



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKOFİZYOLOJİK ve GENETİK BİR YAKLAŞIM OLARAK
ASİ NEHRİ'NİN FARKLI LOKASYONLARINDA
AĞIR METAL KONSANTRASYONLARINA BAĞLI
SU-TOPRAK-BİTKİ İLİŞKİLERİNİN İNCELENMESİ**

İBRAHİM ERTUĞRUL YALÇIN

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**HATAY
OCAK - 2023**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKOFİZYOLOJİK ve GENETİK BİR YAKLAŞIM OLARAK
ASİ NEHRİ'NİN FARKLI LOKASYONLARINDA
AĞIR METAL KONSANTRASYONLARINA BAĞLI
SU-TOPRAK-BİTKİ İLİŞKİLERİNİN İNCELENMESİ**

İBRAHİM ERTUĞRUL YALÇIN
ORCID:0000-0003-3140-7922

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Danışman
PROF. DR. VOLKAN ALTAY
ORCID: 0000-0003-2450-6914

HATAY
OCAK - 2023

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EKOFİZYOLOJİK ve GENETİK BİR YAKLAŞIM OLARAK
ASİ NEHRİ'NİN FARKLI LOKASYONLARINDA
AĞIR METAL KONSANTRASYONLARINA BAĞLI
SU-TOPRAK-BİTKİ İLİŞKİLERİNİN İNCELENMESİ**

İBRAHİM ERTUĞRUL YALÇIN

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Prof. Dr. Volkan ALTAY danışmanlığında hazırlanan bu tez **04/01/2023** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Volkan ALTAY
Başkan

Prof. Dr. Ahmet İLÇİM
Üye

Prof. Dr. Ayşe YAVUZ KOCAMAN
Üye

Doç. Dr. Neşe YILMAZ
Üye

Doç. Dr. Abdullah ÖZKAN
Üye

Kod No:

Doç. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

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

04/01/2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmzası

İbrahim Ertuğrul YALÇIN

ÖZET

EKOFİZYOLOJİK ve GENETİK BİR YAKLAŞIM OLARAK ASİ NEHRİ’NİN FARKLI LOKASYONLARINDA AĞIR METAL KONSANTRASYONLARINA BAĞLI SU-TOPRAK-BİTKİ İLİŞKİLERİNİN İNCELENMESİ

Asi Nehri 3 farklı ülkeden geçerek Türkiye’den Dünyanın en büyük iç denizine bağlanan önemli bir tatlı su kaynağıdır. Bu çalışmada nehrin Türkiye tarafını kapsayan, 2 yılda 2 farklı vejetasyon dönemi olmak üzere toplam 4 farklı dönemi temsil eden, *Arundo donax* ve *Phragmites australis* bitkileri ile su-toprak-bitki ilişkileri için element konsantrasyonları incelenmiştir. Bu bitkilerin yanında dünyanın en zararlı istilacı türleri arasında gösterilen su sümbülü (*Eichornia crassipes*) bitkisi de değerlendirme kapsamına alınmıştır. Bu tez çalışması ile su ve sediment element konsantrasyonlarının yanında bitki türlerine ait farklı organlarda element dağılımları, biyoakümülyasyon faktörleri ve translokasyon faktörlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu sayede farklı dönemlere ait element birikiminin belirlenmesi ve bu iki bitki türü ile yaşam ortamlarından ağır metallerin uzaklaştırılma performansının da değerlendirilmesi yapılmıştır. İlgili sonuçlar çok değişkenli varyans analizi ve pearson korelasyonu istatistiksel analiz yöntemleri ile desteklenmiştir. Bu çalışmada ayrıca, *A. donax* ve *P. australis*’in bünyelerinde ağır metal varlığı sebebiyle oluşan olası genotoksik etki (bant yoğunluklarındaki değişiklikler, bant kayıpları ve yeni bant oluşumları) seviyelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. ISSR yönteminin uygulamaları ile, ağır metal konsantrasyonlarında akümülatör bir bitki olarak kabul edilebilirliği genetik yaklaşımla ayrıca gösterilmiştir. Araştırmamız, ağır metaller için yüksek birikim yeteneği gösteren sahip olan *A. donax* için Cd, Cr ve Ni ve *P. australis* için Cd, Co, Cu, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinde çok yönlü bir akümülatör olduklarını ortaya çıkarmıştır. *E. crassipes*’de ise, özellikle petiol organlarında ağır metallerin yoğun şekilde biriktiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, biyolojik çeşitliliğin korunması ve ekosistemlerdeki türlerin devamlılığı için ağır metaller ile kirlenmiş suların ve toprakların dekontaminasyonu işlemlerinde ilgili bitki türlerinin kullanılması tarafımızca şiddetle tavsiye edilmektedir.

2023, 156 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, besin elementleri, helofit bitkiler, ISSR, istilacı bitki

ABSTRACT

ECOPHYSIOLOGICAL and GENETIC APPROACH on INVESTIGATION of WATER-SOIL-PLANT RELATIONSHIPS BASED on HEAVY METAL CONCENTRATIONS at DIFFERENT LOCALITIES of the ORONTES RIVER

The Orontes River is an important source of fresh water, passing through 3 different countries and connecting from Türkiye to the world's largest inland sea. In this study, *Arundo donax* and *Phragmites australis* plants collected in 4 different periods corresponding to 2 different vegetation periods in 2 years from the region covering the Turkish side of the river were examined, and the element concentrations in the plants were examined to form water-soil-plant relationships. In addition to these plants, water hyacinth (*Eichornia crassipes*), which is shown as one of the most harmful invasive species in the world, was also included in the evaluation. In this thesis, it was aimed to determine the elemental distributions, bioaccumulation factors and translocation factors in different parts of plant species, as well as water and sediment element concentrations. Thus, the element accumulation levels in the examined plants at different periods were determined, and the performance of removing heavy metals from the living environments with these two plant species was also evaluated. Related results were supported by multivariate analysis of variance and pearson correlation statistical analysis methods. In this study, it was also aimed to evaluate the levels of possible genotoxic effects (changes in band intensities, band losses and new band formations) under the influence of heavy metals in leaves of *A. donax* and *P. australis*. With the applications of the ISSR method, the acceptability of *A. donax* and *P. australis* as an accumulator plant in the presence of heavy metals has also been demonstrated by genetic approach. Our research revealed that *A. donax*, which has high deposition ability for heavy metals, has versatile accumulation ability against Cd, Cr and Ni. In addition, it has been observed that *P. australis* has a significant accumulation ability against heavy metals of Cd, Co, Cu, Ni, Pb and Zn. In addition, intense accumulation of heavy metals was detected, especially in the petiole parts of *E. crassipes*. For this reason, we strongly recommend the use of these plant species in the decontamination of heavy metal-polluted waters and soils for the protection of biological diversity and the continuity of species in ecosystems.

2023, 156 pages

Key Words: Heavy metals, nutrient elements, helophyte plants, ISSR, invasive plant

TEŞEKKÜR

Akademik hayatımın en önemli dönemeçlerinden biri olan Doktora sürecimde danışmanlığımı kabul ederek bana büyük destek veren ve yüksek lisans sürecimdeki değerli danışmanlarım Prof. Dr. Celal YARCI ve Prof. Dr. Göksel DEMİR ile olduğu gibi “ders dışında da öğretme ekolü” ile sadece akademik olarak değil akademiye en iyi şekilde tamamlayan örnek davranışları ve öğütleri ile ilerlememe büyük katkı sağlayan tez danışmanım Prof. Dr. Volkan ALTAY’a teşekkür eder, çalışmalarla ve dualarla hep beraber olabilmeyi dilerim.

Nasip ve kismet kelimelerin tam karşılığı, değerli görüş ve önerileri ile içerik ne olursa olsun desteğini duasını esirgemeyen, akademide yaşadığım zorluklarda direnmemi ve ayakta kalmamı sağlayan, yerleşkeler içi yerleşkeler dışı hep beraber olduğum ve olacağım Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT’e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez sürecim ve öncesinde destekleri ile hiç yalnız bırakmayan, güler yüzüyle hep pozitif enerji veren Doç. Dr. Neşe Yılmaz’a,

Evinin kapısını açan pek çok çalışmada beraber olduğumuz ve olacağımız desteklerini esirgemeyen Dr. Faruk KARAHAN ve değerli eşine,

Benden çok araziye çıkarak destek olmaktan hiç çekinmeyen, zamanını duasını eksik etmeyen Hatay’da hiç yalnız bırakmayan Abdullah ER’e

Laboratuvar çalışmalarında olduğu kadar dışarıda da hep destek olan, özellikle deneylerimin genetik içerikli kısımlarında beni yalnız bırakmayan Aslı HOCAOĞLU-ÖZYİĞİT ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin URAS’a,

Çalışmanın yürütülmesinde manevi desteğini ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. İlhan DOĞAN, Prof. Dr. Münir ÖZTÜRK, Prof. Dr. Lütfi ARDA, Prof. Dr. Murat SARI ve Dr. Öğr. Üyesi Kenan ŞENTÜRK başta olmak üzere değerli hocalarıma ve mesai arkadaşlarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince göstermiş oldukları sabırlı destek, teşvik, ilgi ve hoşgörülerini için beni bu günlere getiren sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

Hiçbir zaman diliminde beni yalnız bırakmayan, geliştiren, büyüten, düzelten ve bundan sonra da her anımda beraber olacağım eşim, huzurum, nefesim Bestenur YALÇIN’a teşekkür ederim. Ben daha çok...

Babacım bu çalışmalar hep senin için, hangi içeriğe merak salıp büyüyeceksin bilmiyorum ama bizlerden çok daha iyi olacaksın Nil YALÇIN. Biz daha çok...

