

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**FARKLI KONSANTRASYONLARDA FLUOPYRAM ETKEN MADDELİ
NEMATOSİTİN FUNGAL REMEDİASYONU VE DAPHNİA MAGNA
ÜZERİNDEKİ MORTALİTE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İbrahim Hakan DEMİRELLİ

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN

TUNCELİ – 2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**FARKLI KONSANTRASYONLARDA FLUOPYRAM ETKEN MADDELİ
NEMATOSİTİN FUNGAL REMEDİASYONU VE DAPHNİA MAGNA
ÜZERİNDEKİ MORTALİTE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İbrahim Hakan DEMİRELLİ
(210020003)

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN

TUNCELİ – 2023

**T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI KONSANTRASYONLARDA FLUOPYRAM ETKEN MADDELİ
NEMATOSİTİN FUNGAL REMEDİASYONU VE DAPHNİA MAGNA
ÜZERİNDEKİ MORTALİTE ETKİSİ**

İbrahim Hakan DEMİRELLİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 19 / 6 / 2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

Doç. Dr. Gökhan Önder
ERGÜVEN
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza:.....

Doç. Dr. Mehtap TANYOL
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

İmza:.....

Doç. Dr. Levent Kuzu
(Yıldız Teknik Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

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
İbrahim Hakan DEMİRELLİ

Danışman
Doç. Dr. Gökhan Önder ERGÜVEN

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmanın planlanması, hayata geçirilmesi, deneylerinin yapılması, tezimin yazımı ve diğer bütün aşamalarında her daim yanımda olan maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen bilgi, deneyim ve tecrübesinden faydalandığım saygıdeğer danışmanım sayın Danışman hocam Doç. Dr. Gökhan Önder Ergüven'e, sayın eş danışman hocam Prof. Dr. Numan Yıldırım' a ve Laboratuvar Çalışmalarımda bana yardımcı olan Sayın Arş. Gör. Barbaros Durmuş'a teşekkürlerimi sunarım.

İbrahim Hakan DEMİRELLİ
Tunceli - 2023



ÖZET

Böcek öldürücüler, herbisitler ve mantar öldürücüler gibi kimyasalların kullanımı, mahsulleri ve diğer ürünleri zararlılardan, yabancı otlardan ve mantarlardan korumak için tarımda ve diğer endüstrilerde yaygındır. Bu maddeler zararlıları ve yabancı otları kontrol etmede gerekli olsa da, genellikle suda yaşayan türler de dahil olmak üzere hedef olmayan organizmalara zarar verme gibi istenmeyen sonuçları olmuştur. Bu çalışmada *Pencilium jensenii* ve *Penicillium frequentans* kullanılarak sentetik olarak hazırlanmış farklı konsantrasyonlardaki Fluopyram etken maddeli nematosit üzerinde bir Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Toplam Organik Karbon (TOK) parametreleriyle bir biyoremediasyon çalışması yapılmıştır. Elde edilen en yüksek giderim veriminin olduğu ortamlarda da arıtım öncesi ve sonrası olmak üzere *Daphnia magna* üzerinde bir mortalite testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sisem bazında en yüksek giderim KOİ ve TOK için *P. frequentans* türünde sırasıyla 6. Günde 750 ppm Fluopyram' da ve 7. Günde 1000 ppm Fluopyram' da %90 olmuştur. Mortalite sonuçlarına bakıldığında ise 96. Saatin sonunda %90 ile 750 ppm' lik ortamda görülmüştür. Çalışma sonucunda Fluopiram' ın özellikle, mantar öldürücülerin suda yaşayan kabuklu *Daphnia magna* da dahil olmak üzere suda yaşayan türler üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoremediasyon, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, *P. frequentans*, *P. jenseii*, , Toplam Organik Karbon

ABSTRACT

Effect of Fluopyram Active Substance Nematocyte on Fungal Remediation and Mortality on *Daphnia Magna* at Different Concentrations

The use of chemicals such as insecticides, herbicides and fungicides is common in agriculture and other industries to protect crops and other crops from pests, weeds and fungi. While these agents are necessary to control pests and weeds, they have often had undesirable consequences, such as harming non-target organisms, including aquatic species. In this study, a bioremediation study was carried out with a Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Organic Carbon (TOC) parameters on nematocyte with different concentrations of Fluopyram active ingredient, which was prepared synthetically using *Pencilium jensenii* and *Penicillium frequentans*. A mortality test was performed on *Daphnia magna* before and after treatment in environments with the highest removal efficiency. According to the results obtained, the highest system-based removal for COD and TOC was 90% in *P. frequentans* species, 750 ppm Fluopyram on the 6th day and 1000 ppm Fluopyram on the 7th day, respectively. Considering the mortality results, it was seen at the end of the 96th hour in an environment of 90% to 750 ppm. As a result of the study, it was shown that Fluopiram, in particular, fungicides have a significant effect on aquatic species, including the aquatic crustacean *Daphnia magna*.

Keywords: Geopolymer concretes, ceramic fiber, blast load, modelling

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
TABLolar LİSTESİ	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
RESİMLER LİSTESİ	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Pestisit.....	1
1.1.1. Pestisitlerin sınıflandırılması	1
1.1.2. Pestisit kullanımı tarihi	3
1.1.3. Pestisit kullanımının zararları	3
1.1.4. Yabani otlar ve herbisit kullanımı	4
1.1.5. Küresel ölçekte herbisit kullanımı	6
1.1.6. Herbisitlerin hedef olmayan türler ve çevre üzerine etkisi.....	7
1.1.7. Flyopram	7
1.2. Biyoremediasyon	8
1.2.1. Biyoremediasyonun avantajları	10
1.2.2. Biyoremediasyonun Dezavantajları.....	10
1.2.3. Biyoremediasyon Teknikleri	11
1.2.3.1. Ex-Situ (doğal yeri dışında) temizleme yöntemi	13
1.2.3.2. In-Situ (yerinde) temizleme yöntemi.....	13
1.2.3.2.1. Arazi (toprak) tarımı	14
1.3. Daphnia (Su Piresi).....	15
2. MATERYAL VE METOT	18
2.1. Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar	18
2.2. Mikroorganizma Temini.....	18
2.2.1. Mikroorganizma Besiyeri Hazırlama	21
2.3. Herbisit Çözeltilerinin Hazırlanması	22
2.4. Fluopyram' ın Biyoremediasyon İşlemi İle Giderimi	23
2.5. <i>Daphnia magna</i> üzerindeki mortalite	25
2.7. Mortalite çalışmaları.....	26
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
3.1. Biyoslah Çalışmaları Sonuçları	28
3.1.1. Sisteme ait giderim verimleri	28
3.1.2. Gerçek giderim verimleri.....	33
3.2. Mortalite Sonuçları	34
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	38
5. KAYNAKÇA.....	39

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	SDA İçeriği	21
Tablo 1.2.	SDB İçeriği.....	21
Tablo 3.1.	Fluopyram' nin çalışılan konsantrasyonlardaki KOİ ve TOK değerleri	33



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Pestisit sınıflandırılması	2
Şekil 1.2.	Çevre temizliği için biyoremediasyon yaklaşımları	12
Şekil 1.3.	Biyoremediasyon teknikleri	12
Şekil 1.3.	<i>Daphnia sp.</i> 'nin lateral görüntüsü	15
Şekil 3.3.	<i>P. jensenii</i> nın gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı	28
Şekil 3.4.	<i>P. jensenii</i> nın gösterdiği KOİ azalış verimi	29
Şekil 3.5.	<i>P. frequentans</i> ın gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı.....	29
Şekil 3.6.	<i>P. frequentans</i> ın gösterdiği KOİ azalış verimi.....	30
Şekil 3.9.	<i>P. jensenii</i> ' nın gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı.....	30
Şekil 3.10.	<i>P. frequentans</i> nın gösterdiği TOK azalış verimi.....	31
Şekil 3.11.	<i>P. frequentans</i> ın gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı.....	31
Şekil 3.12.	<i>P. frequentans</i> ın gösterdiği TOK azalış verimi.....	32
Şekil 3.13.	Mortalite sonuçlarının artırılmış ve artırılmamış ortamlardaki oranları	34

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1.	Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar	18
Resim 2.2.	Mikroorganizma Ekimi	19
Resim 2.3.	Etüv	19
Resim 2.3.	Çarkalayıcı inkübatör	20
Resim 2.3.	Fluopiram nematositi	22
Resim 2.4.	Çözeltiler	22
Resim 2.6.	SDB ortamında Mikroorganizma	23
Resim 2.7.	SDA ortamında Mikroorganizma	23
Resim 2.8.	KOİ düzenegi	24
Resim 2.9.	TOC-V cihazı	25
Resim 2.10.	Mortalite sonuçlarının arıtılmış ve arıtılmamış ortamlardaki deney grupları	27

1. GİRİŞ

1.1. Pestisit

Pestisitler, tarım ve halk sağığı uygulamalarında genellikle zararlı canlıları kontrol etmek amacıyla kullanılan kimyasal maddelerdir. Bu zararlılar arasında böcekler, bitki hastalıkları, yabancı ot ve diğler böcekler yer alır. Bu kimyasal maddelerin genel amacı, verim kaybını önlemek, bitki sağığını korumak ve tarımsal üretimi artırmaktır (Duke, 2012). Ancak, pestisitlerin kullanımı, aynı zamanda çevresel ve sağılıkla ilgili bazı sorunlara da yol açabilir.

Pestisitler, biyolojik hedeflerine karşı toksik olan ve genellikle sentetik olan kimyasallardır. Çeşitli pestisit sınıfları vardır ve bunlar, genellikle hedef zararlı türlerine ve kullanım şekline göre sınıflandırılır. Bu sınıflar arasında insektisitler (böcekler üzerinde etkili), herbisitler (yabancı otlar üzerinde etkili), fungusitler (mantarlar üzerinde etkili), rodentisitler (kemirgenler üzerinde etkili), ve böcek öldürücüler (insektisitlerin bir alt kategorisi, genellikle ev ve bahçede kullanılır) bulunmaktadır (Casida, Durkin, 2013).

Pestisitlerin aşırı veya yanlış kullanımı, doğal ekosistemlerde önemli etkilere sahip olabilir. Bu, bitki ve hayvan türlerinin kaybına, yer altı suyu kirliliğine, toprak kalitesinin azalmasına ve insan sağığı üzerinde olumsuz etkilerin artmasına neden olabilir (Aktar ve ark., 2009).

Son olarak, pestisitlerin kullanımının sürdürülebilir olması için daha çevre dostu ve etkin yönetim stratejileri uygulanması gerekmektedir. Bu, pestisitlerin daha etkin ve dikkatli kullanımını ve alternatif zararlı kontrol stratejilerinin araştırılmasını içerir (Kogan, 1998).

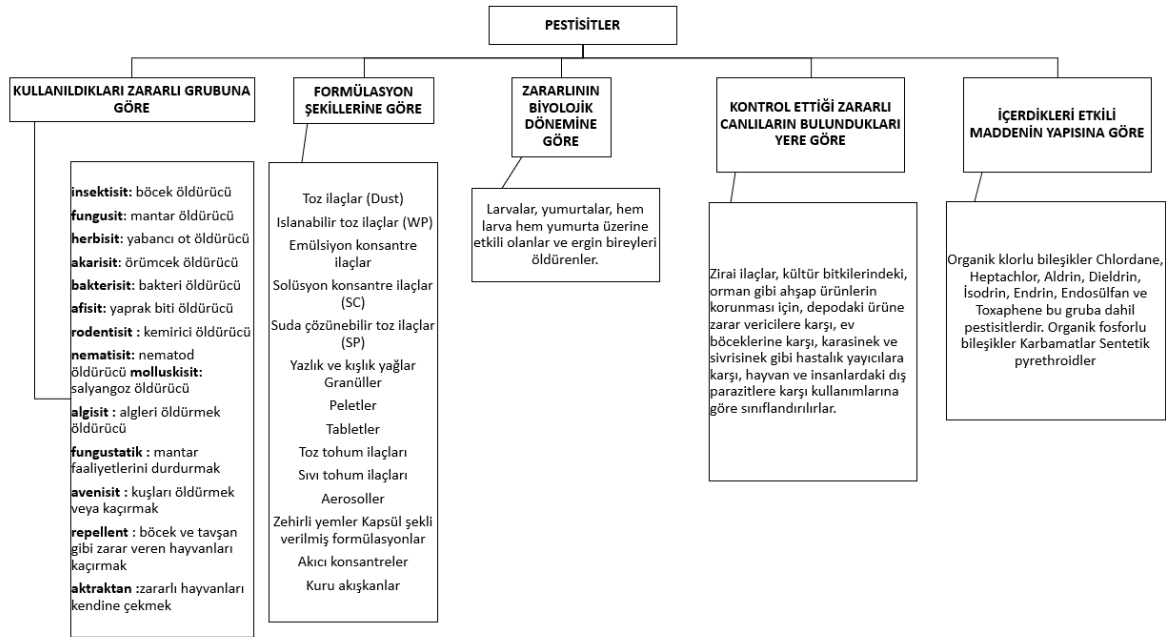
1.1.1. Pestisitlerin sınıflandırılması

Pestisitler, çeşitli kriterlere göre sınıflandırılır. Genellikle, hedeflenen zararlı tür, kimyasal yapı ve etki mekanizması gibi faktörler göz önünde bulundurulur.

Hedef Organizma: Bu sınıflandırma pestisitinin hangi tür zararlıya yönelik olarak kullanıldığına dayanır. Örneğin, böceklerle mücadele etmek için kullanılan pestisitlere insektisit, yabancı otlarla mücadele için kullanılan pestisitlere herbisit, mantarlarla mücadele için kullanılan pestisitlere fungusit, kemirgenlerle mücadele için kullanılan pestisitlere rodentisit denir (Nester ve ark., 2014).

Kimyasal Yapı: Pestisitler, kimyasal yapılarına göre de sınıflandırılabilir. Örneğin, organofosfat insektisitler, organoklorin insektisitler, piretroid insektisitler, triazin herbisitler, fenoksi asit herbisitler ve daha birçokları bu sınıflandırmada yer alır (Ware ve Whitacre, 2004).

Etki Mekanizması: Pestisitler, hedef zararlıları etkileyiş biçimlerine göre de sınıflandırılabilir. Örneğin, bazı insektisitler, böceklerin sinir sistemini hedef alırken, bazı herbisitler, bitkilerin fotosentezini veya hücre bölünmesini hedef alır (Casida ve Durkin, 2013).



Şekil 1.1. Pestisit sınıflandırılması (Wortington ve ark., 1991).

Pestisitlerin hepsi aynı şekilde kategorize edilmemiştir. Bazı pestisit türleri, geniş bir yelpazede hedef olmayan canlı türlerine zarar verebilir ve bazı kullanım yöntemleri, hedef dışı etkilere daha yüksek bir olasılık taşıyabilir. Bu durum, pestisitlerin sadece belirlenen hedeflere değil, daha geniş bir ekosistem ölçeğinde zarar verebileceğini gösterir. Dolayısıyla, biyolojik çeşitlilik ve çevresel sağlığın korunması açısından önemli bir risk oluşturabilirler. (Wortington ve ark., 1991).

1.1.2. Pestisit kullanımı tarihi

Pestisitlerin kullanımı, insanların tarım faaliyetlerine başladığı ve zararlı canlılarla başa çıkmaları gerektiği zamanlara kadar uzanır. Ancak, modern anlamda pestisit kullanımı, 19. yüzyılın sonlarına doğru başlamıştır.

İnsanlık tarihinde, pestisit olarak kullanılan ilk maddeler genellikle doğaldı. Örneğin, eski Mısırlılar zararlı böcekleri kontrol etmek için sülfür kullanmışlar, eski Hintliler ise böcekleri öldürmek amacıyla bitkisel yağlar ve ahır gübresi kullanmışlardır (Krieger ve ark., 2001). Antik Yunan ve Roma dönemlerinde, arsenik, kurşun ve diğer metaller de pestisit olarak kullanılmıştır (Everts, 1997).

