunluğundaki değişim incelendiği bir araştırmada, *Monoraphidium contortum* populasyonunun üzerine uygulanan dozların konsantrasyonu arttıkça sayılan organizma miktarında 96. saate kadar kademeli düşüşler gözlenmiştir. 96. saate, 1,0 ppm'lik doz'un, 0,5 ppm 'lik doza göre organizma sayısını daha az etkilediği gözlenmiştir (Dere ve Sıvacı 2003). *D.communis*'e Chlorpyrifos-Etil ve Pendimethalin etkisini araştırdığımız bu çalışmamızda, Pendimethalin uygulamasında 3. güne kadar bütün gruplarda hücre sayılarında azalma tespit edilirken, 3. günde H3 grubu (280 mg/l)'daki hücre sayısının ($20,00 \pm 3,61$ adet/ml) H1 grubu (19 mg/l)'daki hücre sayısından ($7,67 \pm 0,58$ adet/ml) daha fazla olduğu saptanmıştır. Aynı günde Chlorpyrifos-Etil uygulaması yapılan gruplarda ise İ1 grubu (10 mg/l)'daki hücre sayısı ($3,33 \pm 3,21$ adet/ml) İ3 grubu (115 mg/l)'daki hücre sayısından yüksek bulunmuştur.

Laboratuvar ortamında yürütülen bu araştırmada, *D.communis* biyokütlesinin herbisit uygulanan gruplara oranla insektisit uygulanan gruplara göre daha az olduğu tespit

edilmiştir. Herbisit gruplarında 4. günden, insektisit gruplarında ise 5. Günden itibaren en düşük değerde tespit edilmiştir. Ortalama biyokütle değerleri insektisit uygulaması için (İ1, İ2 ve İ3) sırasıyla $0,1 \pm 0,01 \mu\text{g/l}$, $0,12 \pm 0,01 \mu\text{g/l}$ ve $0,12 \pm 0,01 \mu\text{g/l}$ ve herbisit uygulaması (H1, H2 ve H3) için sırasıyla $0,15 \pm 0,01 \mu\text{g/l}$, $0,12 \pm 0,01 \mu\text{g/l}$ ve $0,12 \pm 0,01 \mu\text{g/l}$ olarak tespit edilmiştir. *Pseudokirchneriella subcapitata*, *Scenedesmus acutus*, *Scenedesmus quadricauda* ve *Coelastrum reticulatum* türlerine BPA-mono-O-bD-galaktopiranosid uygulamasında 5 mg/l'ye kadar algal büyümesi üzerinde hiçbir etkisi olmadığı, ancak 10 mg/l'de *P. subcapitata*'nın büyümesini inhibe ettiği bildirilmiştir (Nakajima et al. 2007).

Yeşil alglerden olan *Chlorella vulgaris*'de TRIA (triakontanolün kloroform)'nın klorofil ve biyokütle artışını teşvik ettiği ve benzeri temel fizyolojik mekanizmalara dayanan etkileri görülmüştür (Aminfarzaneh 2010). Pestisit uygulaması yapılan *Chlorella vulgaris* ve *Desmodesmus communis*'in büyüme safhasının kısa sürdüğü ancak durgunluk ve çökme safhalarının ise daha uzun bir süre aldığı bunun yanı sıra kültürlerin daha yavaş çöktüğünü tespit etmişlerdir (Öterler and Albay 2010). Bu çalışmada, bir gün içerisinde bütün gruplarda biyokütle artışı saptanmıştır. Ancak durgun faz ve çökme safhaları ise beklentinin aksine iki gün içerisinde gerçekleşmiştir. Uygulanan etken maddelerin biyokütle artışını hızlandırdığı ancak durgunluk noktasına kısa zamanda ulaşip hücrelere zarar verdiği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında *D. communis*'in her iki pestisit türevleri için hücre sayılarının 3. güne kadar arttığı ancak 4. günden itibaren hızlı bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. *D. communis* biyokütlesini ise Pendimethalin uygulanan grupların daha hızlı etkilendiği, Chlorpyrifos-Etil etken maddesi uygulanan gruplarda ise 6. günde azalmaların olduğu gözlemlenmiştir. *D.communis* gelişiminde azotlu (Pendimethalin) bileşiklere sahip pestisit gruplarının fosforlu (Chlorpyrifos-Etil) bileşiklere sahip pestisit grubundan daha etkin rol aldığını söyleyebiliriz. Bu nedenle tarımsal alandan sucul alanlara gelen organik ve inorganik yüklerin önemli bir bölümünü oluşturan pestisitlerin dozlarının ve uygulama yöntemlerinin doğru ayarlanması sucul ekosisteminde yer alan