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. <i>Arundo donax</i> L. ve <i>Phragmites australis</i> L.	2
1.2. İstilacı tür <i>Eichornia crassipes</i> Mart.	4
1.3. Bitkiler için Makro ve Mikro Elementlerin Önemi	8
1.3.1. K - Potasyum	8
1.3.2. N - Azot	9
1.3.3. P - Fosfor	9
1.3.4. Ca - Kalsiyum.....	10
1.3.5. Mg - Magnezyum	11
1.3.6. B - Bor	11
1.3.7. Na - Sodyum.....	12
1.4. Bitkiler için Ağır Metallerin Önemi	13
1.4.1. Al – Alüminyum.....	15
1.4.2. Cd - Kadmiyum	16
1.4.3. Co - Kobalt	17
1.4.4. Cr - Krom	18
1.4.5. Cu - Bakır	20
1.4.6. Fe - Demir.....	22
1.4.7. Mn - Manganez.....	23
1.4.8. Ni - Nikel	23
1.4.9. Pb - Kurşun.....	24
1.4.10. Zn - Çinko	26
1.5. ICP-OES ile Element Analizleri.....	27
1.6. ISSR İşaretleyicileri.....	29
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	31
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	34
3.1. Materyal.....	34
3.1.1. Su, toprak ve bitki numunelerinin toplanması ve örnekleme alanı	36
3.2. Yöntem	40
3.2.1. Element ve iyon içeriğinin belirlenmesi.....	40
3.2.2. DNA izolasyonu ve ISSR İşaretleyicileri	45
3.2.3. Veri analizi	49
3.2.4. Saptama ve ölçüm limiti	49
3.2.5. Biyoakümülyasyon ve translokasyon faktörü hesaplaması	49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	51
4.1. Su Numuneleri Element Verileri	52
4.2. Sediment Numuneleri Element Verileri	59
4.3. Bitki Numuneleri Element Verileri	67
4.4. İstilacı Türe Ait Numunelerde Element Verileri	96

4.5. Araştırma Alanının Su-Toprak-Bitki İlişkileri Yönünden Değerlendirilmesi.....	115
4.6. ISSR Analiz Sonuçları ve Ağır Metal Kaynaklı Genotoksisite.....	121
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	128
KAYNAKLAR	130
ÖZGEÇMİŞ	156



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Makro ve mikro elementlerin su, toprak ve bitki için kabul edilen sınır değerleri.....	13
Çizelge 1.2. Ağır metallerin su, toprak ve bitki için kabul edilen sınır değerleri.	27
Çizelge 3.1. Çalışma sürecinde kullanılan kimyasallar ve özellikleri.	34
Çizelge 3.2. Çalışma sürecinde kullanılan cihazlar, özellikleri ve kullanım amaçları. ...	35
Çizelge 3.3. Çalışma kapsamında belirlenen örnekleme yerlerine ait bazı bilgiler.	39
Çizelge 4.1. Elementlerin ICP-OES ile tespiti için doğrulama parametreleri.....	51
Çizelge 4.2. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde sıcaklık ve pH değerleri.	53
Çizelge 4.3. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde iyon konsantrasyonları. .	54
Çizelge 4.4. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Al konsantrasyonları.	54
Çizelge 4.5. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde B konsantrasyonları.	55
Çizelge 4.6. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Ca konsantrasyonları.....	55
Çizelge 4.7. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Cd konsantrasyonları. ...	55
Çizelge 4.8. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Co konsantrasyonları. ...	56
Çizelge 4.9. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Cr konsantrasyonları.	56
Çizelge 4.10. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Cu konsantrasyonları. .	56
Çizelge 4.11. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Fe konsantrasyonları. ..	57
Çizelge 4.12. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde K konsantrasyonları. ...	57
Çizelge 4.13. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Mg konsantrasyonları..	57
Çizelge 4.14. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Mn konsantrasyonları..	58
Çizelge 4.15. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Na konsantrasyonları. .	58
Çizelge 4.16. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Ni konsantrasyonları. ..	58
Çizelge 4.17. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Pb konsantrasyonları. ..	59
Çizelge 4.18. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Zn konsantrasyonları...	59
Çizelge 4.19. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Al konsantrasyonları.	60
Çizelge 4.20. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde B konsantrasyonları.	61
Çizelge 4.21. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Ca konsantrasyonları.	61
Çizelge 4.22. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Cd konsantrasyonları.	62
Çizelge 4.23. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Co konsantrasyonları.	62
Çizelge 4.24. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Cr konsantrasyonları.	62
Çizelge 4.25. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Cu konsantrasyonları.	63
Çizelge 4.26. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Fe konsantrasyonları.	63
Çizelge 4.27. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde K konsantrasyonları.	63
Çizelge 4.28. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Mg konsantrasyonları.	64
Çizelge 4.29. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Mn konsantrasyonları.	64

Çizelge 4.30. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde N konsantrasyonları.	64
Çizelge 4.31. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Na konsantrasyonları.	65
Çizelge 4.32. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Ni konsantrasyonları.	65
Çizelge 4.33. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde P konsantrasyonları.	65
Çizelge 4.34. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Pb konsantrasyonları.	66
Çizelge 4.35. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Zn konsantrasyonları.	66
Çizelge 4.36. <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> için hesaplanan biyoakümülyasyon ve translokasyon faktörleri (BAF ve TF).	67
Çizelge 4.37. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Al konsantrasyonları.	72
Çizelge 4.38. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde B konsantrasyonları.	73
Çizelge 4.39. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Ca konsantrasyonları.	74
Çizelge 4.40. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Cd konsantrasyonları.	75
Çizelge 4.41. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Co konsantrasyonları.	76
Çizelge 4.42. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Cr konsantrasyonları.	77
Çizelge 4.43. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Cu konsantrasyonları.	78
Çizelge 4.44. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Fe konsantrasyonları.	79
Çizelge 4.45. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde K konsantrasyonları.	80
Çizelge 4.46. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Mg konsantrasyonları.	81
Çizelge 4.47. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Mn konsantrasyonları.	82
Çizelge 4.48. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde N konsantrasyonları.	83
Çizelge 4.49. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Na konsantrasyonları.	84
Çizelge 4.50. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Ni konsantrasyonları.	85
Çizelge 4.51. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde P konsantrasyonları.	86
Çizelge 4.52. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Pb konsantrasyonları.	87
Çizelge 4.53. Dört farklı dönemde toplanan <i>A. donax</i> ve <i>P. australis</i> numunelerinde Zn konsantrasyonları.	88

Çizelge 4.54. Su ve sediment örneklerinde belirlenen element konsantrasyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (R^2).	89
Çizelge 4.55. Su ve bitki örneklerinde belirlenen element konsantrasyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (R^2).	90
Çizelge 4.56. Sediment ve bitki örneklerinde belirlenen element konsantrasyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (R^2).	91
Çizelge 4.57. Multivariate analysis of variance (MANOVA) testi Tukey's post-hoc HSD uygulaması ile hesaplanan, lokaliteler için homojen alt kümelerdeki grup ortalamaları.....	92
Çizelge 4.58. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Al konsantrasyonları.	98
Çizelge 4.59. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde B konsantrasyonları.....	99
Çizelge 4.60. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Ca konsantrasyonları.	100
Çizelge 4.61. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Cd konsantrasyonları.....	101
Çizelge 4.62. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Co konsantrasyonları.....	102
Çizelge 4.63. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Cr konsantrasyonları.	103
Çizelge 4.64. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Cu konsantrasyonları.....	104
Çizelge 4.65. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Fe konsantrasyonları.	105
Çizelge 4.66. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde K konsantrasyonları.	106
Çizelge 4.67. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Mg konsantrasyonları.....	107
Çizelge 4.68. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Mn konsantrasyonları.....	108
Çizelge 4.69. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde N konsantrasyonları.	109
Çizelge 4.70. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Na konsantrasyonları.....	110
Çizelge 4.71. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Ni konsantrasyonları.	111
Çizelge 4.72. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde P konsantrasyonları.	112
Çizelge 4.73. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Pb konsantrasyonları.	113
Çizelge 4.74. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> numunelerinde Zn konsantrasyonları.	114
Çizelge 4.75. Kullanılan ISSR primerlerinin baz dizilimleri, baz sayıları, Tm sıcaklıkları ve bağlanma sıcaklıkları.....	122
Çizelge 4.76. L9-Samandağ sahili ve L2-Madenboyu bölgesi lokasyonlarında toplanmış <i>A. donax</i> için ISSR primerleri kullanılarak elde edilen bantların büyüklükleri (baz çifti) ve yoğunlukları (ng).	125
Çizelge 4.77. L1-Demirköprü ve L4-Sanayi bölgesi lokasyonlarında toplanmış <i>P. australis</i> için ISSR primerleri kullanılarak elde edilen bantların büyüklükleri (baz çifti) ve yoğunlukları (ng).	126

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma kapsamında örneklenen bitki türleri. A: <i>A. donax</i> , B: <i>P. australis</i>	3
Şekil 1.2. Çalışma kapsamında örneklenen istilacı tür <i>E. crassipes</i> . A: Birinci yıl bahar dönemi, B: İkinci yıl bahar dönemi, C: Birinci yıl güz dönemi, D: İkinci yıl güz dönemi.	6
Şekil 1.3. İstilacı tür <i>E. crassipes</i> 'e ait bazı lokasyonlardan kesitler.	7
Şekil 3.1. Çalışma kapsamında belirlenen örnekleme yerlerinden görseller. A: Demirköprü, B: Madenboyu, C: Üzümdalı, D: Sanayi, E: Antakya şehir merkezi, F: Değirmenyolu, G: Sinanlı, H: Samandağ girişi, I: Samandağ sahil.	37
Şekil 3.2. Çalışma kapsamında belirlenen örnekleme yerleri. L1: Demirköprü, L2: Madenboyu, L3: Üzümdalı, L4: Sanayi, L5: Antakya şehir merkezi, L6: Değirmenyolu, L7: Sinanlı, L8: Samandağ girişi, L9: Samandağ sahil.....	38
Şekil 3.3. Çalışma kapsamında örneklenen <i>A. donax</i> , <i>P. australis</i> , su ve sediment örneklerinin analize hazırlanması.....	41
Şekil 3.4. Çalışma kapsamında örneklenen <i>E. crassipes</i> örneklerinin analize hazırlanması.	42
Şekil 3.5. Çalışma kapsamında konsantrasyonu belirlenen elementlerin analiz süreci. .	44
Şekil 3.6. Çalışma kapsamında DNA izolasyonu ve ISSR bant profillerinin eldesi süreci.	48
Şekil 4.1. Asi Nehri üzerinde bazı bölgelerde gözlemlenen kanalizasyon çıkışları.	93
Şekil 4.2. Asi Nehri üzerinde bazı bölgelerde gözlemlenen moloz ve çöp atıkları.	94
Şekil 4.3. Asi Nehri'nden tarım arazilerine su transferi için kurulan bazı sistemler.	95
Şekil 4.4. <i>A. donax</i> 'ın ISSR primerleri DNA bölgelerinin jel görüntüleri. A: UBC814. B: UBC826. C: UBC827. D: UBC834.	123
Şekil 4.5. <i>P. australis</i> 'in ISSR primerleri DNA bölgelerinin jel görüntüleri. A: UBC814. B: UBC826. C: UBC827. D: UBC834.....	124