19. yüzyılın sonlarına gelindiğinde, Paris Yeşili ve Bordeaux Karışımı gibi ilk modern pestisitler kullanılmaya başlandı. Paris Yeşili, bakır arseniti içeren bir bileşik olup, özellikle Colorado patates böceği üzerinde etkilidir. Bordeaux Karışımı ise bakır sülfat ve hidratlı kireç içerir ve özellikle üzüm mantarıyla mücadele etmek için kullanılır (Everts, 1997).

20. yüzyılda, DDT (diklorodifeniltrikloroetan) ve diğer organoklorin pestisitlerin bulunuşu, pestisitlerin tarihinde önemli bir dönüm noktasıdır. 1940'larda kullanılmaya başlanan DDT, sıtma ve tifus gibi hastalıkların kontrolünde etkili bir araç olmuştur. Ancak, 1960'larda Rachel Carson'ın "Sessiz Bahar" adlı kitabının yayınlanması ve pestisitlerin çevresel etkilerine dair geniş çaplı endişelerin ortaya çıkmasıyla, DDT'nin ve diğer organoklorin pestisitlerin kullanımı ciddi şekilde sorgulanmış ve birçok yerde yasaklanmıştır (Carson, 1962).

Son yıllarda, pestisitlerin kullanımı sürdürülebilir tarım ve entegre zararlı yönetimi (IPM) prensipleri çerçevesinde düzenlenmektedir. Bu, pestisit kullanımını en aza indirirken aynı zamanda verimli tarım uygulamalarını desteklemeyi hedefler (Kogan, 1998).

1.1.3. Pestisit kullanımının zararları

Yabancı ot öldürücü uygulamaları, sürdürülebilir tarımın gerçekleştiği alanlarda insanların ihtiyacı olan zirai bitkilerde, verimin azalmasına sebep olan yabancı otlara karşı yapılan mücadele yöntemleridir. Bu mücadelede kullanılan kimyasal maddelere 'Herbisit' adı verilir. Kısaca bu yabancı ot öldürücüler, kültür bitkileri içerisinde ekonomik anlamda verim kaybına neden olan bitkilerin ve bu istenmeyen yerde yetişen yabancı otların zarar

görmesi ve öldürülmesi için tatbik edilirler. Zirai faaliyetlerde en çok tercih edilen pestisit grubuna giren herbisitler, yabancı otlardan meydana gelen zararları minimize veya yok etmek için seçicidirler. İçerdikleri kimyasal bileşiklerden dolayı bazı herbisitler bazı yabancı otlarda yüksek seviyede zarar meydana getirirken bazılarında düşük derecede zararlar oluşturabilirler (Torun, 2011).

Pestisitlerin kullanımının birçok potansiyel zararı vardır. Bu zararlar, hem insan sağlığına hem de çevreye yöneliktir.

İnsan Sağlığına Etkileri: Pestisitlerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri, akut (kısa süreli) ve kronik (uzun süreli) olabilir. Akut zehirlenmeler genellikle aşırı maruz kalma sonucu oluşur ve bulantı, baş ağrısı, baş dönmesi, kas zayıflığı ve bazen ölüm gibi belirtilerle karakterizedir (Mostafalou ve Abdollahi, 2017). Kronik maruz kalma ise, genellikle daha düşük dozlarda ve daha uzun süreler boyunca gerçekleşir ve kanser, nörolojik bozukluklar, hormonal bozukluklar, bağışıklık sistemi bozuklukları ve üreme sağlığı sorunları dahil olmak üzere bir dizi sağlık sorununa yol açabilir (Alavanja ve ark., 2004).

Çevresel Etkileri: Pestisitlerin çevresel etkileri genellikle oldukça belirgindir ve bu etkiler, hedef olmayan organizmaları ve genel ekosistem sağlığını etkileyebilir. Pestisitlerin suda çözünmesi ve su yoluyla taşınması, akiferlerin ve içme suyu kaynaklarının kirlenmesine yol açabilir (Aktar ve ark., 2009). Pestisitler ayrıca, hedef olmayan yararlı organizmaları, özellikle tozlaştırıcıları ve doğal düşmanları öldürerek biyoçeşitliliği azaltabilir (Desneux ve ark., 2007). Ayrıca, pestisitlerin kullanımı, hedef zararlıların pestisitlere dirençli hale gelmelerine de neden olabilir (Tabashnik ve ark., 2010).

Ekonomik Etkileri: Pestisitlerin yukarıda belirtilen olumsuz etkileri, aynı zamanda ekonomik sonuçlara da yol açabilir. Örneğin, pestisitlerin sağlık etkileriyle ilgili tıbbi masraflar ve verim kaybı, pestisitlerin ekonomik maliyetini artırabilir. Direnç gelişiminin sonucunda, daha fazla pestisit kullanımı veya alternatif yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerekebilir ki bu da ek maliyetlere yol açar (Pimentel, 2005).

1.1.4. Yabani otlar ve herbisit kullanımı

Yabani otlar, tarım üretimini ve verimliliğini ciddi şekilde etkileyen bir sorundur. Bu otlar, ekili bitkilerle aynı kaynakları (su, besin maddeleri, ışık) kullanır ve bu nedenle bitkilerin büyümesini ve verimini azaltır (Oerke, 2006). Yabani otların kontrolü için genellikle herbisitler kullanılır.

Herbisitlerin kullanımı, yabancı ot kontrolünde etkili bir araç olmasına rağmen, bir dizi potansiyel zarar getirir:

İnsan Sağlığına Etkileri: Herbisitlerin insan sağlığına etkileri geniş bir spektrumda olabilir. Bu etkiler, hafif deri ve göz tahrişinden, solunum problemlerine ve hatta daha ciddi durumlara, örneğin bazı herbisitlerin kanserojen olduğu veya endokrin bozucu etkileri olduğu düşünülen durumlara kadar değişebilir (Mostafalou ve Abdollahi, 2017).

Çevresel Etkileri: Herbisitlerin çevresel etkileri, su yoluyla taşınma ve hedef dışı türler üzerinde toksisite dahil olmak üzere bir dizi olumsuz sonuç içerir. Herbisitlerin su yoluyla taşınması, içme suyu kaynaklarının kirlenmesine ve su ekosistemlerinde biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olabilir (Aktar ve ark., 2009). Ayrıca, herbisitler hedef olmayan bitkileri ve mikroorganizmaları da etkileyebilir, bu da ekosistemlerin genel işleyişini ve biyolojik çeşitliliği bozabilir (Boutin ve ark., 2014).

Direncin Gelişmesi: Herbisitlerin sürekli kullanımı, yabancı otların herbisitlere karşı direnç geliştirmesine neden olabilir. Bu, yabancı ot kontrolünü zorlaştırır ve daha fazla herbisit kullanımı veya alternatif kontrol stratejilerinin geliştirilmesi gerekliliğini doğurur (Powles ve Yu, 2010).

Yabancı otlar, tarım alanlarına ciddi zararlar verebilen ve verim kaybına neden olan canlılardır. Herbisitler genellikle bu zararlı otlarla mücadelede önemli bir araç olarak kullanılır. Ancak, herbisitlerin kullanımının da bir dizi potansiyel zararı vardır.

1.1.4.1. Yabancı Ot Zararları

Yabancı otlar, ekinlerle rekabet ederek, su, ışık ve besin kaynaklarını sınırlarlar. Bu, bitki gelişimini ve verimini ciddi şekilde azaltabilir (Oerke, 2006). Bazı yabancı otlar ayrıca bitki hastalıklarının taşıyıcıları olabilir ve bu hastalıkların yayılmasına yardımcı olabilir (Hill ve ark., 2006).

1.1.4.2. Herbisit Zararları

Herbisitlerin kullanımının da bir dizi potansiyel zararı vardır. İlk olarak, herbisitlerin insan sağlığına olumsuz etkileri olabilir. Örneğin, bazı herbisitlerin (örneğin, Roundup'ın aktif bileşeni olan glifosat) kansere neden olabileceği belirlenmiştir (Zhang ve ark., 2019).

Diğer herbisitler, cilt ve göz tahrişine neden olabilir veya solunum yolu problemlarına neden olabilir (Damalas ve Eleftherohorinos, 2011).

Herbisitler ayrıca çevresel zararlara neden olabilir. Örneğin, herbisitlerin suya karışması ve su yoluyla taşınması, sucul ekosistemlere zarar verebilir (Battaglin ve ark., 2014). Herbisitler, toprakta mikroorganizmaların ve diğer canlıların faaliyetlerini de olumsuz etkileyebilir, bu da toprağın verimliliğini ve ekosistem sağlığını azaltabilir (Peterson ve Hulting, 2004).

Son olarak, tıpkı pestisitlerde olduğu gibi, herbisit kullanımı da hedef zararlıların herbisitlere direnç geliştirmesine yol açabilir. Bu, herbisit kullanımını daha da karmaşık ve pahalı hale getirebilir ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını zorlaştırabilir (Powles ve Yu, 2010).

1.1.5. Küresel ölçekte herbisit kullanımı

Küresel ölçekte, herbisitlerin kullanımı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Bu artış, özellikle genetiği değiştirilmiş (GD) bitkilerin yaygınlaşmasıyla, bu bitkilerin belirli herbisitlere dirençli türlerin kullanımıyla teşvik edilmiştir.

Bir çalışma, 1995 ile 2014 yılları arasında, GD bitkilerin kullanımına bağlı olarak, glifosatın kullanımının 15 kat arttığını ortaya koymuştur (Benbrook, 2016). Bu artış özellikle Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya ve Arjantin gibi ülkelerde belirgindir, bu ülkelerde GD mahsulleri yaygın olarak yetiştirilmektedir.

Herbisit kullanımındaki bu artış, ekosistem ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratma potansiyeli taşır. Ayrıca, yabani otların herbisitlere direnç geliştirmesi sorununu da daha da kötüleştirir (Mortensen ve ark., 2012).

Ancak, herbisitlerin kullanımı, çiftçilere önemli faydalar da sağlar. Herbisitler, yabani otları kontrol altına almak, ekin verimini artırmak ve tarımsal iş gücünü azaltmak için etkili bir araçtır.

Bununla birlikte, sürdürülebilir bir tarım sistemi oluşturmak için, herbisit kullanımını dikkatlice yönetmek ve mümkün olduğunda alternatif yabani ot yönetim stratejilerini benimsemek önemlidir.

1.1.6. Herbisitlerin hedef olmayan türler ve çevre üzerine etkisi

Herbisitlerin kullanımı sadece hedeflenen zararlı yabancı otları değil, aynı zamanda hedef olmayan türleri ve genel çevre sağlığını da etkileyebilir.

1.1.6.1 Hedef olmayan türler üzerindeki etki

Herbisitler, hedef dışı bitki türlerini ve diğer organizmaları da etkileyebilir. Örneğin, herbisitlerin su yoluyla taşınması, sucul ekosistemlerde bulunan bitki ve hayvan türlerini olumsuz etkileyebilir (Battaglin ve ark., 2014). Ayrıca, herbisitler toprakta ve bitki örtüsünde bulunan faydalı böcekler ve diğer canlıları da etkileyebilir, bu da ekosistem sağlığını ve dengesini bozabilir (Pisa ve ark., 2015).

1.1.6.2 Çevre üzerindeki etki

Herbisitlerin çevre üzerindeki etkileri geniş kapsamlı olabilir. Örneğin, herbisitlerin toprakta birikmesi, toprağın kimyasını değiştirebilir ve toprakta yaşayan mikroorganizmaları etkileyebilir (Arias-Estevez ve ark., 2008). Bu durum toprağın verimliliğini azaltabilir ve bitki büyümesini olumsuz etkileyebilir.

Herbisitlerin suya sızması ve su yoluyla taşınması, su kaynaklarının kirlenmesine ve sucul yaşamın zarar görmesine neden olabilir (Battaglin ve ark., 2014). Ayrıca, bu taşınma süreci, herbisitlerin belirli bir alandan başka bir alana taşınmasına ve orada hedef dışı türler üzerinde beklenmedik etkiler oluşturmaya da neden olabilir.

1.1.7. Flyopram

Fluopyram, bir tarım ilacı veya pestisit olarak kullanılan bir etken maddedir. Kimyasal adı 4-(2,6-difluorobenzil)-1-(1-metil-1H-pirazol-4-il)-5-oksimetil-1H-pirazol-3-arboksamittir. Bu bileşik, nematodlar gibi tarımsal zararlılara karşı etkili olması amaçlanarak geliştirilmiştir.

Fluopyram, nematodlar üzerinde nörotoksik etkisi olan bir mekanizmaya sahiptir. Sinir hücrelerinin iletişimini etkileyerek nematodların hareket ve beslenme yeteneklerini bozar. Böylece nematodların yaşamsal faaliyetlerini engeller ve zararlı etkilerini azaltır.

Fluopyram genellikle toprak uygulamalarında kullanılır ve bitki köklerine etki ederek nematodların etkisini azaltır. Ayrıca, bazı bitki yapraklarına da uygulanabilir. Bu sayede, bitkilerin kök sistemini korur ve bitki sağlığını iyileştirir.

Fluopyram, tarımsal üretimde nematod kontrolü için bir seçenek olarak kullanılan bir pestisit olarak değerlendirilmektedir. Ancak kullanımıyla ilgili spesifik talimatları takip etmek ve yerel düzenlemelere uymak önemlidir. Ayrıca, çevresel etkileri ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel riskleri göz önünde bulundurarak dikkatli bir şekilde kullanılmalıdır.

Nematosit, bir organizmanın içinde veya üzerinde bulunan, genellikle nematodlara özgü özel hücrelerdir.

Nematositler, nematodların avlarını yakalamalarını veya savunmalarını sağlayan yapılar olarak bilinir. Bu hücreler, uzun, tüp benzeri veya çeşitli şekillerde olabilir ve genellikle bir enjeksiyon iğnesi gibi işlev görür. Nematositlerin içinde yer alan zehirli salgılar, avları etkisiz hale getirir veya savunmada kullanılır.

Fluopyram, nematodlara karşı etkili olan bir tarım ilacı veya pestisit içerisinde bulunan bir etken maddedir. Nematodlar, bitkilerde zararlı olarak bilinen ince, silindirik şeklindeki parazitik solucanlardır. Bu solucanlar bitki köklerine zarar vererek bitki büyümesini engelleyebilir ve verim kaybına neden olabilir.

Fluopyram, nematodların sinir sistemine etki ederek onların yaşamsal fonksiyonlarını bozmaktadır. Sinir hücrelerinin iletişimini engelleyerek nematodların hareketini ve beslenme yeteneklerini etkileyebilir. Böylece, fluopyram içeren nematositler, nematodlara karşı öldürücü bir etki gösterebilir veya üreme yeteneklerini baskılayabilir.

Fluopyram, toprak uygulamalarında veya bitki kök sistemine enjekte edilen pestisit formülasyonları içinde bulunabilir. Bu şekilde, bitkilerin kök sistemine ulaşarak nematodların etkisini azaltabilir ve bitki sağlığını koruyabilir.

Fluopyram etken maddeli nematositler, tarımsal üretimde nematod kontrolüne yardımcı olmak amacıyla kullanılan bir araç olarak değerlendirilmektedir. Ancak, kullanımıyla ilgili spesifik talimatları ve güvenlik önlemlerini içeren ürün etiketlerine ve yerel yasal düzenlemelere dikkat etmek önemlidir.

1.2. Biyoremediasyon

Biyoremediasyon, belirli mikroorganizmaların, bitkilerin veya mikrobiyal enzimlerin çevresel kirliliği azaltmak veya ortadan kaldırmak için kullanılmasıdır. Bu süreç,

kirlilik unsurunu metabolize etmek veya dönüştürmek için biyolojik mekanizmaları kullanır. Çeşitli kirlilik türleri, petrol ve petrol ürünleri, ağır metaller ve tarımsal kimyasallar (pestisitler ve herbisitler gibi) dahil olmak üzere geniş bir yelpazede maddeleri içerir.

Biyoremediasyon teknikleri genellikle iki ana kategoriye ayrılır: in situ ve ex situ. In situ biyoremediasyon, kirliliğin olduğu yerde gerçekleşir ve genellikle daha az maliyetli ve daha az yer değiştirmeye yol açar (Madsen, 2011). Ex situ biyoremediasyon, kirlilik unsurunun belirli bir alandan çıkarılması ve başka bir yerde işlenmesini içerir, bu genellikle daha yüksek bir maliyetle ve daha fazla yer değiştirme ile ilişkilidir, ancak aynı zamanda daha kontrollüdür ve genellikle daha hızlı sonuçlar verir (Gadd, 2001).