tek hücreli canlılardan gelişmiş canlılara kadar besin pramidinin bütün üyelerinin yaşam döngülerini korunmasını sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Adelsbach, T. L., and Tjeerdema, R. S. 2003. Chemistry and fate of fenvalerate and esfenvalerate. In Reviews of environmental contamination and toxicology (pp. 137-154). Springer, New York, NY.
- Aminfarzaneh, H., 2010. Siyanobakterilerde Bitki Büyüme Düzenleyicilerin Biyokütle Üretimi Ve Pestisit Giderimi Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. 78s.
- Andersen, R. A., 2005. Algal Culturing Techniques. Elsevier Academic Press, 578 p, California, USA.
- Anonim 1995. Tehlikeli Atıkları Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete
- Anonim 2018a. <http://protist.i.hosei.ac.jp.PDB/Images/Chlorophyta> (erişim tarihi: 05.07.2018)
- Anonim, 2014. www.resmigazete.com. Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik (erişim tarihi: 27.07.2018)
- Anonim, 2018b. Algae Base is a global algal database of taxonomic, nomenclatural and distributional information. www.algeabase.com (erişim tarihi: 28.07.2018)
- Anonim, 2018c. www.pilerium.com. Chlorfet 48 EC özellikleri (Erişim tarihi: 29.07.2018)
- Anonim, 2018d. www.agrobaseapp.com. Herbimat 330 EC özellikleri (Erişim Tarihi: 29.07.2018)
- Aslan S. 2009. Bitkisel Kaynaklı Aktif Karbon İle Pestisit Giderimi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 80s.
- Aslan S. ve Türkman A., 2004. Simultaneous Biological Removal of Endosulfan (apb) and Nitrates from Drinking Waters Using Wheat Straw as Substrate, Environ. Int., 30, 449–455.
- Aslan, S. and Cakici, H. 2007. Biological denitrification of drinking water in a slow sand filter. Journal of hazardous materials, 148(1-2), 253-258.
- Atamanalp, M., and Cengiz, M. 2002. Bir sentetik piretroit insektisit (cypermethrin)'in subletal dozlarının *Capoeta capoeta capoeta* (Göldenstaedt, 1772)'da hemoglobin, hematokrit ve sediment seviyeleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Ege Üniv. Su Ürünleri Derg, 19(1-2), 169-175.
- Bashan, L. E. and Bashan, Y. 2010. Immobilized microalgae for removing pollutants: review of practical aspects. Bioresource technology, 101(6), 1611-1627.
- Bischoff, H. W. and Bold, H. C. 1963. Some algae from Enchanted Rock and related algal species. Phycological studies, University of Texas, IV, Austin, 68.
- Bold, H. C. 1949. The morphology of *Chlamydomonas chlamydogama*, sp. nov. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 101-108.
- Cáceres, T., Megharaj, M. and Naidu, R. 2008. Biodegradation of The Pesticide Fenamiphos By Ten Different Species Of Green Algae and Cyanobacteria. Current Microbiology, 57, 643-6.
- Cakir, M. 2008. Constructivist approaches to learning in science and their implications for science pedagogy: A literature review. International journal of environmental and science education, 3(4), 193-206.