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: derece celsius (santigrat)
%	: yüzde
pH	: power of Hydrogen (hidrojen konsantrasyonunun kologaritması)
kg	: kilogram
g	: gram
mg	: miligram
µg	: mikrogram
L	: litre
mL	: mililitre
µL	: mikrolitre
m	: metre
cm	: santimetre
mm	: milimetre
nm	: nanometre
ppm	: part per million (milyon birimde bir birim)
mg L ⁻¹	: part per million (milyon birimde bir birim)
mg kg ⁻¹	: part per million (milyon birimde bir birim)
ppb	: part per billion (milyar birimde bir birim)
µg L ⁻¹	: part per billion (milyar birimde bir birim)
µg kg ⁻¹	: part per billion (milyar birimde bir birim)
rpm	: rotation per minute (dakikadaki dönme sayısı)
Al	: alüminyum
B	: bor
Ca	: kalsiyum
Cd	: kadmiyum
Co	: kobalt
Cr	: krom
Cu	: bakır
Fe	: demir
K	: potasyum
Mg	: magnezyum
Mn	: mangan
N	: azot
Na	: sodyum
Ni	: nikel
P	: fosfor
Pb	: kurşun
Zn	: çinko
CTAB	: setiltrimetilamonyum bromit

CuSO ₄	: bakır sülfat
EDTA	: etilendiamintetraasetik asit
H ₃ BO ₃	: borik asit
HCl	: hidroklorik asit
HF	: hidroflorik asit
HNO ₃	: nitrik asit
H ₂ SO ₄	: sülfürik asit
MgCl ₂	: magnezyum klorür
Na ₂ SO ₄	: sodyum sülfat
NO ²⁻	: nitrit
NO ³⁻	: nitrat
PO ₄ ³⁻	: fosfat
SeO ₂	: selenyum oksit
TAE	: tris asetat- etilendiamintetraasetik asit
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi
ISSR	: Inter Simple Sequence Repeat (Basit Tekrarlı Diziler Arası)
PCR	: polymerase chain reaction (polimeraz zincir reaksiyonu)
RSD	: relative standard deviation (bağıl standart sapma)
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
bp	: base pair (baz çifti)
DNA	: deoksiribo nükleik asit
LoD	: Limit of Detection (tespit sınırı)
LoQ	: Limit of Quantification (tayin sınırı)
M _A	: Molekül ağırlığı
UV	: ultraviole
<i>p</i>	: olasılık değeri
R ²	: determination coefficient (belirlilik katsayısı)
US EPA	: Environmental Protection Agency of United States
IARC	: International Agency for Research on Cancer
WHO	: World Health Organization
SWQRT	: Surface Water Quality Regulations of Türkiye

1. GİRİŞ

Çevre kirliliği ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için alternatif ve verimli sistemler bulmak amacıyla dünya çapında kapsamlı araştırmalar yürütülmektedir (Lischka ve ark., 2020; Huang ve ark., 2022; Weerahewa ve Dayananda, 2023). Çevre kirliliği halk sağlığı açısından yüksek derece önem arz eden bir konudur, çünkü çevresel matrislerdeki kirleticilerin varlığı, çeşitli insan hastalıklarının başlaması için ciddi bir risk teşkil eder (Petrini ve ark., 2022; Marengo ve ark., 2023). Toprak, hava ve su kirliliği, çevrenin yüksek iyileştirme maliyetleri ve teknolojik sınırlamalar nedeniyle halk sağlığı politikası için gerçek bir zorluktur (Abubakar ve ark., 2022; Abu Salem ve ark., 2022).

Toprak, çeşitli kirleticiler için nihai alıcıyı temsil eder. Toprak kirliliği, doğrudan petrol ve atık su deşarjlarından, gübre ve pestisit kullanımından, organik ve inorganik bileşiklerin kazara veya doğal olarak toprağa karışmasından, ayrıca kuru ve ıslak çökeltme yoluyla aktarılan hava kirleticilerinden kaynaklanmaktadır (Riedo ve ark., 2022; Zhang ve ark., 2022).

Su iyi bir solvent yani çözücü olduğundan organik ve inorganik moleküller ile çevresel kirleticileri çözer. Deniz suyu ve tatlı su ekosistemleri çevresel kirliliğe karşı oldukça hassastır (Zamora-Ledezma ve ark., 2021). Ağır metaller, çevresel kalıcılıkları yüksek, toksik etkili, biyobirikim ve biyomagnifikasyon gösteren türler olduklarından, tarımsal sulama suları başta olmak üzere tüm potansiyel su kütlelerinin ağır metallerle kirlenmesi dünya çapında önemli bir sorundur (Hairom ve ark., 2021; Dione ve ark., 2022). Dünya genelinde hava, su sistemleri ve toprakların kirlenmesine önemli ölçüde neden olmakla birlikte sonuçta bitkilerde metallerin birikimine de neden olmaktadır. Sudaki ve topraktaki yüksek metal konsantrasyonu, toprağın fizikokimyasal özelliklerini değiştirmenin yanı sıra, tarım bitkilerinin üretimini de etkilemektedir (Bhuiyan ve ark., 2021; Liang ve ark., 2023).

Makrofitler, çıplak gözle görülebilecek kadar büyük sucul birincil üreticiler olarak tanımlanırlar (Maredova ve ark., 2021). Uygun temiz su koşullarının korunmasında kilit bir rol oynayan makrofitler, ve bu nedenle su kütlelerinin restorasyonu için de gereklidir (Bai ve ark., 2020). Sulak alan makrofitlerinin, diğer bitki ve hayvan türleriyle karşılaştırıldığında, metal birikimi için daha büyük veya karşılaştırılabilir kapasiteye sahip olduğu bildirilmiştir (Ferreira ve ark., 2022; Xu ve ark., 2022). Su bitkileri

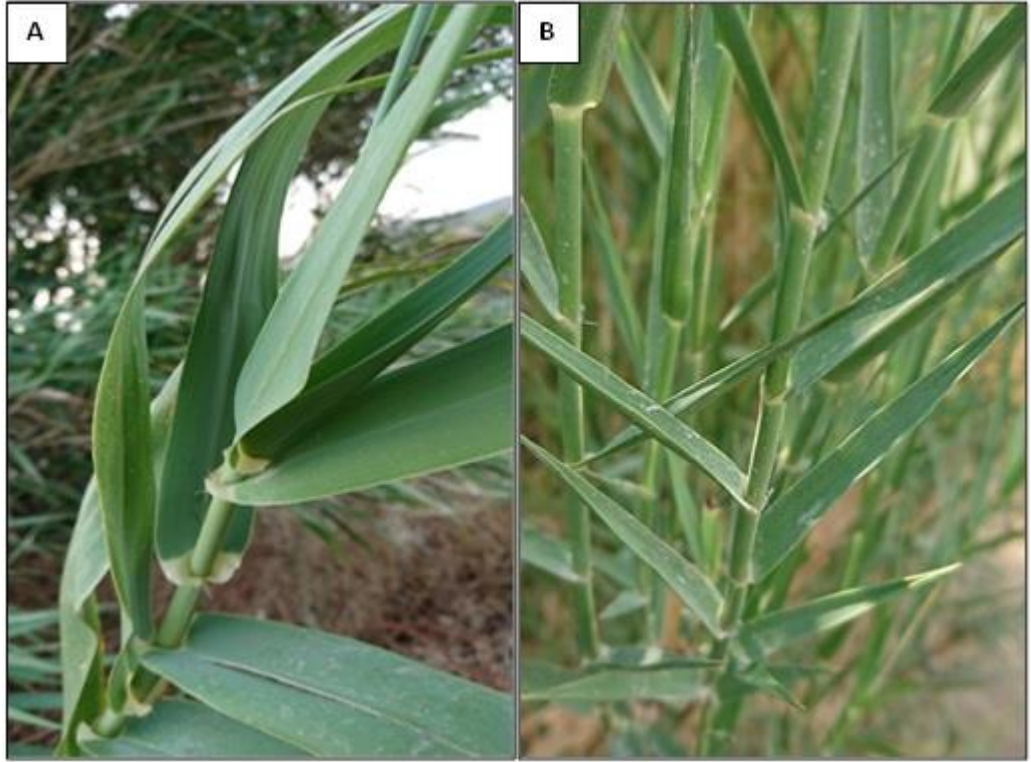
tarafından metal birikimini etkileyen faktörler biyolojik (örneğin tür, yaş, nesil) ve biyolojik olmayan (örneğin sıcaklık, mevsim, tuzluluk, pH, metal konsantrasyonu) şeklinde iki temel başlık altında değerlendirilir (Peng ve ark., 2022; Sentenac ve ark., 2022). Özellikle, makrofitler tarafından metal birikimi, su ve tortudaki metal konsantrasyonlarından etkilenir. Geniş temas alanlarına sahip lifli kök sistemleri nedeniyle, su bitkileri genellikle bitki organlarında çevreleyen sudakinden daha büyük metal konsantrasyonları biriktirme kabiliyetine sahiptir (Eid ve ark., 2019; Nguyen ve ark., 2021). Sudaki makrofitler, metal birikimi için büyük bir kapasiteye sahip olabilir, sudaki büyük metal konsantrasyonlarını tolere edebilir ve metal kontaminasyonu için yerinde biyomonitörler olarak ideal olabilirler. Bununla birlikte, biyolojik izleme için bitki türlerinin seçimi, yerel koşullara ve suda yaşayan makrofitlerin mevcudiyetine bağlıdır (Nabi, 2021; Pasichna ve ark., 2021).

1.1. *Arundo donax* L. ve *Phragmites australis* L.

Poaceae familyası genellikle tek veya çok yıllık otsuların hâkim olduğu monokotil özellik gösteren bitkilerdir (Delplace ve ark., 2020). Bu aileye ait bitkilerin gövdeleri boğumludur (nod) ve boğumlar arası (internode) kısımlarda boşluklar mevcuttur. Yaprakları ise aya, kın ve dalcik (ligula) denilen yapılardan oluşmaktadır. Yapraklar sapsız olup, gövde yaprak kını tarafından sıkıca sarılmıştır. Buğdaygiller ailesinin üyeleri 3 stamen ve 1 pistilden oluşan hermafrodit çiçek yapısına sahip ve nadiren tek eşeylidir. Fırça şeklinde 2 adet stigmaya sahip olan Buğdaygiller ailesinde çiçekler spikula adı verilen özel yapılarda toplanmıştır. Bu familya dünyada yaklaşık 780 cins ve yaklaşık 12.000 türden oluşmaktadır (Danelli ve ark., 2020; Hyun et al., 2020; Peterson ve ark., 2020).