Biyoremediasyon genellikle daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir seçenek olarak kabul edilir çünkü çoğunlukla doğal süreçler kullanılır ve genellikle daha az atık oluşur (Megharaj ve ark., 2011). Ancak, aynı zamanda bazı zorlukları da vardır. Özellikle, bazı kirleticilerin biyoremediasyonu, belirli mikroorganizmalar veya enzimler gerektirir ve bu mikroorganizmaların veya enzimlerin doğru bir şekilde tespit edilmesi ve kullanılması genellikle zor ve zaman alıcıdır (Megharaj ve ark., 2011).

Biyoremediasyon, doğal mikroorganizmaların (bakteriler, mantarlar, bitkiler vb.) çevreyi kirleten maddeleri azaltmak veya yok etmek için kullanılması anlamına gelir. Bu süreç, organik ve inorganik kirleticileri parçalamada veya değiştirmede, özellikle toprak ve suyun temizlenmesinde etkili olabilir (Vidali, 2001).

Biyoremediasyonun birçok uygulaması vardır. Örneğin, petrol dökülmelerinin temizlenmesinde kullanılan mikroorganizmalar, petrolü parçalayarak ve zararsız bileşenlere dönüştürerek çevresel hasarı azaltabilir (Atlas ve Hazen, 2011). Ayrıca, ağır metaller gibi inorganik kirleticileri de emebilen ve bu şekilde çevreden uzaklaştırabilen bitkilerin kullanılması da biyoremediasyonun bir formudur (Raskin ve Ensley, 2000).

Biyoremediasyon, herbisitlerin etkilerini azaltmak için de kullanılabilir. Örneğin, bazı bakteriler, herbisitlerin parçalanmasında ve biyodegradasyonunda önemli rol oynayabilir (Jacobsen ve Hjelmsø, 2014).

Biyoremediasyon süreci genellikle düşük maliyetlidir ve çevresel etkisi minimaldir. Ancak, bu teknoloji çeşitli zorlukları da beraberinde getirir. Örneğin, belirli bir kirleticiyi parçalamak veya değiştirmek için doğru mikroorganizmaları bulmak zordur ve bu sürecin etkinliği, çevresel koşullar, kirletici türü ve konsantrasyonu gibi faktörlere bağlıdır.

1.2.1. Biyoremediasyonun avantajları

Biyoremediasyon, çeşitli avantajlarıyla çevresel kirliliği azaltmak için etkili bir yöntem olabilir:

1. Düşük Maliyet: Biyoremediasyon genellikle diğer temizleme tekniklerine göre daha az maliyetlidir. Çünkü genellikle daha az insan gücü gerektirir ve kirlilikten etkilenen alanın çıkarılması veya değiştirilmesi gerekmez (Vidali, 2001).

2. Kirliliği tamamen yok eder: Biyoremediasyon, mikroorganizmaların kirlilik yapan maddeleri metabolize ettiği bir süreçtir. Bu, genellikle kirleticinin tamamen yok edilmesi anlamına gelir, diğer tekniklerin aksine, bu teknikte kirlilik başka bir alana veya forma transfer edilmez (Singh ve Ward, 2004).

3. Doğayla uyumlu: Biyoremediasyon süreci doğada zaten bulunan canlıları kullanır ve genellikle çevreye daha az zarar verir. Ayrıca, bu süreç, kirleticilerin doğrudan çevreden çıkarılmasına gerek kalmadan, yerinde uygulanabilir (Mrozik ve Piotrowska-Seget, 2010).

4. Çeşitli kirlilik türlerinde etkili: Biyoremediasyon, petrol dökülmeleri, ağır metaller ve tarım ilaçları dahil olmak üzere çeşitli kirlilik türlerinde etkili olabilir (Atlas ve Hazen, 2011; Raskin ve Ensley, 2000).

1.2.2. Biyoremediasyonun dezavantajları

Biyoremediasyon, çeşitli avantajlara sahip olmasına rağmen, bazı dezavantajları ve zorlukları da bulunmaktadır:

a) Zaman Alıcı: Biyoremediasyon genellikle kirliliğin tamamen yok edilmesi için uzun süreler gerektirir. Bu, hızlı temizlik gerektiren durumlarda veya çevresel riskin hızla arttığı durumlarda ideal olmayabilir (Vidali, 2001).

b) Seçicilik: Biyoremediasyon, belirli kirleticileri parçalamak için belirli mikroorganizmaları gerektirir. Tüm kirleticiler, biyoremediasyon için uygun olmayabilir veya etkili bir biyoremediasyon süreci için gerekli olan mikroorganizmaları bulmak zor olabilir (Mrozik ve Piotrowska-Seget, 2010).

c) Çevresel Kısıtlamalar: Biyoremediasyon süreci, çevresel koşulların belirli bir aralıkta olmasını gerektirebilir. Örneğin, sıcaklık, pH, oksijen düzeyleri ve besin maddelerinin varlığı gibi faktörler, mikroorganizmaların büyümesi ve aktivitesi üzerinde büyük etkisi olabilir (Gadd, 2009).

Kontrolsüz Biyoçeşitlilik Değişiklikleri: Biyoremediasyon süreci, mikroorganizmaların toprakta veya sucul ekosistemlerde çeşitli değişikliklere neden olabilir. Bu, yerel biyoçeşitliliği olumsuz yönde etkileyebilir ve potansiyel olarak zararlı mikroorganizmaların çoğalmasına neden olabilir (Atlas ve Hazen, 2011).

1.2.3. Biyoremediasyon teknikleri

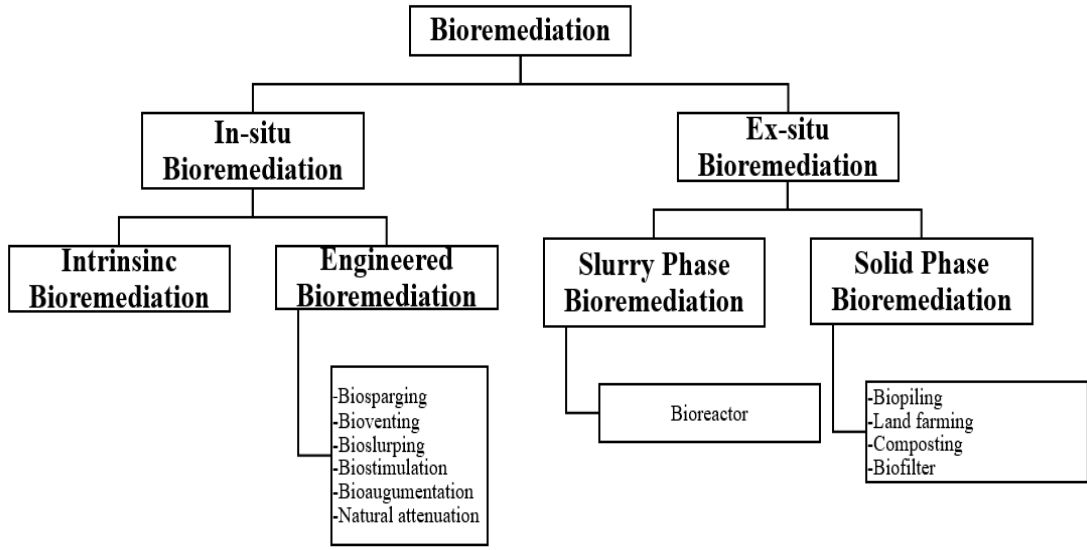
Biyoremediasyon, kirlilik yapan maddelerin azaltılması veya yok edilmesi için doğal mikroorganizmaları kullanır. Bu işlem, genellikle bakteriler, mantarlar, algler, bitkiler ve hatta bazı böcek türleri tarafından gerçekleştirilir. Biyoremediasyon teknikleri genellikle mikroorganizmanın türüne, kirliliğin türüne ve kirliliğin yerine bağlı olarak değişir.

In-situ Biyoremediasyon: Bu teknik, mikroorganizmaların doğrudan kirliliğin bulunduğu alana uygulanmasını içerir. Bu, genellikle mikroorganizmaların doğal habitatında veya mikroorganizmaların kirliliği parçalayabileceği bir ortamda yapılır (Alexander, 1999).

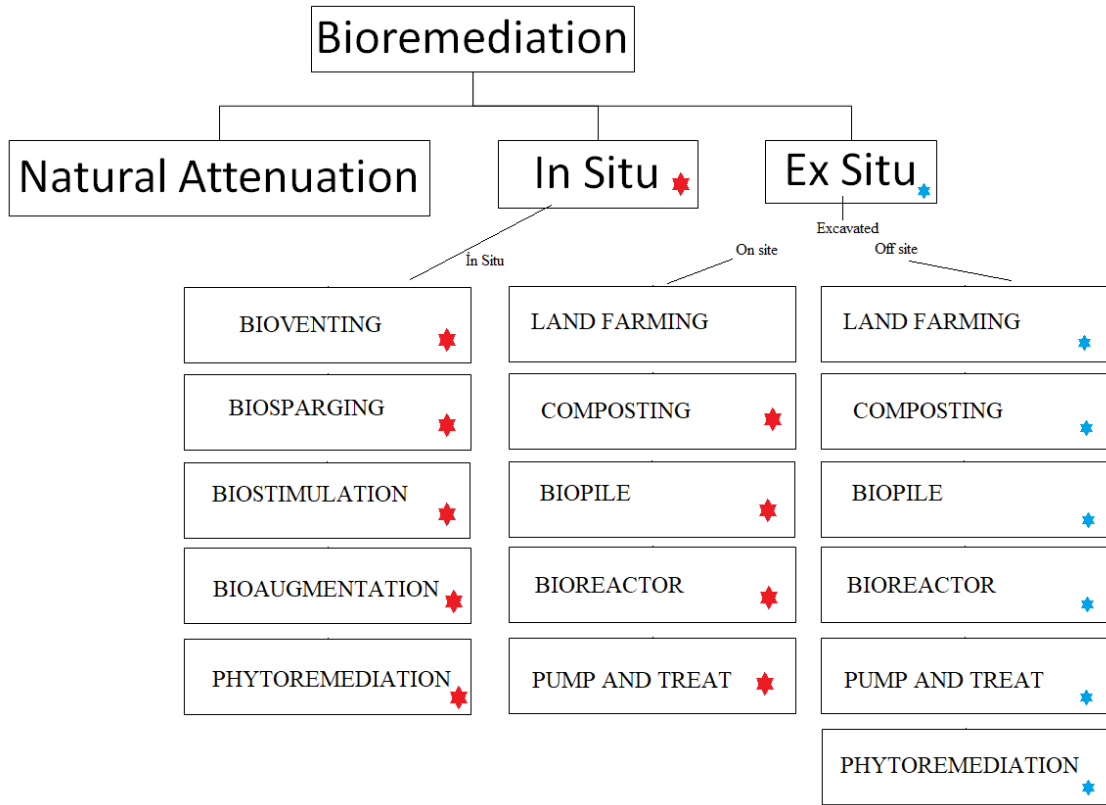
Ex-situ Biyoremediasyon: Bu teknik, kirliliğin alandan çıkarılıp ayrı bir alanda temizlendiği durumları içerir. Bu, genellikle toprak yığınları (landfarming), döner biyoreaktörler veya kompostlama gibi yöntemlerle gerçekleştirilir (Cunningham ve Berti, 1993).

Bioaugmentation: Bu teknik, belirli bir kirleticiyi parçalayabilen mikroorganizmaların kirlilik bölgesine eklenmesini içerir. Bu, genellikle kirleticinin doğal mikrobiyota tarafından parçalanamadığı durumlarda kullanılır (Mrozik ve Piotrowska-Seget, 2010).

Phytoremediation: Bu teknik, kirliliğin parçalanması veya stabilizasyonu için bitkilerin kullanılmasını içerir. Bu, genellikle ağır metaller gibi inorganik kirleticilerle uğraşırken kullanılır (Raskin ve Ensley, 2000).



Şekil 1.2. Çevre temizliği için biyoremediasyon yaklaşımları.



Şekil 1.3. Biyoremediasyon teknikleri

1.2.3.1. Ex-Situ (doğal yeri dışında) temizleme yöntemi

Ex-situ biyoremediasyon, kirlilik yapan maddelerin bir alandan çıkarılıp başka bir alanda biyolojik olarak temizlendiği bir tekniktir. Bu teknik genellikle yerinde (in-situ) temizleme olanakları sınırlı olduğunda veya daha hızlı temizleme gerektiğinde kullanılır (Vidali, 2001).

Ex-situ biyoremediasyon genellikle üç aşamadan oluşur: kirlilik yapan maddenin alandan çıkarılması, mikroorganizmaların uygulanması ve kontaminasyonun düzeyinin azaltılmasının izlenmesi. Bu teknikte kullanılan mikroorganizmalar genellikle bakteri, mantar ve diğer mikrobiyal türlerdir (Cunningham ve Berti, 1993).

Ex-situ biyoremediasyon teknikleri arasında:

Toprak yığınları (Landfarming): Kirletici maddeyi içeren toprak, bir tarla veya benzeri bir alana yayılır. Sonra, bu alana belirli bir kirleticiyi parçalayabilecek mikroorganizmalar eklenir (EPA, 1995).

Biyopiller: Kirletici maddelerle karıştırılmış toprak veya yer altı suyu, biyolojik aktiviteyi artırmak ve kirleticinin daha hızlı parçalanmasını sağlamak için bir biyopil içine alınır (EPA, 2006).

Kompostlama: Kirletici madde, organik maddelerle karıştırılır ve mikroorganizmaların aktivitesiyle parçalanması için bir kompost yığınına eklenir (Haug, 1993).

1.2.3.2. In-Situ (yerinde) temizleme yöntemi

In-situ biyoremediasyon, kirliliğin olduğu yerde doğal veya uygulanan mikroorganizmalar tarafından kirleticilerin parçalanması veya dönüştürülmesi sürecidir. Bu teknik, genellikle yer altı suyu veya toprak gibi doğal ortamlarda gerçekleşir ve bu ortamlardaki mikroorganizmaların doğal biyodegradasyon yeteneklerini kullanır veya artırır (Vidali, 2001).

In-situ biyoremediasyonun birkaç çeşidi vardır:

Biyostimulasyon: Bu teknik, mikroorganizmaların doğal biyodegradasyon aktivitelerini artırmak için besin maddeleri veya oksijen gibi maddelerin eklenmesini içerir (Atlas ve Philp, 2005).

Bioaugmentation: Bu teknik, belirli kirleticileri parçalamak için doğaya yabancı mikroorganizmaların eklenmesini içerir (Mrozik ve Piotrowska-Seget, 2010).

Fiziksel In-situ Biyoremediasyon: Bu teknikler, kirleticilerin biyolojik olarak parçalanmasını hızlandırmak için fiziksel işlemler kullanır. Örnekler arasında hava enjeksiyonu, buharlaştırma ve biyoreaktörler yer alabilir (Vogel, 1996).

In-situ biyoremediasyon, genellikle yerinde yapılması ve kirliliği yerinde azaltması nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir. Ancak, kirletici madde ve mikroorganizmalar arasındaki doğru etkileşimlerin sağlanması ve mikroorganizmaların doğru büyüme ve aktivite koşullarını sürdürebilmesi için dikkatli kontrol ve yönetim gerektirir (Alexander, 1999).

1.2.3.2.1. Arazi (toprak) tarımı

Arazi tarımı, genellikle bitkilerin yetiştirilmesi ve hayvanların otlatılması gibi işlemleri içeren ve insanların geçimini sağlamak için toprak kullanımı anlamına gelir. Arazi tarımının birçok farklı türü vardır ve bu türler genellikle iklim, toprak tipi, yerel flora ve fauna ve insan kültürüne bağlıdır (Lowder, Scoet, ve Raney, 2016).

Arazi tarımı genellikle dört ana bölüme ayrılır:

Tarla tarımı: Bu, genellikle bitkisel üretimi içerir ve bitkiler genellikle büyük alanlarda ekilir ve hasat edilir. Bu tarım türü genellikle tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar ve sebzeler gibi bitkileri içerir (Godfray ve ark., 2010).