- Chiron, S., Fernandez-Alba, A., Rodriguez, A. and Garcia-Calvo, E. 2000. Pesticide chemical oxidation: state-of-the-art. *Water Research*, 34(2), 366-377.
- Çağlayan, B. S., Avcı, A. K., Önsan, Z. İ. and Aksoylu, A. E. 2005. Production of hydrogen over bimetallic Pt–Ni/ δ -Al₂O₃: I. Indirect partial oxidation of propane. *Applied Catalysis A: General*, 280(2), 181-188.
- Çalışkan, M. 2010. Sentetik Piretroid Bir İnsektisit Olan Tetrametrinin Albino Fare (*Mus Musculus*)’Lerin Serum Proteinleri Üzerine Etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 67 (2): 65-71.
- Çeşmeli Ç. 2011. Sentetik Kaynaklı Aktif Karbon İle Pestisit Giderimi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 58s.
- Dağ, S. S., Aykaç, V. T., Gündüz, A., Kantarcı, M. and Şişman, N. 2000. Türkiye’de tarım ilaçları endüstrisi ve geleceği. *Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi*, Ankara, 2, 933-958.
- De-Bashan, L. E and Bashan, Y. 2010. Immobilized microalgae for removing pollutants: review of practical aspects. *Bioresource technology*, 101(6), 1611-1627.
- Dere, Ş. ve Sivacı, E. R. 2003. Bazı Pestisitlerin Farklı Dozlarının (Monoraphidium Contortum (Thur) Komârk-Legn.) Türünün Populasyon Yoğunluğuna Etkisi. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 4(1): 93-100.
- Dosnon-Olette, R., Trotel-Aziz, P., Couderchet, M. and Eullaffroy, P. 2010. Fungicides and herbicide removal in *Scenedesmus* cell suspensions. *Chemosphere*, 79(2), 117-123.
- EPA, 1987. Ambient Water Quality Criteria. United States Environmental Protection Agency. Office of Water Regulations and Standards Criteria and Standart Division, Washington, DC 20480.
- Fakıoğlu, Ö. and Atamanalp, M. 2017. Effects Of Glyphosate On Starch Accumulation, Chlorophyll And Enzyme Activity Of Duckweed (*Lemna minor* L.). Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 13(1), 32-41.
- Friesen- Pankratz, B. B., Doebel, C. C., Farenhorst, A. A. and Gordon Goldsborough, L. 2003. Interactions between algae (*Selenastrum capricornutum*) and pesticides: implications for managing constructed wetlands for pesticide removal. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 38(2), 147-155.
- González, L. E., Cañizares, R. O. and Baena, S. 1997. Efficiency of ammonia and phosphorus removal from a Colombian agroindustrial wastewater by the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus dimorphus*. *Bioresource Technology*, 60(3), 259-262.
- Gupta, V.K., Rastogi, A., Saini, V.K., Jain, N. 2006. Biosorption of Copper (II) from Aqueous Solutions by Spirogyra species. *J. Coll. Interface. Sci.* 296(1),59-63.
- Güneş, Y. ve Talınlı, İ. 2010. Pestisit endüstrisi zararlı atıklarının arıtılmasında inhibisyon. *İTÜDERGİSİ/e-su kirlenmesi kontrolü*, 17(2): 79-86.
- Horowitz, G. 1998. Organic field- effect transistors. *Advanced materials*, 10(5), 365-377.
- Hultberg, M., Bodin, H., Ardal, E. and Asp, H. 2016. Effect of microalgal treatments on pesticides in water. *Environmental Technology*, 37(7), 893-898.
- Ikehata, K. and El-Din, M. G. 2006. Aqueous pesticide degradation by hydrogen peroxide/ultraviolet irradiation and Fenton-type advanced oxidation processes: a review. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 5(2), 81-135.