Poaceae familyasının önemli üyelerinden birisi olan *Arundo donax*'ın marjinal arazilerde yetişebilmesi, bu bitkinin geleneksel amaçlara uygun olmayan topraklarda da yetiştirilebileceği anlamına gelmektedir. Bu bitki türü, geleneksel bitkiler (arpa, buğday, yulaf, v.b.) ile karşılaştırıldığında büyük miktarlarda biyokütle üretme potansiyeline sahiptir (Cristaldi ve ark., 2020; Danelli ve ark., 2021). Poaceae familyasına özgü makrofit *A. donax*, Doğu Asya'nın tatlı su bölgelerine özgü, ancak günümüzde dünya çapındaki dağılımı da göz önüne alındığında, alt kozmopolit bir tür olarak kabul edilen çok yıllık rizomlu bir bitkidir (Caparros ve ark., 2022). Akarsular, kanalizasyonlar ve

diğer sulak ve nemli alanlar boyunca büyüyen bir makrofit olup, 2-3cm çapında içi boş gövdeye, 30-60cm uzunluğunda ve 2-6cm genişliğinde alternatif yapraklara, konik uçlara ve tabanda tüylü tutamlara sahiptir (Şekil 1.1.). *Arundo* cinsinin 8m yüksekliğe ulaşabilen en büyük üyesi olup, en hızlı büyüyen bitkiler arasında yer alır, özellikle optimum koşullarda günde 5cm'e kadar büyüyebilir ve 20g'dan fazla toprak üstü kuru biyokütle üretebilir (Acharya ve ark., 2018; Kumar ve ark., 2021). *A. donax*, yüksek ve hızlı biyolojik üretkenliğinin bir sonucu olarak enerji, kağıt hamuru üretimi, biyoyakıtlar ve yapı malzemelerinin yapımı için gereksinimleri karşılayabilen gıda dışı mahsul elde etmek için yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ancak saplı müzik aletleri, köklerinin tıpta kullanımı gibi başka farklı kullanımları da vardır (Barreca ve ark., 2012; Khan ve ark., 2022). Yeniden bitkilendirme yoluyla toprak erozyonu kontrolüne katkı sağlamasının yanında, farklı ekolojik koşullara büyük ölçüde uyum sağlama yeteneği nedeniyle de dünya çapında nehir kıyısındaki habitatlarda yaygın olarak dağılmıştır (Braman ve ark., 2021; Manniello ve ark., 2022).



Şekil 1.1. Çalışma kapsamında örneklenen bitki türleri. A: *A. donax*, B: *P. australis*.

Poaceae familyasının bir diğer üyesi *Phragmites australis*, en yaygın çok yıllık, rizomlu, ve uzun (2.0 - 6.0m) otlardan oluşur (Şekil 1.1.). Bu türün coğrafi dağılımı soğuk ılıman bölgelerden sıcak ve nemli tropiklerin sulak alanlara kadar uzanır (Milke ve ark., 2020; Alvarez-Robles ve ark., 2022). Nehirlerin geçiş bölgeleri (estuarin), büyük göller ve sulak alanlar kamışın en çok tercih edilen habitatları olmasına rağmen, *P. australis* bolca tohum verir ve güçlü bir rizom ve stolon sistemiyle vejetatif olarak yayılır, bu durum doğada kozmopolit olmasını sağlamaktadır (Cuda ve ark., 2021; Higgs ve ark., 2022). *P. australis*'in rekabetçi doğası, bitkinin uyarlanabilir özelliklerini yansıtır. Araştırmalar gösteriyor ki *P. australis* farklı pH, tuzluluk, verimlilik ve tekstüre sahip topraklarda yetişir ve farklı iklim koşullarında da yüksek verim elde edilme potansiyeline sahiptir (Nayak ve ark., 2020; Xie ve ark., 2021).

A. donax ve *P. australis* kontamine arazilerde yetiştirilmesi, daha kaliteli arazilerin mevcudiyetine katkıda bulunabilir ve gıda ile bitki bazlı hammadde tartışmasını sınırlandırabilir. Toprağın yenmeyen bitkiler tarafından sürekli işgali, herhangi bir kentsel veya kentsel alanlara yakın kırsal kesimler için bir kirlilik azaltma biçimi olduğu gibi, aynı zamanda ekolojik yönden bir geçiş alanı ve biyolojik çeşitlilik açısından da gen havuzudur. *A. donax* ve *P. australis*'in fitoremediasyon amacıyla kullanımının arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), cıva (Hg), mangan (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn)'nun giderilmesinde, ayrıca kentsel atık suların, endüstriyel proseslerden gelen sulu çözeltilerin ve genel olarak organik bileşikler içeren atık suların arıtılmasında etkili olduğu pek çok çalışma ile belgelenmiştir (Bonanno, 2013; Rezania ve ark., 2019; Timalina ve ark., 2022).

1.2. İstilacı tür *Eichornia crassipes* Mart.

Su sümbülü (*Eichornia crassipes*), dünyadaki en zararlı istilacı türlerinden birisi olarak kabul edilen, serbest suda yüzen hidrofit bir bitkidir (Deka ve ark., 2022). Birçok ülkede, oval parlak yapraklı, çekici mavi veya mor çiçekleri nedeniyle su kütlelerini süslemek için süs bitkisi olarak kullanılmaktadır (Arivendan ve ark., 2022; Lakhani ve ark., 2022). Amazon havzasında (çoğunlukla Brezilya'da) doğal yayılış gösteren bir bitki türüdür. Amerika'da, Avrupa'da, Asya'da, Afrika'daki yayılışları da dikkate alındığında, dünyanın çoğu yerinde kolaylıkla yetişebilmektedir (Muche ve ark., 2020; Deka ve ark.,

2022). Farklı sucul ortamlara kolaylıkla uyum sağlaması, hızlı büyümesi ve geniş dağılımı nedeniyle dünyanın en istilacı ve zararlı egzotik türlerinden birisi olarak listelenmiştir (Zhang ve ark., 2015; Nwamo ve ark., 2022). Bulunduğu yerlerin çoğunda, su kütleleri için kontrol ve yönetim sınırlarını aşan yüksek yayılımı ve aşırı çoğalması nedeniyle sorun oluşturduğu bildirilmektedir (Şekil 1.2. ve Şekil 1.3.). Yaşamsal aktivite gösterdiği su kütlelerinde ışığı ve çözünmüş oksijeni azaltarak su akışını yavaşlatmakta ve balık türlerinde ölüme neden olmaktadır. Sucul ekosistemlerin yapısını ve işlevini değiştirebilmekte, besin zincirini ve besin döngüsünü bozabilmektedir. Bu istilacı bitki ile ilgili net bir uzaklaştırma mekanizması ve yönteminin olmaması, mekanik toplamalar da geçici bir çözüm olmamaktadır (Degaga, 2018; Karouach ve ark., 2022; Nwamo ve ark., 2022).

E. crassipes'in metanolik ekstraktının fitokimyasal analizinde, başlıca sekonder metabolitlerin alkaloidler, fenolik bileşikler ve terpenoidler olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca bu bitki flavonoidler (luteolin, apigenin, trisin, chrysoeriol, kaempferol, azaeleatin, gossypetin ve orientin), amino asitler (metionin, valin, glutamik asit teonin, triptofan, tirozin, lösin ve lisin), fosfor, protein ve organik madde içermektedir (Hossain ve ark., 2018; Anusiya ve ark., 2020; Rufchaei ve ark., 2022). Organik madde içeriğinin zenginliği ile biyoyakıt olarak kullanımına yönelik çalışılabilir bir bitki türüdür. Hızla çoğalabilen bu tür aynı zamanda, kayda değer ağır metal tutma kapasitesi sayesinde fitoremediasyon için kullanılma potansiyeline sahiptir ve bu özelliğinden yararlanılarak fayda elde edilebilecek bir türdür (Putra ve Hastika, 2018; Hardestyariki ve Fitria, 2022; Petrov ve ark., 2023).



Şekil 1.2. Çalışma kapsamında örneklenen istilacı tür *E. crassipes*. A: Birinci yıl bahar dönemi, B: İkinci yıl bahar dönemi, C: Birinci yıl güz dönemi, D: İkinci yıl güz dönemi.



Şekil 1.3. İstilacı tür *E. crassipes*'e ait bazı lokasyonlardan kesitler.

1.3. Bitkiler için Makro ve Mikro Elementlerin Önemi

Bitkiler, topraktan ve sudan, bazıları bilinen hiçbir biyolojik işlevi olmayan ve bazılarının düşük konsantrasyonlarda toksik olduğu bilinen bir dizi elementi bünyesine alır (Karahana ve ark., 2020; Azad ve ark., 2021). Bitkilerde belirli bir seviyenin üzerinde element alımı kloroz, nekroz ve hücre ölümüne kadar biyokimyasal fonksiyonların değişmesine neden olabilir. Element kompozisyonu, hangi elementlerin bitkide benzer dağılım davranışına sahip olduğunu anlamaya ve biyokimyasal fonksiyonları değiştirmeye yardımcı olabilir (Meguekam ve ark., 2022). Kalsiyum (Ca), potasyum (K), magnezyum (Mg), azot (N) ve fosfor (P) gibi makro elementlere ihtiyaç duyulur ve bitkiler tarafından yüksek miktarlarda alınabilir. Mikro elementler (B, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn) de esansiyeldir ancak bitkide belirli bir seviyenin üzerine çıkıldığında toksik hale gelebilir (Jabborova ve ark., 2021; Majdoub ve ark., 2021). Ek olarak, mekânsal makro ve mikro element dağılımının ayrıntılı bir araştırması ekoloji ve/veya ekofizyoloji çalışmalarında önemli bakış açısı kazandırır.