Hayvancılık: Bu, hayvanların yetiştirilmesini ve bakımını içerir ve genellikle et, süt, yün veya deri gibi ürünlerin üretimine yöneliktir (Thornton, 2010).

Meyvecilik ve Bağcılık: Bu, genellikle meyve ve üzüm yetiştiriciliğini içerir ve bu bitkiler genellikle meyve veya şarap üretmek için kullanılır (Howell, 2015).

Sebzecilik ve Bahçecilik: Bu, genellikle küçük ölçekli, yoğun olarak işletilen tarımı içerir ve genellikle sebze, meyve, çiçek veya baharat yetiştiriciliğine yöneliktir (Baudoin, Nono-Womdim, Litaladio ve Hodder, 2014).

Arazi tarımı, genellikle insan beslenmesini sağlamak ve ekonomik kazanç sağlamak için kullanılır. Ancak, aynı zamanda toprağı erozyon, toprak verimliliğinin azalması, su kalitesinin bozulması ve biyoçeşitlilik kaybı gibi çevresel sorunlara yol açabilir (Foley ve ark., 2011).

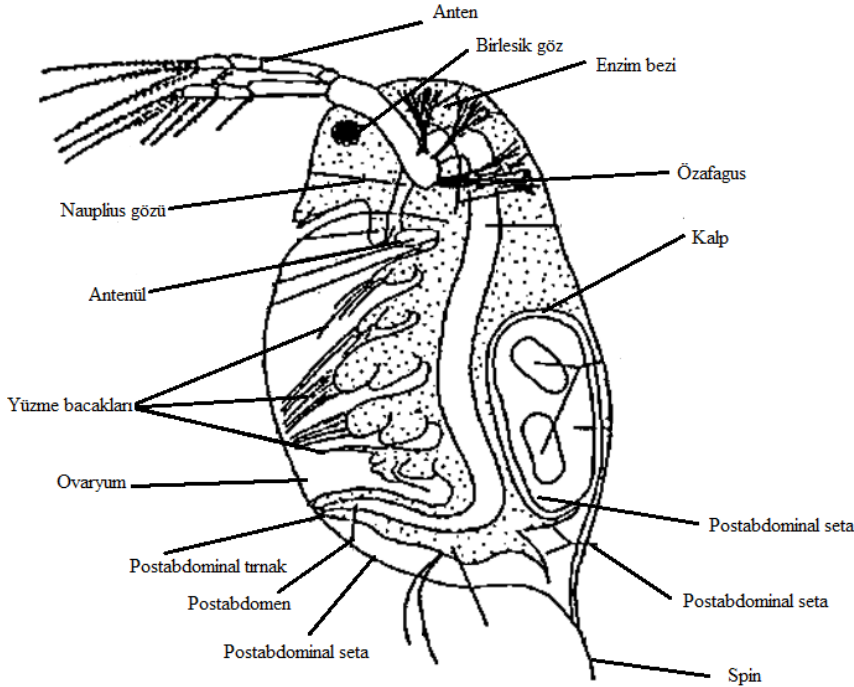
1.3. Daphnia (Su Piresi)

Daphnia, genellikle "su pireleri" olarak bilinen küçük, tatlı su canlılarıdır. Bu canlılar Cladocera takımına ait bir cins olup genellikle göller, havuzlar ve ırmaklarda bulunurlar. Daphnia türleri, tatlı su ekosistemlerinde önemli bir rol oynarlar ve birçok balık ve amfibiye'nin ana gıda kaynağıdır (Lampert, 2011).

Daphnia, genellikle 0.2-5.0 mm arasında değişen boyutlarda olup, görünüşleri çeşitlidir. Şeffaf veya hafif renkli vücutları, dış kabukları ve karakteristik 'salınarak yüzmeye' hareketleriyle tanınabilirler (Ebert, 2005).

Daphnia türleri, çevresel değişikliklere, özellikle su kalitesindeki değişikliklere karşı hassastırlar. Bu nedenle, su kalitesini ve çevresel stresi değerlendirmek için kullanılırlar. Daphnia, pestisitler, ağır metaller ve diğer kirleticilere karşı özellikle hassastır ve bu nedenle çevresel toksikoloji çalışmalarında sıklıkla kullanılırlar (Heugens ve ark., 2001).

Daphnia'nın genetik çeşitliliği ve hızlı üreme hızı, evrimsel biyoloji ve ekoloji çalışmalarında sıklıkla kullanılmasını sağlar. Özellikle Daphnia pulex, genetik ve genomsal araştırmalarda bir model organizma olarak kullanılmaktadır (Colbourne ve ark., 2011).



Şekil 1.3. *Daphnia sp.*'nin lateral görüntüsü (Sarı, 2011).

Su pireleri daha çok tatlı sularda yaşarken, az bir bölümü ise tuzluluğu ‰4-20 arasında değişim gösteren iç sularda ve deniz kıyılarında yaşarlar. Bu yaşam koşullarına uyumlu olmalarının yanında deniz sularında yaşayamazlar (Demirsoy 2001). *Daphnia magna*'ların ömürleri ortalama 8 °C'de 108, 10 °C'de 88, 18 °C'de 42 ve 28 °C'de 26 gün olarak bilinmektedir (Sarı, 2011). *Daphnia*. türlerinin en uygun gelişmeleri için gerekli olan su sıcaklığı da türden türe göre değişmektedir. Bu sıcaklık aralığı *Daphnia magna* için 20-24 °C olarak tespit edilmiştir (Önalın, 1996).

Daphnia, Cladocera denilen küçük tatlısu kabuklu bir hayvan grubunun bir cinsidir. Bu canlılar, ekosistemlerinde önemli bir role sahip olan ve genellikle "su piresi" olarak adlandırılan mikroskobik hayvanlardır (Lampert, 2011).

Daphnia, zooplankton olarak sınıflandırılır ve tatlı su ekosistemlerinde önemli bir role sahiptir. Çoğunlukla fitoplankton ve alglerle beslenirler ve bu süreçte sucul ekosistemlerdeki besin döngüsünde önemli bir rol oynarlar. Aynı zamanda, sucul ekosistemlerin gıda zincirinde önemli bir bileşen olarak, daha büyük hayvanlar ve balıklar için önemli bir gıda kaynağıdır (Dodson, 2005).

Daphnia'nın hızlı üreme oranları ve çevresel streslere karşı duyarlılıkları nedeniyle, çevre toksikolojisi ve ekotoksikoloji araştırmalarında sıklıkla kullanılırlar. Özellikle su kalitesinin ve su kirliliğinin etkilerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılırlar. *Daphnia*'nın fizyolojik ve davranışsal tepkileri, sucul ekosistemlerdeki kirlilik seviyeleri ve çevresel streslere ilişkin önemli bilgiler sağlar (Cairns and Niederlehner, 1987).

Ayrıca, *Daphnia* genellikle evrimsel biyoloji, genetik ve ekoloji araştırmalarında bir model organizma olarak kullanılır. *Daphnia*'nın genetik çeşitliliği ve çevresel değişkenlere duyarlılığı, ekolojik ve evrimsel süreçleri anlamak için birçok fırsat sunar (Colbourne ve ark., 2011).

Daphnia magna'nın maruz kaldığı toksik etkilerin izlenmesi amacıyla tercih edilen avantajlar;

- Laboratuvar alt yapısının ve buradan doğacak olan işletme giderlerinin düşük maliyeti,
- Kısa sürede akut zehirlilik sonucunu (24 saat) verebilmesi
- Laboratuvar koşullarında rahatlıkla yetiştirilebilmeleri ve genetik özellikleri bakımından tüm organizmaların aynı olması sebebiyle kirlletici maddelere karşı verdikleri yanıtın yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır.

Daphnia türlerinin kullanımının sakıncaları ise,

- pH, çözünmüş oksijen, sıcaklık, iletkenlik gibi çevresel parametrelere oldukça duyarlıdırlar.

- Sadece ölüm oranı ile ilgili netice verirler (İleri ve ark., 2011)

Daphnia magna ile üreme toksisite deneyleri üç hafta içinde kolaylıkla yapılabilmektedir (Canton ve ark., 1978).



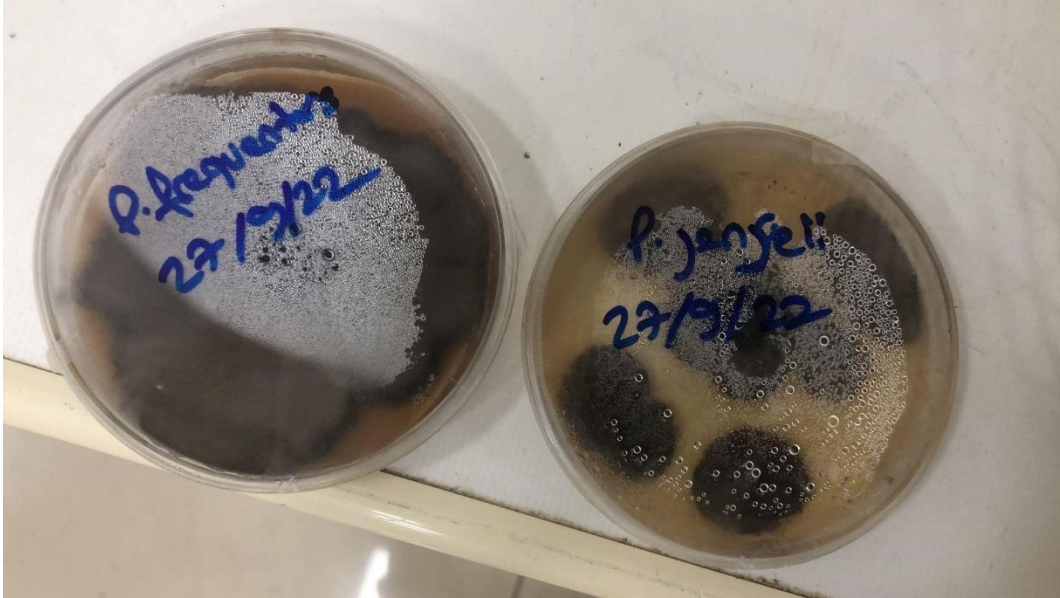
2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar

Çalışmada fungus türünden *Pencilium jensenii*, *Penicillium frequentans* kullanılmıştır.

2.2. Mikroorganizma Temini

Çalışmada, kullanılan saf mikroorganizma kültürleri Munzur Üniversitesi Çevre Mühendisliği laboratuvarlarından temin edilmiştir.



Resim 2.1. Çalışmada Kullanılan Mikroorganizmalar (orijinal)

Mikroorganizmaların ekim sonrası katı besiyerlerinde petri kutuları 27°C'lik inkübatöre alınarak çalışmada biyoremediasyon faaliyetini yürütecek olan bakterilerin gelişimi tamamlanmıştır (Resim 2.2).



Resim 2.2. Mikroorganizma Ekimi (orijinal)



Resim 2.3. Etüv (orijinal)

Sıvı besiterinde ekim yapılan mikroorganizmalar arkalayacılı inkübatörde 27°C'de gelişimleri tamamlanmıştır (Resim 2.4).



Resim 2.4. arkalayıcı inkübatör (orijinal)

Petri kutuları üzerinde gelişen bakteriler ekim kabininde steril şartlarda öze kullanılarak bakteri kolonileri için subaraud dextrose brotha alınıp inkübe edilerek zenginleştirilmiştir (Cruikshank, 1972).

Tür teşhis çalışmaları kapsamında izole edilen bakterilere ait analizler, Ankara merkezli biyoteknoloji firması olan SENTEBİOLAB BIOTECH tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu şirket, oligonükleotidler ve primerler, moleküler DNA problemleri, sentetik genler ve klonlama, DNA dizi analizi, protein sentezi, protein ve gen ekspresyonu analizleri ve hücre kültürü analizleri gibi çeşitli hizmetler ve ürünler sunmaktadır. PCR uygulamalarında, elektroforez cihazı, mycycler thermal cycler system, jel görüntüleme sistemi (ORTE), ve genetik analiz sistemi (Beckman Coulter CEQ 8000) gibi yöntem ve teknolojiler kullanılmıştır.

Moleküler tanımlama çalışmalarında, "Gram Pozitif ve Gram Negatif Bakterilerden Genomik DNA İzolasyonu" metodları kullanılarak Wizard Genomic DNA Purification kit'i kullanıldı (Beutler ve ark., 1990). Mikrobiyal tür teşhisi aşamaları sırasıyla nükleik asit

ekstraksiyonu, Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR), Denatüre Gradyan Jel Elektrophorezi (DGGE) ve nükleik asit dizilemesi olarak gerçekleştirildi. İzole edilen numuneler öncelikle moleküler teknikler için hazırlanmıştır. Bu bakteri suşlarından ilk adımda nükleik asit ekstraksiyonu gerçekleştirildi. Ekstrakte edilen DNA'lar, -20°C'de saklandı ve bu DNA örnekleri, 16S rRNA genleri için PCR tekniği ile ısı döngüleme (Thermal Cycler) cihazında çoğaltıldı. Bu işlem sonrasında metanojenik tür çeşitliliği, DGGE ve DNA dizileme analizi ile belirlendi. Bakteri suşlarının dizilemeleri SnapGene programında tanımlandı. Bakterilerin dizileme sonuçlarını gösteren kromatogram görüntüleri, tamamı seçilerek bu ekranda kullanıldı.

2.2.1. Mikroorganizma Besiyeri Hazırlama

P. jensenii ve *P. frequentans* katı besi yeri olarak Sabouraud Dextrose Agar (SDA) kullanılmıştır SDA *Penicillium* cinsine ait türlerin büyümesi için gerekli olan besin maddelerini sağlar (Frisvad ve Samson, 2004).

Tablo 2.1 SDA İçeriği

Dextroz (glukoz)	40,0 g
Pepton	10,0g
Agar	15,0g
Saf su	1000,0 ml

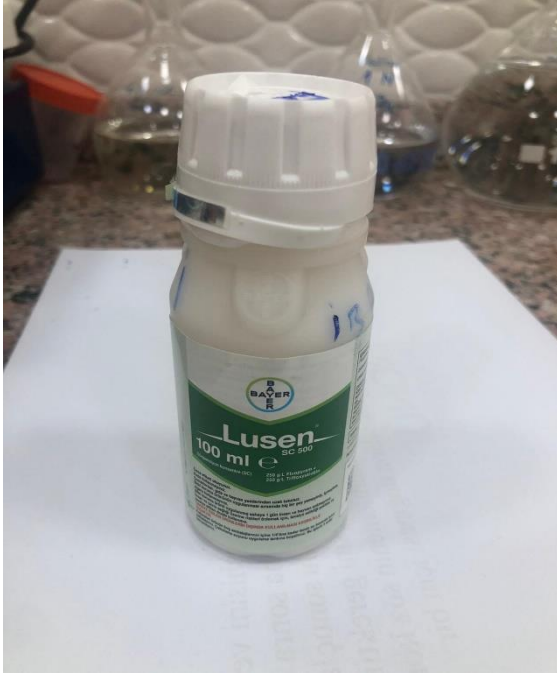
P. jensenii ve *P. frequentans* sıvı besi yeri olarak Sabouraud Dextrose Broth (SDB) kullanılmıştır SDB *Penicillium* cinsine ait türlerin büyümesi için gerekli olan besin maddelerini sağlar

Tablo 2.2 SDB İçeriği

Dextroz (glukoz)	40,0 g
Pepton	10,0g
Saf su	1000,0 ml

2.3. Herbisit Çözeltilerinin Hazırlanması

Fluopyram (Resim 2.4), kullanımı kimyasalın tarifinde ve çiftçilerin uygulama dozu baz alınarak yer aldığı şekilde 250, 500, 750 ve 1000 ppm olarak 250' şer ml'lik erlenler içine hazırlanmıştır (Resim 2.5). Hazırlanan bu konsantrasyonlar tarım arazilerinde tavsiye edilen konsantrasyonlardır.