- Isman, M. B. 1997. Neem and other botanical insecticides: barriers to commercialization. *Phytoparasitica*, 25(4), 339.
- John D. M., Whitton B.A. ve Brook Alan J. A. 2005. The Freshwater Algal Flora of the British Isles, An identification guide to freshwater and terrestrial algae. 3. Baskı. Cambridge University press 702s.
- Kang, C.D., Lee, J.S., Park, T.H., Sim, S.J., 2005. Comparison of Heterotrophic and Photoautotrophic Induction on Astaxanthin Production by *Haematococcus pluvialis* 68:237-241.
- Kaya, Ü. 2002. Toksikoloji, Pestisit Kalıntıları ve Çevre. Seminer notları, İzmir.
- Kesici, T., Kocabaş, Z., 2007. Biyoistatistik, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Biyoistatistik Yayın No:94, 369 s, Ankara
- Kızılet, H. ve Uysal, H. 2018. Neonikotinoidler ile İnsan Lenfositlerinde Genotoksisitenin Uyarılması. Cumhuriyet Science Journal CSJ. 39(1): 201-210.
- Kocataş, A. 2010. Ekoloji ve Çevre Biyolojisi. 11. Baskı. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. s.597.
- Koren, H. and Bisesi, M. 1996. Handbook of Environmental Health and Safety,(1-12).
- Laskowski, D. A. 2002. Physical and chemical properties of pyrethroids. In Reviews of environmental contamination and toxicology (pp. 49-170). Springer, New York, NY.
- Lei A.P., Wong Y.S. and Tam N.F.Y. 2002. Removal of pyrene by different microalgal species. *Water Sci Technol*, 46 (11-12) 195-201.
- Leitz, G., Kang, B. H., Schoenwaelder, M. E., and Staehelin, L. A. (2009). Statolith sedimentation kinetics and force transduction to the cortical endoplasmic reticulum in gravity-sensing *Arabidopsis columella* cells. *The Plant Cell*, 21(3), 843-860.
- Luo, L., Wang, P., Lin, L., Luan, T., Ke, L. and Tam, N. F. Y. 2014. Removal and transformation of high molecular weight polycyclic aromatic hydrocarbons in water by live and dead microalgae. *Process Biochemistry*, 49(10), 1723-1732.
- Matamoros, V., Uggetti, E., García, J. and Bayona, J. M. 2016. Assessment of the mechanisms involved in the removal of emerging contaminants by microalgae from wastewater: a laboratory scale study. *Journal of hazardous materials*, 301, 197-205.
- MEGEP 2012. Çevre Sağlığı; Pestisitler. Ankara.
- Mercan, U. 2004. Toksikolojide serbest radikallerin önemi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 15(1), 91-96.
- Nakajima N. , Teramoto T. , Kasai F. , Sano T. , Tamaoki M. , Aono M. , Akihiro K., Hiroshi K., Yoshitaka A., Hikaru S. 2007. Glycosylation of bisphenol A by freshwater microalgae. *Chemosphere*, 69, 934-941.
- Onur, 2007. Demir (Fe³⁺) İyonu İle Modifiye Edilmiş Zeolit Katalizi Eşliğinde Pestisit Giderimi. T.C. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 100s.
- Oswald, W. J. 1988. Large-Scale Culture Systems, Micro-algal. *Biotechnology*, 357-394.
- Öncüler C. 1995. Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntemleri ve İlaçları. İzmir.