1.3.1. K - Potasyum

Bitki besin elementleri arasında primer seviyede olan makro elementtir. K içermeyen substratlarla yapılan çok sayıda çözelti kültürü ve saksı deneyleri, bitkilerin K olmadan büyümediğini göstermiştir (Khokhar ve ark., 2022). Bitki tohumlarında K rezervleri tükenir tükenmez bitkiler ölmektedir (Kumari ve ark., 2022). Potasyum iyonları, tek değerlikli katyonik türler tarafından aktive edilebilen çeşitli enzimleri aktive eder. Bitkilerde K eksikliği direkt olarak büyüme geriliği ile anlaşılabilmektedir. İnternodlar arası büyüme hızı doğrudan etkilenmektedir. K noksanlığının ilerlemesiyle, yaşlı yapraklar ilk belirtileri gösterir, çünkü bu koşullar altında K, floem yoluyla yaşlı yapraklardan genç yapraklara ve büyüyen uçlara taşınır. Çoğu bitki türünde, yaşlı yapraklar, yaprak kenarları boyunca, uçlardan başlayarak ve taban yönünde yaprak kenarları boyunca genişleyen küçük şeritler olarak klorotik ve nekrotik belirtiler gösterir (Sidhu ve ark., 2019; Saloner ve Bernstein, 2022). K eksikliğinin ileri bir aşamasında, kloroplastlar ve mitokondri işlevleri geriler. K eksikliği olan bitkiler düşük enerji

statüsüne sahiptir çünkü K, kloroplastlarda ve mitokondride verimli enerji transferi için gereklidir (Sardans ve Penuelas 2021).

1.3.2. N - Azot

Bitki besin elementleri arasında primer seviyede olan makro elementtir. Nitrat ve amonyum bitkiler için başlıca N kaynaklarıdır (Yousaf ve ark., 2021). Topraklarda normal, havalandırılmış koşullar altında, nitrat ana N kaynağıdır. Nitrat bitkilerde kolaylıkla hareket eder ve vakuollerde depolanabilir, ancak nitratın bitkilerde proteinlerin ve diğer organik bileşiklerin sentezinde kullanılabilmesi için amonyuma indirgenmesi gerekir (El Omari ve ark., 2010; Landi ve ark., 2015). Tüm canlı bitki hücreleri, yeşil dokularda fotosentez ve solunumun, köklerde ve yeşil olmayan dokularda ise solunumun enerji ve indirgeyicisini kullanarak nitratı nitrite indirgeme kapasitesine sahiptir. Hayvanlardan farklı olarak bitkiler N'yi bünyesinden atmazlar, proteinlerin ve diğer azotlu bileşenlerin döngüsünde N'yi yeniden kullanırlar (Metsoviti ve ark., 2019; dos Santos ve ark., 2022). Bitkilerden N kayıpları, esas olarak yaprakların düşmesi ile meydana gelir. Bitkilerdeki N'nin büyük kısmı, bitkilerdeki toplam azotun yaklaşık %85'ini içeren proteinlerde bulunur. Nükleik asitler (DNA, RNA) toplam azotun yaklaşık %5'ini içerir ve toplam azotun %5 ila %10'u düşük moleküler ağırlıklı, suda çözünür, çeşitli organik bileşiklerde bulunur (Li ve ark., 2021; Lyu ve ark., 2022). Azot eksikliği tüm bitki organlarının büyümesini kısıtlar. Azot eksikliği olan bir bitki, vejetatif organların sınırlı büyümesi nedeniyle bodur görünmesine neden olabilir. Azot eksikliği olan yapraklarda, genellikle açık yeşil veya soluk sarı renktedir (Leghari ve ark., 2016; Tantray ve ark., 2022).

1.3.3. P - Fosfor

Bitki besin elementleri arasında primer seviyede olan makro elementtir. P, tamamen oksitlenmiş ve hidratlanmış halde ortofosfat olarak kullanılır (Billah ve ark., 2019; Liu, 2021). Bitkiler tipik olarak, yetiştirme ortamının pH'ına bağlı olarak ya $H_2PO_4^-$ ya da HPO_4^{2-} 'yi bünyesine alır. Bununla birlikte, belirli koşullar altında bitkiler, nükleik asitler dahil olmak üzere çözünür organik fosfatları da bünyesine alabilir (Wang ve ark., 2022).

Alınan inorganik P'nin bir kısmı, köklere giriş yaptıktan sonra veya sürgüne taşındıktan sonra hızla organik moleküllere dönüştürülür. Bitkilerdeki fosfat, bitki biyokimyasal süreçlerinde enerji depolama ve transferinde önemli olan suda kararlı anhidritler ve esterler üretir (Da Ros ve ark., 2018; Eldiehy ve ark., 2022). En dikkate değer olanı adenosin difosfat ve trifosfattır (ADP ve ATP). Bir terminal fosfat ADP veya ATP'den ayrıldığında enerji açığa çıkar (Poirier ve ark., 2022). Fosfat moleküllerinin enerji dönüştürücü işlemlerden ATP'ye ve bitkilerde ATP'den enerji gerektiren işlemlere aktarılması fosforilasyon olarak bilinir. Fosfor eksikliği büyümeyi ve olgunlaşmayı engeller veya geciktirir. P eksikliği olan bitkiler genellikle görünüşte bodur olsalar da nadiren diğer bazı besin eksikliklerinin karakteristik belirgin yaprak semptomlarını da sergilerler (de Bang ve ark., 2021; Dong ve ark., 2021). Ayrıca, genellikle diğer besin eksikliklerinin semptomları ile kayda değer bir örtüşme meydana gelebilir. Bitki sapları veya yaprakları bazen koyu yeşildir, sıklıkla kırmızı ve mor renkte olabilir. Sürekli P eksikliği genellikle daha küçük boyutlu meyve ve sınırlı hasat edilebilir sebze kütlesi oluşturmaya neden olacaktır (Schillaci ve ark., 2021; Ahmad ve ark., 2022). P bitkilerde hareketli olduğu için noksanlık halinde yaşlı yapraklardan genç yapraklara kolaylıkla taşınır ve bu durum bazen yaşlı yapraklarda kloroz ve nekroz oluşmasına neden olur (Karthika ve ark., 2020; Abbasi ve ark., 2021).

1.3.4. Ca - Kalsiyum

Bitki besin elementleri arasında sekonder seviyede olan makro elementtir. Kalsiyum iyonları, zar yüzeylerinde fosfolipid, fosfat ve karboksilat gruplarını köprüleyerek zar yapısının korunmasına yardımcı olur (Pathak ve ark., 2020). Bitkiler Ca eksikliği koşulunda yetiştirildiğinde, zarların sızdırdığı ve iyon seçiciliğinin kaybolduğu gözlenmiştir (Rashedy ve ark., 2022). Ca, birincil hücre duvarlarının yapısında önemli bir unsurdur. Birincil hücre duvarında, selüloz mikrofibrilleri, genellikle ksiloglukan polimerleri olan ve ayrıca Poaceae familyası başta olmak üzere ve diğer monokotil bitkilerde de glukoarabinoksilanlar olmak üzere glikanların çapraz bağlanmasıyla birbirine bağlanır (Marcotuli ve ark., 2020; Shahid ve ark., 2020). Sitoplazmada bu elementin konsantrasyonu genel olarak düşüktür. Ca, özellikle vakuolde depolanır ve sitoplazmaya salınabilir. Ca eksikliği olan bitkilerde tipik olarak sürgünlerin üst kısımları

sarı-yeşil ve alt kısımları ise koyu yeşildir. Dokulardaki Ca eksikliği, membran ve hücre duvarı yapısında da genel bir çöküşe neden olarak fenolik öncüllerin sitoplazmaya sızmasına neden olur (Singh, 2020). Etkilenen dokulardaki polifenollerin oksidasyonu, melanin bileşiklerine ve nekroza yol açar. Bu elementin eksikliği ile, hücre duvarlarının ve zarlarının genel olarak parçalanmasına ve mikrobiyal enfeksiyonlara kolaylıkla maruz kalmalarına neden olabilir (Lorrai ve Ferrari, 2021; Dora ve ark., 2022).

1.3.5. Mg - Magnezyum

Bitki besin elementleri arasında sekonder seviyede olan makro elementtir. Mg, klorofil molekülünün bir bileşeni, fosforilasyon ve çeşitli bileşiklerin hidrolizi ile ilişkili birçok enzimatik işlem için bir kofaktör ve çeşitli nükleotitler için yapısal bir stabilizatör olarak bitkilerde önemli fizyolojik ve moleküler rollere sahiptir (Khokhar ve ark., 2022). Mg çeşitli enzimatik reaksiyonlarda bir kofaktör olarak rol alır. Membran kanallarının ve reseptör proteinlerinin düzenlenmesinde, ayrıca DNA ile RNA dizilerinin konfigürasyonlarının stabilize edilmesinde yapısal rol oynar (Tian ve ark., 2021). Mg, klorofil molekülünün ve fotosentez ve solunumla ilişkili enzimatik süreçlerin ayrılmaz bir bileşeni olduğundan, karbon ve enerji dönüşümlerinin asimilasyonu, yetersiz Mg'den doğrudan etkilenecektir (Geng ve ark., 2021; Rodrigues ve ark., 2021). Mg eksikliği, bitki kütleindeki genel artışı baskılayabilir veya özellikle kök veya sürgün büyümesini yavaşlatabilir. Mg eksiklikleri ve toksisiteleri meyve verimini ve kalitesini de düşürebilir (Boaretto ve ark., 2020; Kim ve ark., 2020).

1.3.6. B - Bor

Bitki besin elementleri arasında mikro element olarak sınıflandırılmaktadır. B eksikliği, mahsul veriminde düşüşe neden olabilir, mahsul kalitesini bozabilir. Bazı B eksikliği bozuklukları, doğal bir fizyolojik bozukluk gibi görünmektedir (Saleem ve ark., 2021; Dameto ve ark., 2022). Hatta bu durum B'nin bol miktarda bulunduğu da ortaya çıkmaktadır. Bu bozuklukların, B taşınımı ve dağıtımındaki özelliklerle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bitkilerde B alımını kontrol eden ilk kimyasal süreçler köklerde meydana gelir (Bubarai ve ark., 2017; Mondal ve Bose, 2019). B noksanlığı köklerin

uzamasını ve büyümesini kuvvetle engeller. B eksikliği olan bitkilerde ayrıca protein ve çözünür azotlu bileşikler de azalır. B bitkilerde oksin arzını düzenler (Singh ve ark., 2019). Aşırı oksin aktivitesi, kambiyal hücrelerin aşırı çoğalmasına, hücrelerin hızlı ve orantısız büyümesine ve yakındaki hücrelerin çökmesine neden olur. B'nin tohum üretimindeki rolü o kadar önemlidir ki orta ve şiddetli B noksanlığında, bitkilerde mevcut fonksiyonel çiçek ve tohum oluşturma potansiyelini de etkiler (Mondal ve Bose, 2019; Fatima ve ark., 2021; Galeriani ve ark., 2022).