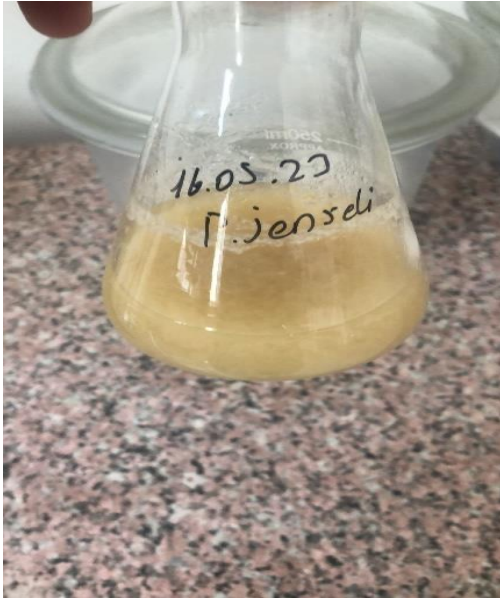
Resim 2.5. Fluopiram nematositi (orijinal)



Resim 2.6. Çözeltiler (orijinal)

2.4.Fluopyram' ın Biyoremediasyon İşlemi İle Giderimi

Bioremediasyon faaliyetlerini araştırmak için, bakterilerin Fluopyram etkin maddesine karşı tepkileri değerlendirilmiştir. Bu amaçla, farklı bakteri kolonileri ve onların karışımları Sabouraud Dextrose Broth ortamında beslenmiş ve çoğalmaları sağlanmıştır (Resim 2.6). Bakterilerin hazırlandığı %0,8'lik steril izotonik çözeltiye Fluopyram eklenmiş ve bu şekilde ayrı ayrı hazırlanan kültür ortamları 27 °C sıcaklıkta çalkalayıcı inkübatörde konumlandırılmıştır. 24 saatlik periyodlarla alınan numunelere kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam organik karbon (TOK) analizleri uygulanmıştır (Resim 2.7).



Resim 2.7. SDB ortamında Mikroorganizma (orijinal)



Resim 2.8. SDA ortamında Mikroorganizma (orijinal)

Çalışmada standart metod’da belirtildiği şekilde KOİ yapılmıştır. Resim 2.9, çalışmada KOİ aralığı tarım arazilerinde kullanımı tavsiye edilen konsantrasyonlar olan 250, 500 ve 750 ppm olarak seçilmiştir. KOİ ölçümleri için standart method yöntemi tercih edilmiştir ve hesaplamalar yapılmıştır.



Resim 2.9. KOİ düzeneği (orijinal)

TOK analizlerinde Shimadzu TOC-V cihazı kullanılmıştır (Resim 2.10) 24’er saat arayla takip edilen çalışmada kullanılacak olan Fluopyram herbisitinin tarım arazisinde kullanılan tavsiye edilen kimyasal oksijen ihtiyacı değerine eşit olması beklenmiştir. 120 saat sonunda Fluopyram herbisitinin tavsiye edilen kullanım KOİ değeri olan 750 ppm ye ulaşıncı bu zenginleştirilmiş ortamdan alınan 1’er ml’lik kültürler pestisit içine aşılanmış ve ölçümler alınmaya başlanmıştır. Deneyler toplamda 14 gün sürmüştür



Resim 2.10. TOC-V cihazı (orijinal)

Fluopyram eklendikten hemen sonra, ilk kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve toplam organik karbon (TOK) değerlerini belirlemek için, zenginleştirilmiş bakteri ortamından alınan kültürler, agar ortamındaki büyümeyle belirlenen konsantrasyonlarda Fluopyram içeren çözeltilere eklenmiştir. Bu eklemeyi takiben, süzme işlemi 0.45µm'lik filtre kağıdı ve steril bir huni kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve elde edilen süzüntünün KOİ ve TOK değerlerinin ölçümleri yapılmıştır. Bakteri kolonilerinin aktivitesini inhibe etmek amacıyla, süzüntülere birer damla 1N H₂SO₄ eklendiği belirtilmiştir.

2.5. *Daphnia magna* üzerindeki mortalite

D. magna organizmaları, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Mühendisliği Laboratuvarları'ndan temin edilmiş ve tür tayinleri önceden yapılmıştır. *D. magna* bireyleri, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bölümü Araştırma Laboratuvarı'na alınmış ve 16–18°C (±1) sıcaklıkta, 16:8 saatlik aydınlık: karanlık döngüsüne alıştırmış laboratuvar koşullarına uyum sağlamak için bir aylık bir süre boyunca 120 litrelik bir akvaryumda tutulmuştur. *D. magna*'nın adaptasyon süresince, günlük ölüm oranı %10'dan az olarak tespit edilmiştir. *D. magna*, günde bir kez, kuru spirulina tozu ve ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae*)

karışımı ile periyodik olarak beslenmiştir ve akvaryum suyu düzenli olarak bir hava pompası ile havalandırılmıştır. Ayrıca, suyun %25'i, 1/7 oranında yenilenmiştir.

Ölüm oranlarının değerlendirilmesi için, altı farklı deney grubu oluşturulmuştur. Bu kapsamda, 350 mL süzölmüş su, tüm uygulama gruplarından (kontrol, B, P, S, konsorsiyum) alınarak 11. günde doğal yaşam suyu (NLW) ile doldurulmuş polikarbonat kaplara konulmuştur. Her bir kaptaki su sıcaklığı, klima ile 20°C'ye (± 1) ayarlanmış ve su sıcaklığındaki değişiklikler düzenli olarak kontrol edilmiştir. Her bir kapta 10 adet birinci evre juvenil *Daphnia* bireyi bulunmaktadır. Test organizmaları deney süresince beslenmemiş ve 16:8 saatlik aydınlık: karanlık fotoperiyodu korunmuştur. Her deney grubu için üç tekrar yapılmıştır. Her bir kaptaki ölü su pirelerinin sayısı, 24, 48 ve 72 saat sonrasında sayılmıştır. Test süresinin sonunda, yani 72 saat sonrasında, her deney grubunda ölüm oranları yüzde olarak hesaplanmıştır (Babu ve ark., 2015).

2.7. Mortalite çalışmaları

Ölüm oranlarını değerlendirmek üzere 18 farklı deney grubu oluşturulmuştur. Bu kapsamda, tüm uygulama gruplarından 350 mL'lik örnekler alınmış ve doğal yaşam suyu kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Polikarbonat kaplara alınan bu örneklerin içine, pipetle toplanan 20 adet ilk dönem *Daphnia* yavrusu dikkatle aktarılmıştır. Her polikarbonat kapta bulunan suyun sıcaklığı, klima yardımıyla 20 °C (± 1) olarak ayarlanmış ve sıcaklık değişimleri düzenli aralıklarla kontrol edilmiştir. Test organizmaları, deney süresince beslenmemiş ve 16:8 saat aydınlık-karanlık fotoperiyoduna uymuştur. Her bir kapta ölü su pirelerinin sayısı, 24, 48, 72 ve 96 saatlik periyodlarla sayılmıştır (Bkz. Resim 2.11).

Test süresinin sonunda (96 saat), ölüm oranları her deney grubu için yüzdelik olarak hesaplanmıştır (Bianchini ve Wood 2002)



Resim 2.11. Mortalite sonuçlarının arıtılmış ve arıtılmamış ortamlardaki deney grupları

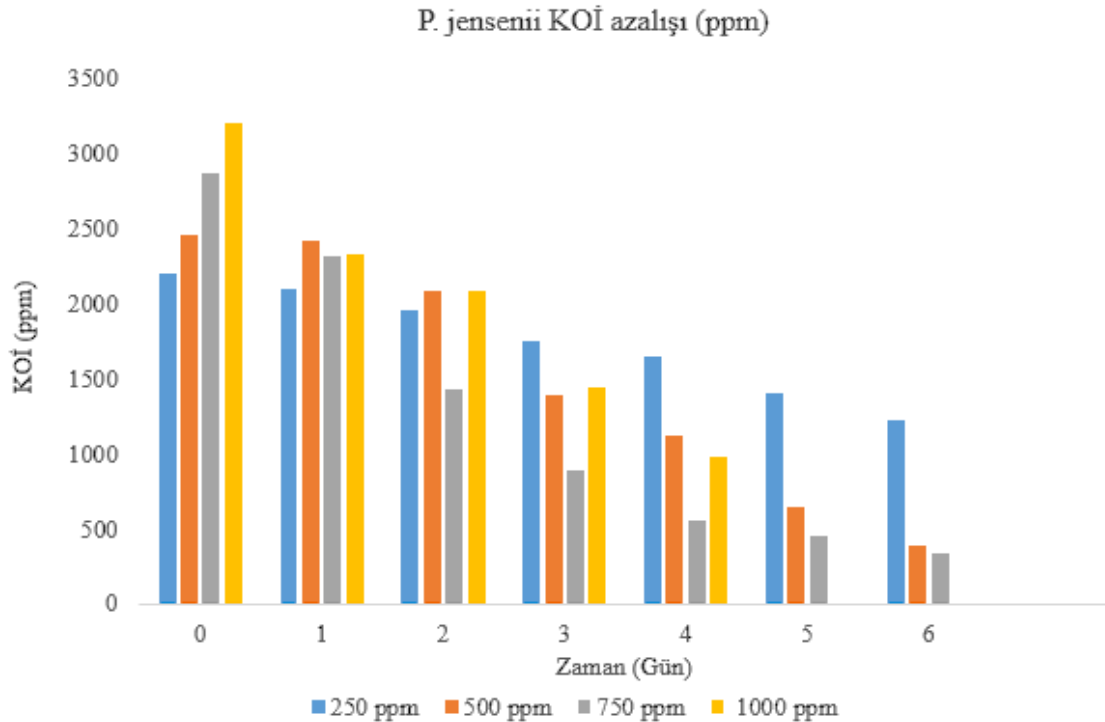
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Biyoislah çalışmaları sonuçları

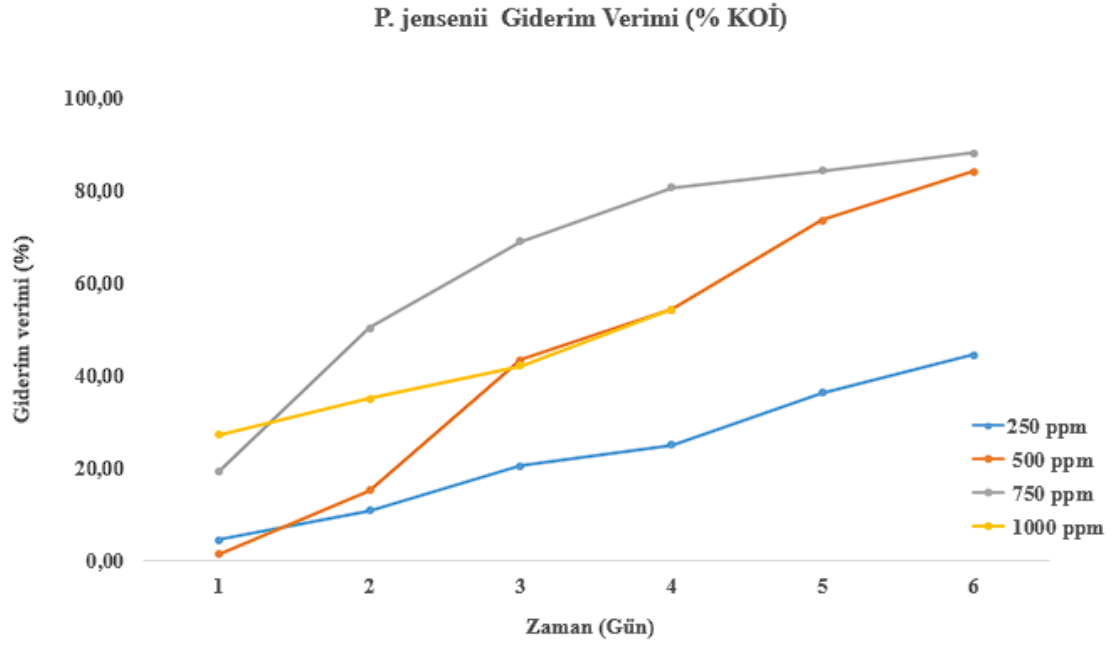
Çalışmada biyoremediasyon faaliyetini gösteren mikroorganizmala kültürlerinin gösterdiği biyoremediasyon faaliyetleri sonucunda elde edilen veriler, sistem verimi ve gerçek verim olmak üzere incelenmiştir. Pestisitlerin sahip olduğu 250, 500, 750 ve 1000 ppm lik konsantrasyonlarındaki saf pestisit KOİ ve TOK değerlerinin uğradığı biyoremediasyon faaliyeti esas alınmıştır.

3.1.1. Sisteme ait giderim verimleri

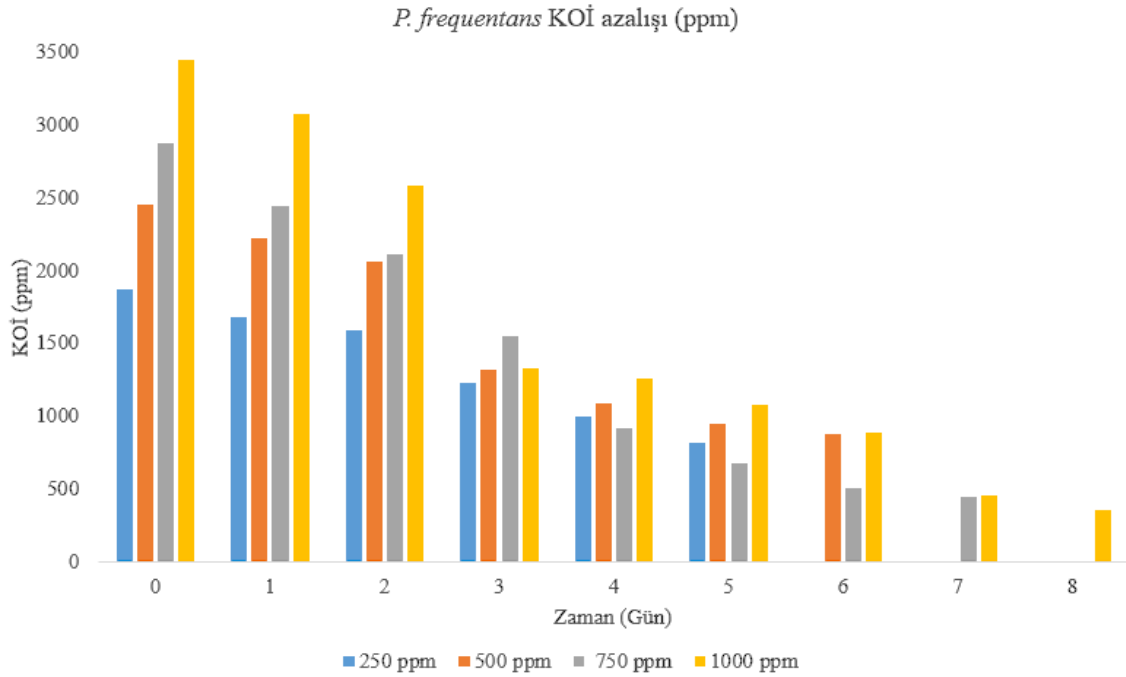
Deney düzeneğimizde besi yerindeki pestisitler ve mikroorganizmalar nedeniyle ortaya çıkan Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Toplam Organik Karbon (TOK) giderim verimlerini göstermektedir. Çalışmada koşullarında yetiştirilen kültürlerle ilişkili sistemimizden elde edilen KOİ parametrelerini ve TOK verilerini şekil 3. 1’de gösterilmiştir.