- Öterler, B. and Albay, M. 2010. The effect of 5 organophosphate pesticides on the growth of *Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck] 1890. *Int J Res Stu Biosci*, 4, 26-33.
- Öztürk, S. 1990. Tarım İlaçları. *Hasad Yayıncılık. İstanbul*.
- Pham, H. and Wang, H. 1996. Imperfect maintenance. *European journal of operational research*, 94(3), 425-438.
- Pulatsü, S. and Topçu, A. 2012. Balık üretiminde su kalitesi. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Pulatsü, S., Topçu, A. ve Atay, D., 2014. Su Kirlenmesi ve Kontrolü, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını No:432, 384 s, Ankara.
- Reigart, J. R. and Roberts, J. R. 1999. Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas. US Environmental Protection Agency. Quinta Edición, U.S Environmental Protection Agency 401 M Street SW (7506C) Washington, DC 20460, 252 pp.
- Resmi Gazete 2016. 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri Bitki Sağlığı ve Yem Kanun. (Erişim tarihi: 29.07.2018)
- Roberts, J. W., Budd, W. T., Ruby, M. G., Camann, D. E., Fortmann, R. C., Lewis, R. G. And Spittler, T. M. 1992. Human exposure to pollutants in the floor dust of homes and offices. *J Expo Anal Environ Epidemiol*, 2(Suppl 1), 127-146.
- Rojíčková, R., Dvořáková, D. and Maršálek, B. 1998. The use of miniaturized algal bioassays in comparison to the standard flask assay. *Environmental Toxicology and Water Quality: An International Journal*, 13(3), 235-241.
- Rortais, A., Arnold, G., Halm, M. P. and Touffet-Briens, F. (2005). Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie*, 36(1), 71-83.
- Routt, R. J. and Roberts, J. R. 1999. Recognition and management of pesticide poisonings. Environmental Protection Agency.[en línea] www.epa.gov/oppfead1/safety/healthcare/handbook/handbook.htm.
- Shelknanloymilan, L., Atici, T., and Obal, O. 2012. Removal of nitrogen and phosphate by using *Chlorella vulgaris* on synthetic and organic materials waste water. *Biological Diversity and Conservation*, 5(2), 89-94
- Solmaz, S. K., Hilal, A. Z. A. K., Üstün, G. E. ve Morsünbül, T. 2010. Pestisit gideriminde fenton proseslerinin kullanımına yönelik bir envanter çalışması. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 15(1):179-194.
- Şen, B., Alp, M. T., Koçer, M. A. T. ve Yıldırım, V. 2003. Alglerin Atıksu Arıtımında Kullanılması. Fırat Üniversitesi XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyum Bildiriler Kitabı, Elazığ, 2-5 Eylül 2003.
- Tam N. F. Y., Chong A. M. Y. and Wong Y. S. 2002. Removal of Tributyltin (TBT) by Live and Dead Microalgal Cells, *Mar. Pollut. Bull.*, 45, 362–371.
- Tiryaki, O., Canhilal, R. ve Horuz, S. 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(2), 154-169.
- Toros, S., et. al., Tarımsal Savaş Yöntemi ve İlaçları, Ankara, 1999.
- Turabi, M. S. (2007). Bitki koruma ürünlerinin ruhsatlandırılması. Tarım İlaçları Kongre ve Sergisi Bildirileri, 25-26.

- TÜİK 2017. Pestisit Kullanım Miktarları. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 20.07.2018).
- Villarroel, M. J., Ferrando, M. D., Sancho, E. and Andreu, E. 2000. Effects of tetradifon on *Daphnia magna* during chronic exposure and alterations in the toxicity to generations pre-exposed to the pesticide. *Aquatic toxicology*, 49(1-2), 39-47.
- Voltolina, D., Gómez-Villa, H. and Correa, G. 2005. Nitrogen removal and recycling by *Scenedesmus obliquus* in semicontinuous cultures using artificial wastewater and a simulated light and temperature cycle. *Bioresource technology*, 96(3), 359-362.
- Vonshak, A., 1997. Outdoor Mass Production of *Spirulina*: The Basic Concept. *Spirulina platensis* (Arthrospira) Physiology, Cell- Biology and Biotechnology. Great Britain, 79-99 p.
- Wasi, S., Tabrez, S. and Ahmad, M. 2011. Suitability of immobilized *Pseudomonas fluorescens* SM1 strain for remediation of phenols, heavy metals, and pesticides from water. *Water, Air, & Soil Pollution*, 220(1-4), 89-99.
- Wassermann, M., Ron, M., Bercovici, B., Wassermann, D., Cucos, S. and Pines, A. 1982. Premature delivery and organochlorine compounds: polychlorinated biphenyls and some organochlorine insecticides. *Environmental research*, 28(1), 106-112.
- Yılmaz, N. 2007. Doğal Kil Minerali Bentonit İle Boyar Maddelerin Adsorpsiyonu. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sivas.
- Yılmaz, Ö. 2018. Zeta-Cypermethrin İsektisitinin *Chlamydomonas reinhardtii* (Mikro Yeşil Alg) ve *Lemna Minor* (Su Mercimeği) Üzerine Fitotoksik Etkilerinin Araştırılması. Ordu Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Zolgharnein, J., Shahmoradi, A. and Ghasemi, J. 2011. Pesticides removal using conventional and low- cost adsorbents: a review. *Clean-Soil, Air, Water*, 39(12), 1105-1119.

ÖZGEÇMİŞ

3 Eylül 1984 yılında İstanbul’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul’da tamamladı. 2002-2004 yılları arasında Marmara Üniversitesi Temel Bilimler Meslek Yüksek Okulunda Su Ürünleri Bölümü’nde tamamladıktan sonra Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi’nden 2007 yılında mezun oldu. 2014-2015 güz döneminde Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.