1.3.7. Na - Sodyum

Bitki besin elementleri arasında mikro element ya da yararlı (ing.: beneficial) element olarak da bilinmektedir. K'nın bitkilerde turgor oluşumundaki rolü, özellikle düşük K konsantrasyonlarında Na ve bir dereceye kadar Ca ve Mg tarafından yerine getirilebilir (Moradi ve ark., 2019; Bhattarai ve ark., 2022). Bitkilerde aşırı Na alınımlı, K, Ca ve Mg alımını sekteye uğratabilir. Na, sitoplazmada yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu toksik etki göstermektedir. Na stresleri altında, yüksek Na konsantrasyonları, pektin ile ilişkili çapraz bağlanmada yer alan Ca ve plazma membran bağlanma bölgelerinde bulunan Ca'nın yerini alabilir, böylece Ca fonksiyonuna müdahale ederek hücre duvarı ve membran kararsızlığına yol açabilmektedir (Shahzad ve ark., 2019; Zahedi ve ark., 2022). Na stresi çeşitli fizyolojik ve metabolik süreçleri etkiler ve stresin boyutuna ve şiddetine bağlı olarak nihayetinde bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler. Yapraklarda kloroz ve nekroz şeklinde kendini gösteren hücrelerde toksik Na^+ ve Cl^- konsantrasyonlarının gözlenmesine neden olan iyonlara özgü etkiler eşlik eder (Chalbi ve ark., 2021; Bhattarai ve ark., 2022; Momenpour ve ark., 2022).

Bu bilgiler kapsamında bazı uluslararası standartlar ve literatürler eşliğinde, makro ve mikro elementler için su, toprak ve bitkilerde kabul edilen sınır değerler Çizelge 1.1.'de sunulmuştur.

Çizelge 1.1. Makro ve mikro elementlerin su, toprak ve bitki için kabul edilen sınır değerleri.

Element	Su için sınır değerleri $\mu\text{g L}^{-1}$	Toprak için sınır değerleri mg kg^{-1}	Bitkiler için sınır değerleri mg kg^{-1}
K	<20000-500000	5000-25000	1000-50000
N	-	0.02-2 (%)	1-6 (%)
P	-	500-50000	1000-10000
Ca	<75000-800000	7000-15000	3000-30000
Mg	<50000-150000	300-8400	100-1000
B	≤ 1000	2-200	3-90
Na	<125000-250000	1000-10000	100-100000
	EPA (2004), SWQRT (2015).	Kabata-Pendias ve Pendias (2001), Barker ve Pilbeam (2015) Can ve ark., 2022.	

1.4. Bitkiler için Ağır Metallerin Önemi

Ağır metaller kalıcı, biyolojik olarak parçalanamayan ve yüksek yoğunluklu elementlerdir ($>5\text{g cm}^{-3}$). İnsanda yutma ve nefes yoluyla vücuda kolaylıkla giriş yapabilir ve böylece bu metaller insan yaşamı için ciddi bir tehdit oluşturabilirler (Mohan ve ark., 2021; Sabir ve ark., 2022). Ağır metaller doğal bileşenler olmasına rağmen, yer kabuğundaki varlığı canlı organizmalar üzerinde eser düzeyde de toksik etkilere neden olabilmektedir. Ağır metaller, hidrokarbonlar ve dioksinler, toprak kalitesinde önemli kayıplara neden olmak üzere toprak ekosistemlerini önemli ölçüde etkileyebilir (Raj ve ark., 2022; Daniel ve ark., 2021; Daniel ve ark., 2022). Toprak kirliliği sorununa gelince, fosfat içeren gübreler, başta Cd olmak üzere tarımsal ekosistemleri kirletmektedir. Diğer ağır metal kaynakları, çöplükler ve kanalizasyon çamuru uygulamalarıdır. Esansiyel olmayan ve bitkiler için toksit etki gösteren ağır metaller arasında arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), kobalt (Co), kurşun (Pb), cıva (Hg), nikel (Ni) ve vanadyum (V) sayılabilirken, bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn) ve çinko (Zn) gibi ağır metaller de esansiyel olarak bitki gelişimi ve metabolizması için önemli ağır metallerde arasında yer alır (Munir et al., 2021; Behera ve ark., 2022). Ağır metaller, uzun süreli veya akut maruziyet sonucunda bitkilerde, hayvanlarda ve insanlarda zararlı etkilere neden olur (Ozyigit ve ark., 2022). Ağır metallerden kaynaklanan toksisite, özellikle endüstriyel, tarımsal, kimyasal, evsel ve teknolojik kaynaklardan ortamlara geniş ölçüde salınması nedeniyle bu metallerin konsantrasyonları artmakta ve bu da su, toprak ve havayı kirletmektedir. Volkanik patlamalar ve denizel hareketler gibi doğal fenomenler de

dünyadaki metallerin doğal döngüselleşmesine önemli katkıda bulunabilir ve antropojenik faaliyetlerin yoğunluğu, emisyonların daha da arttırarak salınım ve taşınma oranının değişmesine neden olurlar (Molina ve Segura, 2021; Yang ve ark., 2022).

Elbette, kirlenmiş toprakta yetiştirilen bitkiler, bazılarının düşük konsantrasyonlarda toksik olduğu bilinen farklı metalleri bünyesine alırlar. Bitkiler besin zincirinin temelini oluşturduğundan, toprağın kalitesi birincil öneme sahiptir (Kayode ve ark., 2021; Wang ve ark., 2023). Ağır metallere karşı toprak ıslahı için geçerli bir çevre dostu yöntem “Biyoremediasyon” olabilir. Biyoremediasyon tekniği, düzenleyici sınırların altındaki konsantrasyonları elde etmek için kontrollü koşullar altında kirleticilerin biyolojik olarak uzaklaştırılmasını veya bozunmasını sağlar (Das ve ark., 2022; Yaashikaa ve ark., 2022). Metaller bozunamaz ve temizleme genellikle pahalı olan, toprak verimliliğini engelleyen ve ekosistem üzerinde olumsuz etkilere neden olan “kaz ve boşalt” yoluyla topraktan çıkarma şeklinde gerçekleştirilir. Potansiyeline rağmen, gerekli yüksek maliyet ve zaman nedeniyle fitoremediasyon henüz ticari olarak uygulanabilir bir teknoloji haline gelememiştir. Ancak toprak yapısını ve verimliliğini bozmadan topraktaki kirlenmeyi gidermek en iyi yaklaşımlardan birisi olacaktır. Biyoremediasyon teknikleri arasında fitoremediasyon, alternatif bir çevre dostu yöntem olarak önerildiği için, toprak iyileştirmede olası uygulama için değerli bir fırsattır (Gavrilescu, 2022; Yaashikaa ve ark., 2022). Fitoremediasyon, bozulmuş veya metalle kirlenmiş toprakları canlandırmak için kullanılabilecek etkili bir araçtır. Bununla birlikte, toprakta ağır metalin neden olduğu kontaminasyonun değerlendirilmesi ve bunun uzun vadeli olarak izlenmesi, fitoremediasyon işlemlerinin etkinliğini öngörmek için esastır (Behera ve ark., 2022; Su ve ark., 2022).

Fitoremediasyon süreçlerinde daha verimli olan bitkiler, hiperakümülatör ve biyoakümülatör bitkilerdir, çünkü bunlar toprakta bulunan metalleri tolere etmeye ve biriktirmeye izin veren bazı özellikler sergilerler; ancak bu bitkiler düşük bir biyokütle üretimi göstermektedir. Dolayısıyla hızlı büyüyen türler kullanmak avantaj sağlamakta ve bunlar arasında *A. donax* ile *P. australis* ve *E. crassipes* doğru tercih olarak ön plana çıkmaktadır (Cicero-Fernandez ve ark., 2017; Danelli ve ark., 2021; Nezbyrtska ve ark., 2022).

1.4.1. Al – Alüminyum

Yoğunluğu 2.7 g cm^{-3} ile 5 g cm^{-3} 'ten az olmakla birlikte pek çok çalışmada ağır metal ya da yararlı element olarak sınıflandırılmaktadır. Al toprakta en yaygın bulunan elementlerden biridir (Gerard ve Gray, 2015). Al, doğal olarak $3+$ oksidasyon basamağında ve yaygın olarak oksijen, silisyum, flor gibi diğer element atomları ile oluşturduğu bileşikleri şeklinde bulunur. Al^{3+} , mika, feldispatlar ve killer dahil olmak üzere çok sayıda mineralin de ana bileşenidir. Al, hava ile temas halinde bulunan mineral yüzeylerde oksit yapılar oluşturur (Xiao ve ark., 2021). Asidik koşullar altında alüminyum oksitler heksahidrat $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ veya bu iyonun hidroliz ürünlerine dönüşerek çözünür ve bitki kökleri için erişilebilir hale gelir. Al birçok endüstriyel uygulama ve üründe sıklıkla kullanılmaktadır. Bunun dışında, yemek pişirme gereçlerinde, antiasit tabletlerde ve ter önleyiciler gibi kozmetik amaçlı ürünlerde de yaygın şekilde bulunmaktadır (Sanajou ve ark., 2021). Yüzey sularındaki Al konsantrasyonu, çok sayıda doğal kaynağa ilaveten, endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan atıklar ve belediye deşarjları gibi antropojenik faaliyetler nedeniyle artar ve içme suyunda da $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ şeklinde bulunabilir. Al'ın toprak ve sudaki kalıcılığı, hareketliliği, kimyasal reaktivitesi ve biosorpsiyon dinamikleri, pH, sıcaklık, organik madde gibi elementlerin biyoyararlanımlarını da doğrudan etkileyen fizikokimyasal ve jeolojik parametrelere doğrudan bağlıdır (Shetty ve ark., 2021; Ozturk ve ark., 2023). Yüzey sularının yaklaşık pH değerleri olan pH6-8 aralığında, Al ve türevlerinin çözünürlükleri oldukça düşüktür. Bununla birlikte, son bilimsel araştırmalar, yüzey sularında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA) standartlarını (0.2 mg L^{-1}) aşan konsantrasyonlarda Al bulunduğunu göstermektedir. Tatlı su ekosistemlerinde pH düşüşü ve buna bağlı olarak çözünmüş Al bileşiklerinin konsantrasyon artışı, ilkbaharda kar erimesi veya fırtınaların neden olduğu erozyon gibi doğal ve geçici nedenlerden kaynaklanabileceği gibi, ağırlıklı olarak asitli maden drenajı, yanlış gübre kullanımı da diğer antropojenik nedenlerden kaynaklanır (Artiola ve ark., 2019).