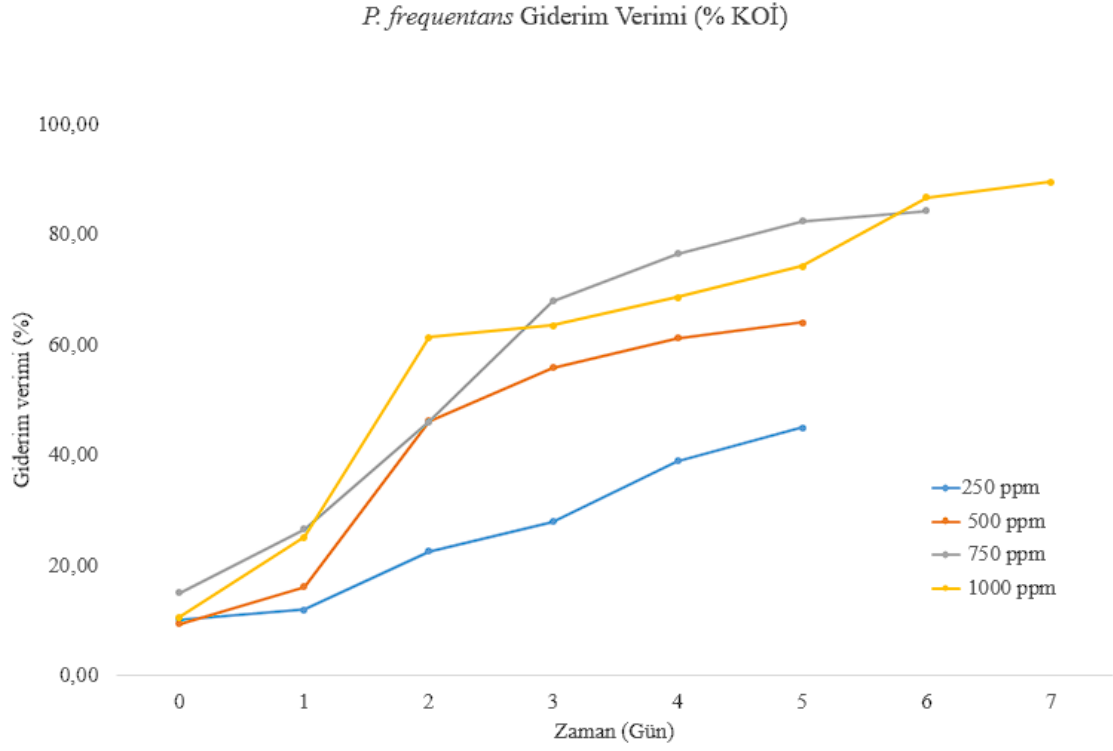
Şekil 3.1. *P. jensenii* nin gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı



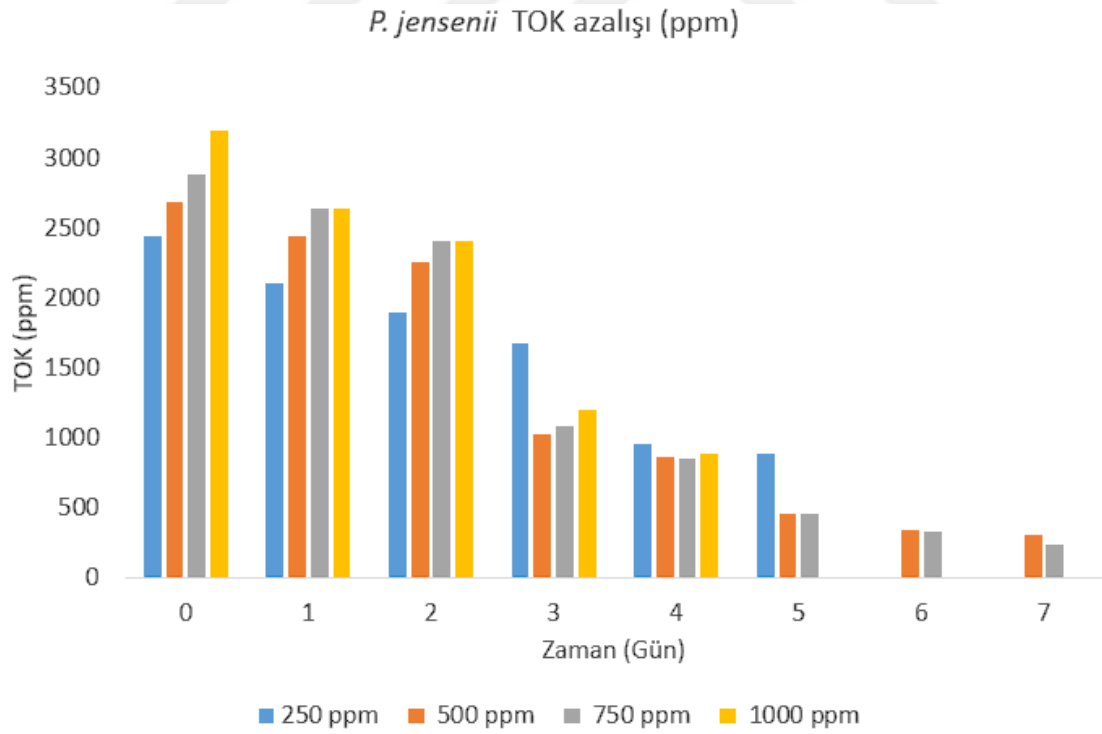
Şekil 3.2. *P. jensenii* nin gösterdiği KOİ azalış verimi



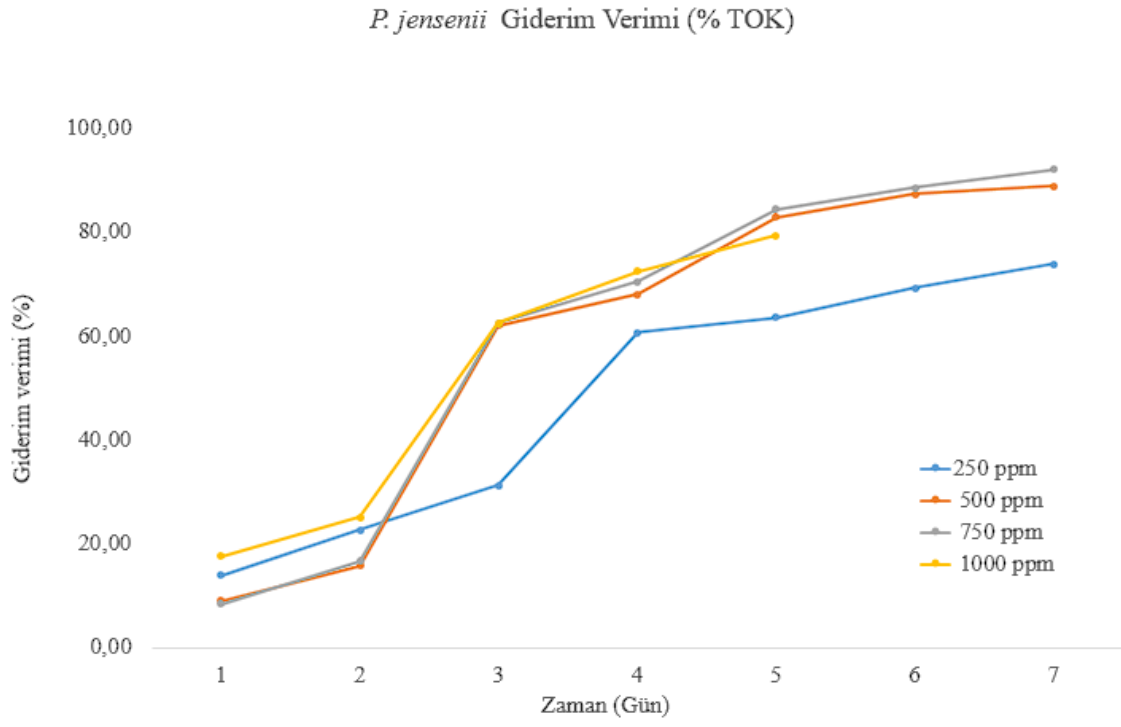
Şekil 3.3. *P. frequentans* ın gösterdiği konsantrasyon bazında KOİ azalışı



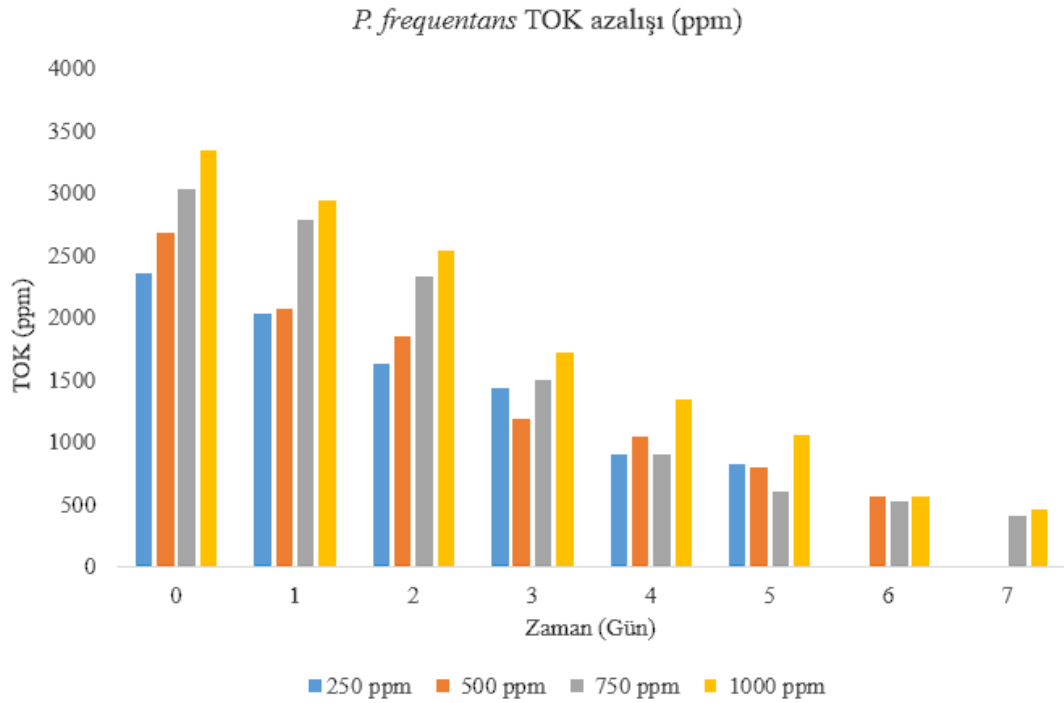
Şekil 3.4. *P. frequentans* ın gösterdiği KOİ azalış verimi



Şekil 3.5. *P. jensenii* ' nın gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı

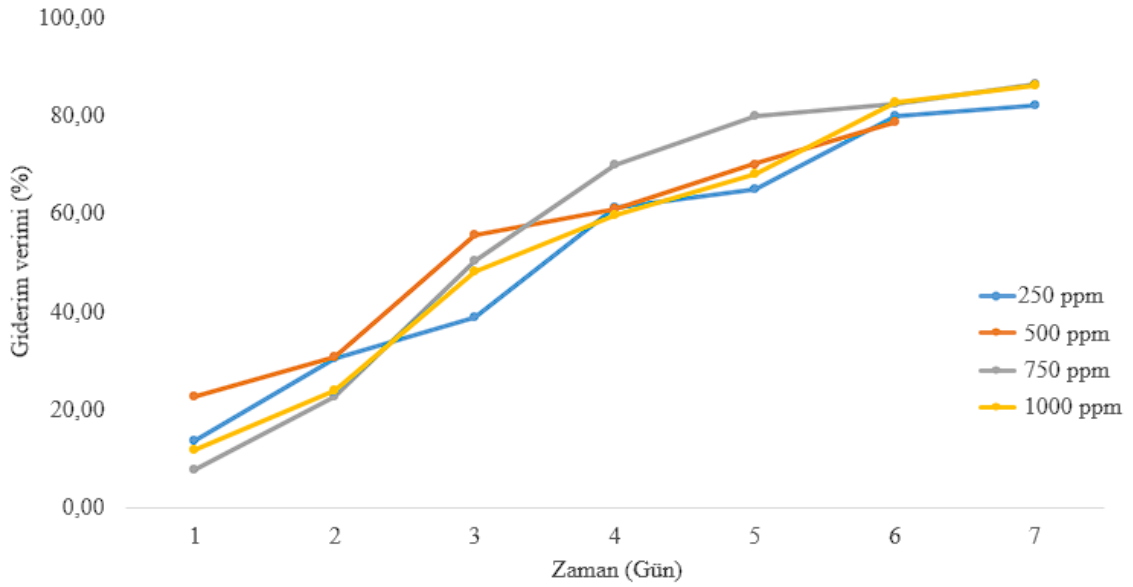


Şekil 3.6. *P. frequentans* nın gösterdiği TOK azalış verimi



Şekil 3.7. *P. frequentans* nın gösterdiği konsantrasyon bazında TOK azalışı

P. frequentans Giderim Verimi (TOK)



Şekil 3.8. *P. frequentans* ın gösterdiği TOK azalış verimi

P. jensenii ve *P. frequentans* türlerinin ayrı ayrı biyoremediasyon performans verimleri kurulan sistemde 5, 5, 6 ve yine 6. günlerin sonunda sırasıyla *P. jensenii* mikroorganizması için %64, 68, 86 ve 88’ dir. Buna göre en iyi giderim verimi 6. Günü sonunda 750 ppm konsantrasyonunda 2872 ppm KOİ değerinden 340 ppm’ ye düşerek gerçekleşmiştir. Diğer konsantrasyonlardaki giderim verimleri ise bu parametre için 250, 500, 750 ppm’ de sırasıyla 2200 ppm’ den 980 ppm’ ye doğru düşmüştür.

P. frequentans mikroorganizması için %68, 76, 88 ve 90’ dir. Buna göre en iyi giderim verimi 6. Günü sonunda 1000 ppm konsantrasyonunda 3446 ppm KOİ değerinden 350 ppm’ ye düşerek gerçekleşmiştir.

Toplam Organik Karbon (TOK) parametresindeki düşüş göz önüne alındığında, hem zamanlama hem de giderim verimleri açısından Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ile çarpıcı farklılıklar gözlemlenmektedir. Bu temel farklılık, KOİ’nin TOK’dan daha büyük olmasıdır. Genel olarak bilinir ki, KOİ, organik materyalin (bu durumda hem pestisitler hem de besi yerinden gelen organik yükü temsil eder) kimyasal olarak ayrıştırılması için gerekli olan enerji miktarını belirler. TOK, öte yandan, sistemde pestisitler ve mikroorganizmaların bulunduğu besi yerinden kaynaklanan tüm karbon içerikli maddeleri kapsar.

P. jensenii türünün 250, 500, 750 ve 1000 ppm Fluopyram herbisitinde 5., 7., 7., ve 4. günlerin sonunda sergilediği biyoremediation performansı görülmektedir. Bunun sonucunda giderim miktarları ve verimi 750ppm de 2872 ppm'den 340 ppm'ye (%88 verim) ile en yüksek verim elde edilmiştir.

Ayrıca, sistemde *P. frequentans* türü, belirli herbisit 250, 500, 750 ve 1000 ppm'lik konsantrasyonlarında, 5., 6. 7. ve tekrar 7. günlerin sonunda sırasıyla %45, 81, 88 ve 90 giderim verimlerine ulaşmıştır. TOK değerlerini 90 ppm'ye düşürmüştür. Bu sonuçlara dayanarak, en iyi TOK gideriminin *P. frequentans* türü için 7. günde %90'lık verimle 3200 ppm'den 300 ppm'ye düştüğü görülmüştür.

3.1.2. Gerçek giderim verimleri

Gerçek verim ise sadece pestisite ait olan KOİ ve TOK değerlerindeki azalıştır. Pestisit 375, 500, 750 ve 1000 ppm' deki KOİ ve TOK değerleri Tablo 3.1.' de sunulmakla beraber; çalkalamalı kültür koşullarındaki sadece pestisite ait gerçek giderim verimleri gerek konsortiumun gerek mikroorganizmaların biyoremediasyon faaliyetleri sonuçlarına ilişkin KOİ parametresine ait olanlar şekil 3.13- 3.15 arasında, TOK parametresine ait olanlar ise şekil 3.16- 3.18 arasında verilmiştir.

Gerçek verim, yalnızca pestisite bağlı Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Toplam Organik Karbon (TOK) değerlerindeki azalışı ifade eder. Pestisitlerin 250, 500, 750 ve 1000 ppm'lik KOİ ve TOK değerleri Tablo'da belirtilmiştir. Bunun yanı sıra, çalkalamalı kültür koşullarında yalnızca pestisite ait olan gerçek giderim verimlerini mikroorganizmaların biyoremediation faaliyetlerinin sonuçlarına göre değişimini göstermektedir.