Al, oksidatif stres, sitotoksiste, genotoksiste, proinflamatuvar etkiler, immünolojik değişiklikler, peptit denatürasyonu veya transformasyonu, enzimatik disfonksiyonlar, metabolik düzensizlikler, membran bozulması, mikrotübül pertürbasyonu, demir

dishomeostazi, amiloidogenez, apoptoz, nekroz ve displaziden sorumludur (Igbokwe ve ark., 2019). Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar Al'un nörotoksik etkilere sahip olduğunu ve kan-beyin bariyerini geçerek veya koku alma sinirleri yoluyla taşınarak merkezi sinir sistemini hedef aldığını göstermiştir (Closset ve ark., 2021). Al, maruziyetinin Amyotrofik Lateral Skleroz (ALS), Alzheimer, demans ve Parkinson dahil olmak üzere çeşitli nörodejeneratif hastalıkların gelişimi ile bağlantılı olduğu da bilinmektedir (Maya ve ark., 2016, Dey ve Singh, 2022).

1.4.2. Cd - Kadmiyum

Cd, çok sayıda fizyolojik işleve sahip olmamakla birlikte, toksik kabul edilen bir ağır metaldir. Cd, bazı (Cu, Pb ve Zn) metallerin üretim proseslerinde bir yan ürün olarak, ayrıca pillerde, pigmentlerde, kaplamalarda ve elektrokaplama, plastik stabilizatörlerde ve diğer endüstriyel ürünlerde/işlemlerde kullanılır (Zalyhina ve ark., 2021). İnsanlar, kontamine olmuş hava, içme suyu ve yiyecekler yoluyla Cd'ye maruz kalabilirler. Cd vücuda girdiğinde, eritrositler ve albümin yoluyla kan dolaşımına taşınır ve daha sonra böbreklerde (Satarug, 2018), karaciğerde ve bağırsakta (Tinkov ve ark., 2018) birikir. Cd maruziyeti, akciğer kanseri, gastrointestinal kanserler, böbrek hasarı ve karaciğer hastalıkları dahil olmak üzere ciddi kronik sağlık problemine neden olur (Jiang ve ark., 2021).

Suda çözünürlüğü ve toksisitesi nedeniyle Cd, bitki kökleri tarafından kolayca alınabilir ve bitkinin yapısal ve fonksiyonel özelliklerini değiştirebilir, tohum çimlenmesini ve kök uzamasını engelleyebilir (Nabaei ve Amooaghaie, 2019). Cd, solunum, fotosentez, su hareketi ve gaz değişimi gibi fizyolojik süreçleri de doğrudan veya dolaylı olarak engelleyerek bitki metabolizmasında bozulmaya yol açar. Ayrıca Cd, bitkilerin metabolizmasını, klorofil sentezini etkileyebilir ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini artırarak antioksidan savunma sistemini bozabilir. Kadmiyum nitrat ($CdNO_3$)₂ ve kadmiyum klorür ($CdCl_2$) gibi sudaki çözünürlüğü yüksek Cd bileşikleri toprak çözeltisinden bitki organizmasına kolayca giriş yaparak morfoloji ve çeşitli fizyolojik süreçlerde bozulmalara neden olabilir (Zhao ve ark., 2021).

Doğal çevredeki Cd seviyelerinin tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan sürekli artışı, önemli bir çevresel sorundur. Cd'nin, biyolojik olarak

parçalanmayan, özellikle bitkiler tarafından kolayca alınan ve bitki dokularında biriken bir element olması, buna bağlı olarak nispeten düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki göstermesi dünya çapında büyük bir endişe kaynağıdır. Besin zincirinin en altında yer alan bitkilerdeki Cd birikimi hayvanlar ve insanlar da dahil olmak üzere tüm canlılar için önemli bir sorun teşkil etmektedir (Huang ve ark., 2020). Kadmiyum (Cd), bitkilerin büyümesini olumsuz etkileyen ağır metallerden biridir. Suda yüksek çözünürlük, Cd'nin bitkilere oldukça kolay giriş yapmasına neden olur. Bitkilerde Cd birikimi, tohum çimlenmesinde, kök uzunluğunda, terleme hızında, fotosentez hızında ve bitki boyunda önemli bir azalmaya, ayrıca demir eksikliğine bağlı olarak kloroza neden olur. Ayrıca bitkilerde su dengesizliği ve membran geçirgenliğinin değişmesi stres koşullarında büyüme ve verim özelliklerinin azalmasında önemli rol oynar (Zafar-ul-Hye ve ark., 2020). Bitkilerde Cd toksisitesi ayrıca, klorofil a ve b değerlerinde değişimler, bitki bünyesindeki fotokimyasal reaksiyonlarda verim azalması gibi semptomlar ile de kendisini gösterir (Sardar ve ark., 2022).

1.4.3. Co - Kobalt

Co ferromanyetik özelliğe sahip bir nadir toprak elementidir. Co ve bileşikleri doğada yaygın olarak bulunur ve piller, sert alaşımlar, manyetik malzemeler, katalizörler, kurutucular, reaktifler, pigmentler ve boyalar dahil olmak üzere endüstrilerde küresel olarak kullanılmaktadır (Ullah ve ark., 2020). Co, B12 vitamininin de dahil olduğu cobalaminler adı verilen bir grup biyomolekülün yapısında yer alır ve moleküllerin aktivitesinde önemli rol oynar (Jaiswal ve ark., 2019). Kobalamin (B12), metionin sentezi için bir koenzim olması bakımından önemlidir. Ayrıca, hücresel büyüme, farklılaşma ve gelişme için gerekli bir elementtir. Yapılan bazı çalışmalar, Co'nun bakır (Cu^{2+}) ve magnezyum (Mg^{2+}) gibi diğer biyoaktif iyonlar ile doku yenilenmesini iyileştirebileceğini göstermiştir (Diez-Tercero ve ark., 2021). Yine bazı çalışmalar, Co iyonlarının yeni kan damarı oluşumunu indükleyebildiğini, bunun yanı sıra yara kapanmasını hızlandırıcı etki gösterdiğini ve bakteriyel enfeksiyonlara karşı etkili olduğunu ifade etmektedir (Shi ve ark., 2019; Jana ve ark., 2022). Bununla birlikte, aşırı miktarda maruz kalınan Co toksisiteye neden olabilir. Co, balık, yeşil yapraklı sebzeler ve taze tahıllar gibi gıdaların yenmesi yoluyla ya da yanlış uygulanan diyet, aşırı miktarda

besin takviyesi alımı, mesleki kaynaklar, kullanılan tıbbi cihazlar gibi yollarla insanlar üzerinde aşırı maruziyet yaratabilir. Co toksisitesi, bilişsel eksiklikler, nörit (sinir doku iltihabı), sensörinöral sağırılık (iç kulak bölgesinde otaya çıkan problemlerden kaynaklanan işitme kaybı), nörolojik kulak çınlaması ve optik atrofi ile karakterizedir (Leyssens ve ark., 2017).

Ağır metaller aynı zamanda, bitkilerde abiyotik stresin ana faktörlerinden biridir. Topraktaki nispeten yüksek ağır metal konsantrasyonları, bitki süreçleri üzerinde zararlı etkilere sahiptir, bu da mahsulün büyümesi ve verimi üzerinde olumsuz etkiye neden olur. Co, bitkilerde de enzim ve koenzimlerin temel bir unsurdur ve bitki metabolizmasında önemli role sahiptir (Amaro Baron ve ark., 2022). Bitki beslenmesi için temel bir element olarak sınıflandırılmaz, ancak genellikle “faydalı” elementler arasında sıralanır. Co, bitki kök nodüllerinde bakteriyel nitrojen fiksasyonu için gerekli olduğundan özellikle baklagiller için hayati öneme sahiptir. Bununla birlikte, çeşitli bitkilerdeki Co dağılımı tamamen türe bağlıdır. Hem bitkiler hem de hayvanlar için faydalı bir element olarak sınıflandırılmasına rağmen, daha yüksek seviyelerde Co'nun olumsuz etkiler ürettiği gözlenmektedir (Ejaz ve ark., 2022). Co'nun toksisite semptomları, toprakta bulunan diğer metallere kıyasla daha az sıklıkla görülür, ancak bitki ürünlerinde toplanması, insan besin zincirine toksisitenin dahil edilmesine yol açtığı için oldukça önemlidir. Co toksisitesinin şiddeti bitki türüne ve toprak kimyasına bağlıdır. Toprak ne kadar asidik olursa, Co toksisitesi o kadar yüksek olur (Srivastava ve ark., 2022). Co'nun bitki dokularında birikmesi, büyüme ve biyokütlede azalma, su ve besin alımı dengesinde bozulmalar, kloroz ve artan hücre toksisitesi şeklinde kendini gösterir. Co toksisitesi bitki hücrelerinde ve zarlarında geri dönüşü olmayan zararlara neden olur (Wang ve Song, 2019).