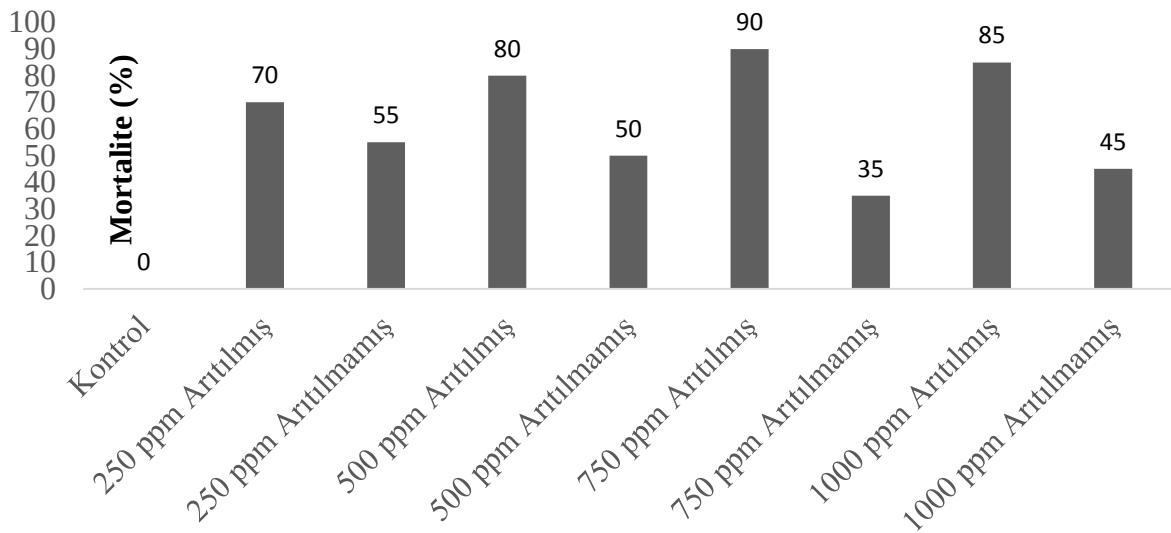
Tablo 3.1. Fluopyram' nin çalışılan konsantrasyonlardaki KOİ ve TOK değerleri

Çalışılan konsantrasyon (ppm)	KOİ (ppm)	TOK (ppm)
250	1100	980
500	1220	1080
750	1840	1760
1000	2120	1880

P. jensenii ve *P. frequentans*

3.2. Mortalite sonuçları

Mortalite oranlarını 96 saatlik süre sonunda değerlendirdiğimizde; 250 ppm'deki arıtılmış ve arıtılmamış ortamlarda mortalite oranlarının sırasıyla %70 ve %55 olduğunu görüyoruz. 500 ppm'lik arıtılmış ve arıtılmamış ortamlarda bu oranlar sırasıyla %80 ve %50'e çıkar. 750 ppm'lik arıtılmış ve arıtılmamış ortamlarda mortalite oranları sırasıyla %90 ve %35'tir. Son olarak, 1000 ppm'lik arıtılmış ve arıtılmamış ortamlarda bu oranlar sırasıyla %85 ve %45 olarak belirlenmiştir. Bu bulgulara göre, en yüksek mortalite oranı, %90 ile arıtılmış 750 ppm uygulama grubunda görülürken; en düşük mortalite oranı ise %35 ile 750 ppm'lik arıtılmamış uygulama grubunda tespit edilmiştir. Artan konsantrasyonlara bağlı olarak, mortalite oranlarının arıtılmış ortamlarda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, pestisitlerin parçalandıktan sonra ortaya çıkan yan ürünlerinin toksik etkilerinden kaynaklandığı düşünülebilir. Kontrol grubunda herhangi bir mortalite oranı gözlemlenmemesi, deneyde kullanılan test organizmalarının yaşam koşulları ve popülasyon sağlığının sağlam olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.9. Mortalite sonuçlarının arıtılmış ve arıtılmamış ortamlardaki oranları

Pestisitlerin biyolojik ayrışması, pestisit kalıntıları, uygulama süresi ve mikroorganizmaların etkinlikleriyle ilişkilidir. Ergüven ve Yıldırım (2019), *Methylobacterium radiotolerans* ve *Microbacterium arthrosphaerae* suşlarının İmidakloprid biyoremediationunu 18 gün sonunda tamamladıklarını belirtmişlerdir.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) parametresi, 20, 40 ve 80 ml bakteri konsorsiyumu ile sırasıyla %52, %96 ve %99 olarak belirlenirken, 5 günlük Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) oranları aynı dönemde sırasıyla %88, %79 ve %50 olarak kaydedilmiştir.

Birçok araştırmacı, belirli mikroorganizmaların pestisitlere karşı tolerans geliştirebildiğini savunmaktadır. Başka bir çalışmada, *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. melitensis*, *K. türleri*, *P. aeruginosa*, *P. fluorescens* ve *S. marcescens*'in üç hafta sonra tortul bir ortamda tek karbon kaynağı olarak klorpirifosun %46-72'sini parçalayabildikleri bulunmuştur (Lakshmi ve ark., 2008). Başka bir biyoremediation çalışması, kalıcı organik kirleticiler üzerinde hareketsizleştirilmiş *Candida tropicalis* tarafından yürütülmüştür ve bu çalışmada da zamanla doğru orantılı bir biyoremediation oranı saptanmıştır (Basak ve ark., 2014).

Biyoreaktörlerde bakteri suşlarının biyoremediation faaliyetlerinin süresince aktif kalabildiği anlaşılmıştır (Lin ve ark., 2015). Bu, biyoremediationun çevresel kirliliği azaltmak için etkin ve alternatif bir yöntem olabileceğini göstermektedir. Pestisitlerin toksik etkilerinin azaltılmasında mikroorganizmaların kullanılması önerilmektedir. Pestisitlerin alıcı ortamlara salındıktan sonra, onların kontamine alanlara yaptığı olumsuz etkiler BOİ₅ ve KOİ gibi çevresel parametrelerle de araştırılabilir.

Bu tez çalışması, tarım topraklarından elde edilen bakterilerin kullanılmasını konu almaktadır. Geçmişte pek çok araştırmada, pestisit üreten şirketlerin aktif çamurundan izole edilen mikroorganizmalar kullanılmıştır. Ancak bu çalışma, diğerlerinden farklı olarak, mikroorganizmaların doğrudan tarım alanlarından izole edilmiş olmasını içerir. Bu, tarımsal ortamların pestisitlere maruz kaldığı gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, bu mikroorganizmaların pestisitlere olan dayanıklılığının ve biyoremediation kapasitelerinin doğal olarak daha yüksek olabileceği anlamına gelebilir. Bu nedenle, bu çalışma tarım alanlarından elde edilen mikroorganizmaların biyoremediation potansiyelini daha iyi anlamak için önemli bir adım olabilir.

Biyoremediasyon sürecinde herbisit kalıntılarının giderimi, mikroorganizmanın faaliyetlerine ve besin ihtiyaçlarına bağlıdır (Field ve ark., 1995; Ergüven ve Yıldırım, 2016). *Penicillium* türlerinin herbisitler ve benzeri mikro kirleticiler üzerinde metabolik aktivite gösterdiği ve bu kimyasalların toksik etkilerini 15 gün içinde %76 ve 30 gün içinde %94 oranında lignin yıkımı yoluyla hafiflettiği gösterilmiştir (Siripong ve ark., 2009). Literatürde, karışık bakteri popülasyonunun kullanıldığı aerobik ve anaerobik tesislerdeki çalışmalarda, endosülfanın %96'ya kadar biyolojik parçalanma kapasitesine sahip olduğu belgelenmiştir (Kumar ve Philip, 2006).

Góngora-Echeverría ve arkadaşları (2020) saf suşlar ve mikrobiyal konsorsiyumlarda glifosatın biyodegradasyonunu incelemiştir. Bu çalışmalar, kirli tarım topraklarının biyoremediasyonu için aşılama metodunun etkili olduğunu göstermiştir. *Pseudomonas nitroreducens*, *Ochrobactrum* sp. B18 ve *Pseudomonas citronellolis* suşu ADA-23B konsorsiyumu kullanılarak tarım alanlarında glifosat herbisitinin %90'dan fazla giderimi sağlanabilmiştir. Ergüven ve Yıldırım (2016) klorsülfüron herbisitinin biyoremediasyon oranını araştırmış ve KOİ'yi azaltma kapasitesini değerlendirmişlerdir. *B. simplex*, *B. muralis*, *M. luteus*, *M. yunnanensis* ve *C. tetani* suşlarının 4.5 gün içinde %70 ila %93 oranında giderim sağladığı tespit edilmiştir.

Belal ve Elkhateeb (2014), pendimethalinin biyoremediasyonu üzerine bir çalışma yürütmüş ve bu süreci *Pseudomonas putida* bakteri türü ile incelemiştir. Bu bakterinin, bir ay içinde 100 µg/ml konsantrasyonundaki pendimethalinin tamamını giderdiği belirlenmiştir. Daha sonra yine Belal ve Elkhateeb (2014) *Phanerochaete chrysosporium* ile gerçekleştirdikleri bir başka çalışmada 100 ppm konsantrasyondaki pendimethalinin %56 oranında uzaklaştırıldığını belirlemişlerdir. Bu işlem 7 gün sonunda %75, 14, 21 ve 28 gün sonunda ise %85 ve %95 oranında giderim başarısına ulaşmıştır.

Williams ve arkadaşları (2000) herbisitlerin geniş çaplı kullanımının, hedef olmayan türler üzerindeki toksik potansiyelini değerlendirmeyi zorunlu kıldığını belirtmiştir. *Daphnia* türlerinin zehirli kimyasallara karşı diğer canlılara göre daha hassas olduğu bilinmektedir. Bu hassasiyet, ilgili sodyum kanalının duyarlılığının artması, vücut boyutunun küçük olması ve metabolik hızdaki değişikliklerle ilişkilidir (Korkmaz ve ark., 2021).

Daphnia'nın kontaminasyon düzeyi ve maruz kalma süresine bağlı olarak toksik maddelere verdiği yanıt değişir (Ren ve ark., 2009). *Daphnia*'nın genç yavrularının, yetişkinlere kıyasla toksik kirleticilere daha hassas olduğu rapor edilmiştir (Hanazato, 1991). *Daphnia*, direkt olarak gelen atık suları arıtamaz, ancak, teorik olarak, *Daphnia*'nın oksijen tükenmesi sonucu büyüme inhibisyonu yaşayabileceği belirtilmiştir (Pous ve ark., 2020). Bu nedenle, bu çalışmada 10-15 günlük *D. magna* kullanılmıştır.

Pyroxasulfone'un biyolojik olarak bozunmaması, yüksek giderim verimliliği sağlayan ortamlarda ölüm oranlarının artmasına yol açabilir. Aghoghovwia ve Izah (2018), çevresel toksik maddelerin *D. magna*'nın çeşitli organlarını veya sistemlerini etkileyebileceğini bildirmiştir. Colomer et al. (2019) *Daphnia magna*'nın, gıda konsantrasyonlarının biyolojik bozunma kapasitelerini sınırlamadığı durumlarda, yabancı

maddelere maruz kaldığında sakin koşullara göre daha uzun süre hayatta kalabildiğini belirtmiştir.

Mortalite testlerinin sonuçları, özellikle *S. pseudosanguinis* bakteri izolatının herbisitlerin detoksifikasyonunda oldukça etkin olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde, Zhao ve arkadaşları (2015), *Pseudomonas* spp. GA09, GA07 ve GC04 suşlarının, glifosata karşı biyodegradasyon kabiliyetlerini incelemişler ve bu suşların glifosatın biyoremediasyonunda oldukça etkili olduğunu belirlemişlerdir.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, tarım alanlarında belirlenen güvenli konsantrasyonlarla kullanılan fluopyram herbisitinin, *P. jensenii* ve *P. frequentans* türü mikroorganizmalar ile gerçekleştirilen biyoremediasyonu ve bu bakterilerin konsorsiyumlarını kullandığımızda nasıl bir etkiye sahip olduğunu araştırmaktadır. Ayrıca, çalışmamızda p fluopyram'ın biyolojik olarak arıtılmış ve arıtılmamış hallerinin *Daphnia magna* üzerindeki ölüm oranlarını değerlendirmekteyiz.

Bu çalışma, tarım sektöründe fluopyram kullanımı sıklığı olan veya kullanmayı düşünen çiftçilere, herbisit kalıntılarını ortadan kaldırmak için bir yöntem önerisi sunmaktadır. Ayrıca, bu biyoremediasyon sürecini izlemek için yüksek maliyetli kromatografik yöntemler yerine KOİ ve TOK kullanılmıştır.

Elde edilen bulgular, *P. jensenii* ve *P. frequentans* türlerinin herbisiti başarıyla giderme kapasitelerini ve bunların konsorsiyumlarının da etkin olduğunu ortaya koymaktadır, bu nedenle bu bakterilerin kullanımı önerilmektedir. Ölüm oranlarına bakıldığında, biyolojik bozunmanın en fazla olduğu ortamlarda görülen yüksek mortalite oranları, herbisit bozunma ürünlerinin *Daphnia magna* üzerinde toksik etkileri olduğunu düşündürmektedir. Bu nedenle, biyoremediasyon çalışmalarının yanı sıra, herbisitlerin bozunma ürünlerinin de incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKÇA

- Aktar, W., Sengupta, D., Chowdhury, A.,** 2009. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary toxicology*, 2(1), pp.1-12.
- Alavanja, M. C., Hoppin, J. A., Kamel, F.** 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annual Review of Public Health*, 25, 155-197.
- Alexander, M.,** 1999. Biodegradation and Bioremediation. Academic Press.
- Arias-Estevez, M.,** 2008. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, Ecosystems ve Environment*, 123(4), 247-260.
- Atlas, R.M., Bartha, R.,** 1998. Microbial Ecology: Fundamentals and Applications.
- Atlas, R.M., ve Hazen, T.C.,** 2011. Oil biodegradation and bioremediation: a tale of the two worst spills in US history. *Environmental Science ve Technology*, 45(16), 6709-6715.
- Atlas, R.M., Philp, J.,** 2005. Bioremediation: Applied Microbial Solutions for Real-World Environmental Cleanup. ASM Press.
- Bates, Jennifer M.; Mittge, Erika; Kuhlman, Julie; Baden, Katrina N.; Cheesman, Sarah E.; Guillemin, K.,** 2006. "Distinct signals from the microbiota promote different aspects of zebrafish gut differentiation". *Developmental Biology*. 297 (2): 374–386. doi:10.1016/j.ydbio.2006.05.006. PMID 16781702.
- Battaglin, W.A.,** 2014. Potential interactions among disease, pesticides, water quality and adjacent land cover in amphibian habitats in the United States. *Science of The Total Environment*, 490, 1101-1110.
- Baudoin, W., Nono-Womdim, R., Lutaladio, N., ve Hodder, A.,** 2014. Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops: Principles for Mediterranean Climate Areas. FAO.
- Benbrook, C.M.,** 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 1-15.
- Bianchini, A., Wood, C.A.,** 2002. Physiological effects of chronic silver exposure in *Daphnia magna* Comparative. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol.* 133: 137–145.
- Bioremediation approaches for organic pollutants: A critical perspective.** *Environment International*, 37(8), 1362-1375.
- Boutin, C., Strandberg, B., Carpenter, D., Mathiassen, S. K., Thomas, P. J.,** 2014. Herbicide impact on non-target plant reproduction: What are the toxicological and ecological implications?. *Environmental Pollution*, 185, 295-306.
- Cairns, J., Niederlehner, B. R.,** 1987. Problems associated with selecting the most sensitive species for toxicity testing. *Hydrobiologia*, 153(1), 87-94.

- Canton, J.H., Adema, D.M.M.,** 1978. Reproducibility of short-term and reproduction toxicity experiments with *Daphnia magna* and comparison of the sensitivity of *Daphnia magna* with *Daphnia pulex* and *Daphnia cucullata* in short-term experiments. *Hydrobiologia*, 59:135-140.
- Carson, R.** 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin Harcourt.
- Casida, J. E., Durkin, K. A.,** 2013. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual review of entomology*, 58, 99-117.
- Colbourne, J.K.,** 2011. The Ecoresponsive Genome of *Daphnia pulex*. *Science*, 331(6017), 555-561.
- Collee, J.G., Fraser, A.G., Marmion, B.P., Simmons, A. (eds.),** 1996. Mackie ve McCartney Practical Medical Microbiology (14th ed.). Churchill Livingstone. consortia. *Antonie Van Leeuwenhoek* 67, 47–77
- Cunningham, C. J., Berti, W. R.,** 1993. Remediation of contaminated soils with green plants: an overview. *In Vitro Cellular ve Developmental Biology - Plant*, 29(4), 207-212.
- Damalas, C.A., Eleftherohorinos, I.G.,** 2011. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419.
- Decaestecker, Ellen; Gaba, Sabrina; Raeymaekers, Joost A. M.; Stoks, Robby; Kerckhoven, Liesbeth Van; Ebert, Dieter; Meester, Luc Di.,** 2007. "Host–parasite 'Red Queen' dynamics archived in pond sediment". *Nature*. 450 (7171): 870–873. doi:10.1038/nature06291. PMID 18004303. S2CID 4320335.
- Del Rey, J.C., Lizana, A.R., Agüera-Vega, J., Ruiz, M.P.,** 2013. Field sprayer for inter and intra-row weed control: Performance and labor savings. *Span. J. Agric. Res.* , 11: 642–651.
- Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, J. M.,** 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106.
- Dethlefsen, Les; McFall-Ngai, Margaret; Relman, David A.,** 2007. "An ecological and evolutionary perspective on human–microbe mutualism and disease". *Nature*. 449 (7164): 811–818. doi:10.1038/nature06245. PMID 17943117. S2CID 1106834.
- Dodson, S.,** 2005. Introduction to Limnology. McGraw-Hill.
- Duke, S.O.,** 2012. Why have no new herbicide modes of action appeared in recent years? *Pest management science*, 68(4), pp.505-512.
- Ebert, D.,** 2011. "A Genome for the Environment". *Science*. 331 (6017): 539–540.
- Erguven, G.O., Yildirim, N.,** 2016. Efficiency of some soil bacteria for chemical oxygen demand reduction of synthetic chloresulfuron solutions under agiated culture conditions. *Cell. Mol. Biol.* 62, 92–96.

- Ergüven, G.O., Yildirim, N.,** 2019. The evaluation of imidacloprid remediation in soil media by two bacterial strains. *Curr Microbiol* 76(12):1461–1466
- Ergüven, G. Ö.,** 2017. Role of Some Selected Fungi Cultures on Bioremediation of Herbicide Chlorsulfuron. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14 (02):110-118.
- Everts, S.,** 1997. A Brief History of Insect Control. Science History Institute.
- Field, J.A., Stams, A.J.M., Kato, M., Schraa, G.,** 1995. Enhanced biodegradation of aromatic pollutants in cocultures of anaerobic and aerobic bacterial
- Foley, J.A.,** 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337-342.
- Forbes, B.A., Sahm, D.F., Weissfeld, A.S.,** 2007. Bailey ve Scott's Diagnostic Microbiology (12th ed.). Mosby Elsevier
- Freese, Heike M., Schink, B.,** 2011. "Composition and Stability of the Microbial Community inside the Digestive Tract of the Aquatic Crustacean *Daphnia magna*". *Microbial Ecology*. 62 (4): 882–894.
- Frisvad, J.C., Samson, R.A.,** 2004. Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*: A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins.
- Frutos FJG, Pe'rez R, Escolano O, Rubio A, Gimeno A, Fernandez MD.,** 2012. Remediation trials for hydrocarbon-contaminated sludge from a soil washing process: Evaluation of bioremediation technologies. *Journal of Hazardous Materials*. 199:262-271.
- Gadd, G. M.,** 2009. Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment. *Journal of Chemical Technology ve Biotechnology*, 84(1), 13-28.
- Gadd, G.M.,** 2001. Microorganisms and heavy metal toxicity. *Microbial Ecology*, 41(4), 303-309.
- Godfray, H.C.J.,** 2010. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*, 327(5967), 812-818.
- Góngora-Echeverría, V.R., García-Escalante, R., Rojas-Herrera, R., Giacomán-Vallejos, G., Ponce-Caballero, C.,** 2020. Pesticide bioremediation in liquid media using a microbial consortium and bacteria-pure strains isolated from a biomixture used in agricultural areas. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 200, 110734
- Gueidan, C., Villaseñor, C.R., De Hoog, G.S., Gorbushina, A.A., Untereiner, W.A., Lutzoni, F.,** 2008. A rock-inhabiting ancestor for mutualistic and pathogen-rich fungal lineages. *Studies in Mycology*, 61, 111-119.
- Guo, Y., Cheng, L., Long, W., Gao, J., Zhang, J., Chen, S., Pu, H., Hu, M.,** 2021. Synergistic mutations of two rapeseed AHAS genes confer high resistance to sulfonylurea herbicides for weed control. *Theor. Appl. Genet.*, 133:2811–2824.

- Hanazato, T.**, 1991. Effects of long-and short-term exposure to carbaryl on survival, growth and reproduction of *Daphnia ambigua*. *Environ. Pollut.* 74, 139–148.
- Haug, R. T.** 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis Publishers.
- Hill, J.**, 2006. Impacts of terrestrial weeds on primary production. *New Zealand Plant Protection*, 59, 284-291.
- Hocking, A.D., Pitt, J.I.**, 1980. Dichloran-glycerol medium for enumeration of xerophilic fungi from low-moisture foods.
- Houbraken, J., Samson, R.A.**, 2011. Phylogeny of *Penicillium* and the segregation of Trichocomaceae into three families. *Studies in Mycology*, 70(1), 1-51.
- Howell, C.**, 2015. *The Wines of Burgundy*. University of California Press.
- Jacobsen, C.S., Hjelmsø, M.H.**, 2014. Agricultural soils, pesticides and microbial diversity. *Current Opinion in Biotechnology*, 27, 15-20.
- Jump up to:a b De Stasio, Bart T. J; Nibbelink, N.; Olsen, P.**, 1993. "Diel vertical migration and global climate change: a dynamic modeling approach to zooplankton behavior". *Verh. Internat. Verein. Limnol.* Archived from the original on 24 April 2016. Retrieved 2 March 2016.
- Jump up to:a b Horton, P. A.; Rowan, M.; Webster, K. E.; Peters, R. H.**, 1979. "Browsing and grazing by cladoceran filter feeders". *Canadian Journal of Zoology*. 57 (1): 206–212. doi:10.1139/z79-019. ISSN 0008-4301.
- Koch, H., Schmid-Hempel, P.**, 2011. "Socially transmitted gut microbiota protect bumble bees against an intestinal parasite". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 108 (48): 19288–19292.
- Kogan, M.**, 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annu. Rev. Ent*
- Krieger, R., Doull, J., Ecobichon, D., Goldstein, B.**, 2001. *Handbook of Pesticide Toxicology*. Academic Press.
- Kumar, JIN., Bora, A., Kumar, RN.**, 2013. Toxicity analysis of pesticides on cyanobacterial species by 16S rDNA molecular characterization. *Proceedings of the International Academy*.
- Lakshmi CV, Kumar M, Khanna, S.** 2008. Biotransformation of chlorpyrifos and bioremediation of contaminated soil. *Int Biodeterioration Biodegradation* 62(2):204–209
- Lampert, W.**, 2011. *Daphnia: Development of a Model Organism in Ecology and Evolution*. International Ecology Institute.
- Lederberg, J., McCray, AT.**, 2001. "'Ome Sweet 'Omics—a genealogical treasury of words". *Scientist*. 15: 8.
- Lilius, H., Isomaa, B. , Holmström, T.**, 1994. A comparison of the toxicity of 50.

- Lin J, Gan L, Chen Z, Naidu, R.,** 2015. Biodegradation of tetradecane using *Acinetobacter venetianus* immobilized on bagasse. *Biochem Eng J* 100:76–82
- Little, T. J.; Chadwick, W.; Watt, K.,** 2008. "Parasite variation and the evolution of virulence in a *Daphnia*-microparasite system" (PDF). *Parasitology*. 135 (3): 303–308..
- Lowder, S.K., Skoet, J., Raney, T.,** 2016. The Number, Size, and Distribution of Farms, Smallholder Farms, and Family Farms Worldwide. *World Development*, 87, 16-29.
- Lyratzopoulos, G., Ellis, M., Nerringer, R., Denning, D.W.,** 2002. Invasive infection due to *Penicillium* species other than *P. marneffei*.
- Mackenzie, D.W.R.,** 2002. Sabouraud agar. In: Mackenzie, D.W.R. (ed.), *Fundamental Medical Mycology*. Wiley-Blackwell.
- Mackenzie, D.W.R.,** 2002. Sabouraud agar. In: Mackenzie, D.W.R. (ed.), *Fundamental Medical Mycology*. Wiley-Blackwell.
- Macpherson, Andrew J.; Harris, Nicola L.,** 2004. "Opinion: Interactions between commensal intestinal bacteria and the immune system" (PDF). *Nature Reviews Immunology*. 4 (6): 478–485.
- Madsen, E.L.,** 2011. Microorganisms and their roles in fundamental biogeochemical cycles. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(3), 456-464.
- Maila MP, Colete TE.,** 2004. Bioremediation of petroleum hydrocarbons through land farming: Are simplicity and cost-effectiveness the only advantages? Review. *Environmental Science Biotechnology*. 3:349-360.
- Megharaj, M., Ramakrishnan, B., Venkateswarlu, K., Sethunathan, N., Naidu, R.,** 2011. Bioremediation approaches for organic pollutants: A critical perspective. *Environment International* 37(8):1362-1375.
- Metchnikoff, E.,** 1887. "Über den Kampf der Zellen gegen Erysipelkokken. Ein Beitrag zur Phagocytenlehre". *Archiv für Pathologische Anatomie und Physiologie und für Klinische Medizin*. 107 (2): 209–249. Retrieved 2 March 2016.
- Mortensen, D.A.,** 2012. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*, 62(1), 75-84.
- Mostafalou, S., Abdollahi, M.,** 2017. Pesticides: an update of human exposure and toxicity. *Archives of toxicology*, 91(2), 549-599.
- Mrozik, A., Piotrowska-Seget, Z.,** 2010. Bioaugmentation as a strategy for cleaning up of soils contaminated with aromatic compounds. *Microbiological Research*, 165(5), 363-375.
- Naumann, E.,** 1934. "Über die Anwendung von *Daphnia magna* Straus als Versuchstier zur experimentellen Klarlegung der Lebensverhältnisse im Wasser". *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*. 31 (1): 421–431.

- Nester, E. W., Anderson, D. G., Roberts, C. E., Nester, M. T.,** 2014. Microbiology: A Human Perspective. 8th Edition. McGraw-Hill.
- Nielsen, K.F., Mogensen, J.M., Johansen, M., Larsen, T.O., Fris Odds, F.C.,** 1988. Candida and Candidosis: A Review and Bibliography. Bailliere Tindall.
- Nuhoglu, Y.,** 2006. "The accelerating effects of the microorganisms on biodeterioration of stone monuments under air pollution and continental-cold climatic conditions in Erzurum, Turkey," Science of the Total Environment, vol. 364, no. 1–3, pp. 272–283, doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.06.034.
- OECD Guidelines for the Testing of Chemicals,** 2016. Section 2, Test No. 202: Daphnia sp. Acute Immobilisation Test". www.oecd-ilibrary.org. Retrieved.
- OECD Guidelines for the Testing of Chemicals,** 2016. Section 2, Test No. 211: Daphnia magna Reproduction Test". www.oecd-ilibrary.org. Retrieved
- Oerke, E. C.,** 2006. Crop losses to pests. The Journal of Agricultural Science, 144(1), 31-43.
- Önal, S.K.,** 1996. Farklı besi ortamlarının su perisi (*Daphnia magna*) 'nın yaşaması üzerine etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 30s.
- Özdemir A., Ergüven G. O., Adar E., Nuhoglu Y.** 2020. "Investigation on Microbial Biodeterioration of the Stone Monuments in Yıldız Technical University—Yıldız Campus—Istanbul—Turkey," Curr Microbiol, vol. 77, no. 11, pp. 3288–3299,
- Öztürk, S.,** 1990. "Tarım İlaçları", s.174, İstanbul.
- Persoone, G. , Baudo, R., Cotman, M., Blaise, C., Thompson, K., Moreira-Santos, M., Vollat, B., Törökne, A., Han, T.,** 2009. Review on the acute *Daphnia magna* toxicity test – Evaluation of the sensitivity and the precision of assays performed with organisms from laboratory cultures or hatched from dormant eggs. *Knowledge Management Aquatic Ecosystems*, 393(01):29.
- Peterson, M.A., Hulting, A.G.,** 2004. A review of crop losses in relation to weed management in the United States and Canada. Weed Technology, 18, 768-772.
- Pimentel, D.,** 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. Environment, development and sustainability, 7(2), 229-252.
- Pisa, L.W.,** 2015. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. Environmental Science and Pollution Research, 22(1), 68-102.
- Pous, N., Hidalgo, M., Teresa, S., Colomer, J., Colprim, J., Salvadó, V.,** 2020. Assessment of zooplankton-based eco-sustainable wastewater treatment at laboratory scale. Chemosphere 238, 124683
- Powles, S. B., Yu, Q.,** 2010. Evolution in action: plants resistant to herbicides. Annual review of plant biology, 61, 317-347.

- Raskin, I., Ensley, B. D.,** 2000. *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean up the Environment*. John Wiley ve Sons.
- Samson, R.A., Visagie, C.M., Houbaken, J., Hong, S.B., Hubka, V., Klaassen, C.H., Perrone, G., Seifert, K.A., Susca, A., Tanney, J.B., Varga, J., Kocsubé, S., Szigeti, G., Yaguchi, T., Frisvad, J.C.,** 2014. Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. *Studies in Mycology*, 78, 141-173
- Schrage, J., B., Albright, R., Chandi, A.,** 2020. An outlook of FMC's current and future herbicide-resistance management strategies. *Pest Manag. Sci.*, 77: 1559–1563.
- Singh, H., Ward, O.P.,** 2004. *Biodegradation and bioremediation*. Springer Science ve Business Media.
- Sison-Mangus, M. P.; Mushegian, A. A.; Ebert, D.,** 2014. "Water fleas require microbiota for survival, growth and reproduction". *The ISME Journal*. 9 (1): 59–67. doi:10.1038/ismej.2014.116. PMC 4274426. PMID 25026374.
- Stirnadel, Heide A., Ebert, D.,** 1997. "Prevalence, Host Specificity and Impact on Host Fecundity of Microparasites and Epibionts in Three Sympatric *Daphnia* Species". *Journal of Animal Ecology*. 66 (2): 212–222. doi:10.2307/6023. JSTOR 6023.
- Svendsen, Nils; Reisser, Celine M. O.; Dukić, Marinela; Thuillier, Virginie; Ségard, Adeline; Liautard-Haag, Cathy; Fasel, Dominique; Hürlimann, Evelin; Lenormand, Thomas,** 2015. "Uncovering Cryptic Asexuality in *Daphnia magna* by RAD Sequencing". *Genetics*. 201 (3): 1143–1155.
- Tabashnik, B. E., Brévault, T., Carrière, Y.,** 2013. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nature biotechnology*, 31(6), 510-521.
- The NIH HMP Working Group; Peterson, Jane; Garges, Susan; Giovanni, Maria; McInnes, Pamela; Wang, Lu; Schloss, Jeffery A.; Bonazzi, Vivien; McEwen, Jean E.,** 2009. "The NIH Human Microbiome Project". *Genome Research*. 19 (12): 2317–2323.
- Thornton, P.K.,** 2010. *Livestock Production: Recent Trends, Future Prospects*. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2853-2867.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA),** 1995. *Landfarming*. In: *Solid Waste and Emergency Response*.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA),** 2006. *How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Corrective Action Plan Reviewers*. EPA 510-R-04-002.
- Vidali, M.,** 2001. *Bioremediation. An overview*. *Pure and Applied Chemistry*, 73(7), 1163-1172.
- Vogel, T.M.,** 1996. *In situ bioremediation of chlorinated solvents*. *Current Opinion in Biotechnology*, 7(3), 311-317.
- Ware, G. W., Whitacre, D. M.,** 2004. *The Pesticide Book*. MeisterPro.

Zhang, L., (2019). Exposure to glyphosate-based herbicides and risk for non-Hodgkin lymphoma: A meta-analysis and supporting evidence. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 781, 186-206.