1.4.4. Cr - Krom

Cr yer kabuğunda yaygın bulunan bir elementtir. Cr, yaygın oksidasyon basamakları olan, “3+” ve “6+”, insan sağlığı üzerindeki toksik etkiler, esansiyellik ve topraktaki davranış açısından tamamen farklı özelliklere sahiptir. Cr(III) antropojenik kaynaklardan elde edilir ve insanlar için temel bir besin elementidir (Hossini ve ark., 2022). Karbonhidrat ve lipid metabolizmasındaki ve nükleik asitlerin yapısal

bütünlüğünün korunmasındaki önemli rolü göz önüne alındığında farmakolojik olarak aktif bir element olarak tanımlanmıştır (Vincent, 2017). Cr(III), glikoz tolerans faktörünün (GTF) bir bileşenidir: bu faktör, alınan diyet kromundan in vivo sentezlenir ve bir insülin artırma mekanizması ile glikozun kandan uzaklaştırılma oranını modüle eder. Cr(III), insüline bağlandığı ve etkisini yaklaşık üç kat güçlendirdiği için insülin aktivitesini iyileştirir. Bu nedenle krom eksiklikleri karbonhidratlar ve kilo kaybı ile ilişkili patolojilere yol açabilir (Vincent, 2019). Yetersiz diyet Cr(III) ayrıca diyabet ve kardiyovasküler hastalıklara eşit semptomlara neden olur. Cr eksikliği kan şekeri ani yükselmelerine, yüksek kolesterol seviyelerine ve kan basıncına neden olabilir. Ayrıca enfeksiyonlara karşı daha düşük direnç, ateroskleroz, hormonal dengesizlik, sinir bozuklukları, yorgunluk vb. gibi başka sonuçları da olabilir (Chen ve ark., 2022). Cr(III) çeşitli gıdalarda ve takviye ürünlerinde bulunur. Büyük ölçüde ekmek mayası, kırmızı et, karaciğer, kepekli tahıllar ve biyoyararlanımı düşük (~%3) olmakla birlikte kırmızı pancarda bulunur. Bununla birlikte, aşırı krom seviyeleri patolojik durumları belirleyebilir. Cr(III) bileşikleri hücre zarlarını geçemeseler bile hücre çevresinde birikerek hücre fonksiyonlarında değişikliklere neden olarak hücre zarlarına zarar verebilirler. Cr(III)'ye uzun süre maruz kalmak cilt alerjilerine ve kansere yol açabilir (Hedberg ve ark., 2020). Yapılan çalışmalar, Cr(III)'nin biyolojik ortamda bir dizi kimyasal dönüşüme uğrayabileceğini ve bazı diyet takviyelerinin birikiminin genotoksik etkileri indükleyebileceğini bildirmiştir (Levina ve ark., 2008). Cr(III) doğada kayalarda ve toprakta bulunan ve bitkiler tarafından kolayca alınabilen temel bir eser element iken, Cr(VI) esas olarak endüstriyel bir kirleticidir ve aynı zamanda antropojenik faaliyetlerden üretilir. Cr(VI) bileşikleri birçok endüstriyel alanda yer almakla birlikte, büyük ölçüde tekstil renklendiricileri, boyalar, mürekkepler, plastikler, korozyon önleyici maddeler, deri tabaklama maddeleri ve ahşap koruyucular için pigment üretiminde kullanılırlar (Ferreira ve ark., 2019).

Tarım arazilerinde artan Cr birikimi, ekonomik açıdan önemli mahsullerin verimliliğinde azalmaya neden olur. Bitkilerin krom için özel alım kanalları yoktur. Cr, bitkiler tarafından alımı sırasında hem mikro hem de makro besin elementleriyle rekabet eder. Ca, K, Fe, Zn ve Mg ile iyonik benzerliği nedeniyle, Cr seviyesi temel besinlerin taşınmasını ve alımını kısıtlayabilir (Handa ve ark., 2019). Aşırı Cr, çözünmeyen kompleksler oluşturarak bitkideki biosorpsiyon bölgelerini maskeler ve temel

minerallerin alımını azaltır (Singh ve ark., 2021). Bitki kökleri, ligand görevi gören ve toprakta bulunan çözünmeyen metalleri çözünür formlara dönüştürebilen çeşitli organik asitler salgılar. Altı değerlikli Cr, fosfat ve sülfat taşıyıcılarını dahil ederek plazma zarı tarafından aktif olarak alınırken, üç değerlikli Cr, bitkinin hücre duvarında bulunan kation değişim bölgeleri aracılığıyla giriş yapar (Xu ve ark., 2021). Bitkilerde Cr'nin dağıtılması ve yer değiştirmesi, Cr iyonlarının oksidasyon durumuna, besin ortamındaki miktarına ve bitki türlerine bağlıdır (Shahid ve ark., 2017). Stambulska ve ark. tarafından 2018 yılında yapılan bir çalışmada, baklagiller için köklerdeki Cr içeriğinin, sürgünlere göre yüz kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Stambulska ve ark., 2018). Cr bitkilerdeki metabolik süreçleri olumsuz yönde etkiler. Cr kaynaklı fitotoksosite, bitki hücrelerinde bulunan biyomoleküllerin bozulmasını artıran serbest radikal artan miktarından kaynaklanır (Wakeel ve ark., 2019). Yüksek konsantrasyonda Cr'ye maruz kalan bitkilerde, çimlenme ve gelişimi azaltan sitotoksik ve genotoksik etkiler ile hormonal dengesizlikler gözlenir (Xu ve ark., 2020).

1.4.5. Cu - Bakır

Bitki besin elementleri arasında mikro element olmakla birlikte yoğunluğu nedeniyle ağır metal sınıfındadır. Cu, antioksidan savunma, nöropeptid sentezi ve bağışıklık fonksiyonu dahil olmak üzere çeşitli biyolojik süreçlerde yer alır. Bununla birlikte, aşırı Cu alımı organ ve hücrelere zarar verebilir (Polutchko ve ark., 2021). Cu, hayvanların tüm vücudunda çeşitli biyolojik, fizyolojik ve metabolik işlevlere katkıda bulunur. Ayrıca Cu, antioksidasyon kapasitesi ve metalloenzim oluşumunda yer alan çeşitli enzimler için bir kofaktördür. Cu, demir metabolizmasındaki rolüne ek olarak, antioksidan savunma, nöropeptid üretimi ve immünolojik işlev dahil olmak üzere çeşitli biyolojik işlevler için gereklidir (Dawood, 2022). Cu, özellikle hücrel elektron taşıma zincirinde yer alan sitokrom oksidaz ve oksijenin su katalizlerine indirgenmesi yoluyla solunum ile ilgili çeşitli fizyolojik fonksiyonlara da sahiptir. Memelilerde immüno-uyarıcı, anti-inflamatuar ve metabolik bir ajan olarak görev yapan Cu, su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın olarak araştırılan antibakteriyel ve antifungal roller üstlenmektedir (Zhang ve ark., 2021). Yüksek dozlarda maruz kalınan Cu'nun, balıklarda, farelerde, sıçanlarda ve atlarda oksidatif hasara, iltihaplanmaya, hemolitik

anemiye, hemoglobinüriye, yüksek aspartat aminotransferaz ve gamaglutamil transferaz seviyelerine ve hatta ölüme neden olabildiğini belirten çalışmalar mevcuttur (Pohanka, 2019, Pereira ve ark., 2016). İnsanlar için bakır zehirlenmesi genellikle ishale, baş dönmesine ve kusmaya neden olur. Bakır tarafından ciddi zehirlenme oldukça nadirdir. Oluştığında çoklu organ yetmezliğine yol açar ve hatta koma, şok, oligüri (idrar üretiminde azalma) ve hemolitik anemi gösterir. İntravasküler hemoliz, karaciğer ve böbrek yetmezliği başlıca sonuçlardır (Pohanka 2019). Ek olarak, birçok çalışma Wilson hastalığının genetik olarak belirlenmiş bir bakır birikimi bozukluğu olduğunu kanıtlamıştır, Wilson hastalığına sahip hastalarda normalde karaciğerde ve beyinde anormal bakır birikiminden kaynaklanan bakır toksisitesinden muzdariptirler (Pohanka 2019, Harada ve ark. 2020).

Bitkiler açısından Cu, sağlıklı büyüme için gerekli olan, bitkilerde redoks reaksiyonları, elektron transferleri ve diğer kritik metabolik süreçlerde yer alan temel bir mikro besindir. Bakır fenolik bileşiklerin sentezinde önemli bir rol oynar ve eksikliği bitkilerdeki fenolikleri azaltabilir (Munene ve ark., 2017). Bununla birlikte, yüksek konsantrasyonlarda bakır, fotosentetik ve mitokondriyal elektron taşınmasını, azot asimilasyonunu, hücre duvarı metabolizmasını bozar, kuru kütle birikimi, klorofil, su içeriği ve makro ve mikro besin seviyelerindeki denge gibi bitki metabolizmasının farklı parametrelerini etkiler. Bakırın toksisitesi sadece metal konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine değil, aynı zamanda bitkilerin gelişme aşamasına ve fizyolojik durumuna da bağlıdır. Ortamdaki Cu miktarı optimum seviyeyi aştığında toksik etkiler ortaya çıkar. Yüksek Cu maruziyeti, bitkide kloroz ve nekroz meydana getirebilir (Kumar ve ark., 2021). Ayrıca klorofil a ve b içeriklerinde azalma, membran yağ asidi bileşiminde değişiklikler ve membran yapısında bozulma söz konusu olabilir. Bitki büyüme ortamında bulunan yüksek konsantrasyondaki Cu'nun bir diğer önemli etkisi, hidroksil radikallerinin oluşumunu katalizlemesi, dolayısıyla serbest radikallerin üretimini artırması ve bitki üzerinde daha yüksek oksidatif strese neden olmasıdır (Majumdar ve ark., 2021). Bu durum ayrıca bitkide büyüme inhibisyonuna da sebep olur.

1.4.6. Fe - Demir

Bitki besin elementleri arasında mikro element olmakla birlikte yoğunluğu nedeniyle ağır metal sınıfındadır. Önemli eser elementlerden biri olan Fe, hücrelerin hayatta kalma sürecinde elektron alma-verme ve biyokimyasal reaksiyonlara (oksijen taşınması ve elektron transferi) katılma gibi yaşamsal aktivitelerde kritik rol oynar. Fe, birçok biyolojik süreç için gerekli olmakla birlikte hem Fe eksikliğinin hem de aşırı Fe aşırı yükünün (toksisitesinin) zararlı etkilerinden kaçınmak için metabolizmadaki Fe seviyeleri sıkı bir şekilde düzenlenmelidir. Fe, transferrin glikoproteini tarafından bağlanır ve taşınırken, hücre içi demir deposu olan ferritin, hemoglobinin ve diğer hem proteinlerinin oluşumu için uzun vadeli bir demir rezervi sağlar (Philpott, 2018). Demirin hücre içi konsantrasyonu, patojenlere karşı koruyucu etki gösterir. Bununla birlikte yüksek Fe konsantrasyonları oksidatif strese bağlı hasarlara ve hücre ölümüne neden olabilmektedir (Yauger ve ark., 2019).

Bitkilerde klorofil sentezi sürecinde yer alan çok sayıdaki enzimin temel bir aktivatörü olarak Fe, bitki büyümesi için temel bir elementtir ve özellikle sulak alan bitkilerinde kirleticilere karşı toleransını arttırır (Li ve ark., 2018). Fe ayrıca, bitkilerde fotosentez, mitokondriyal solunum, azot alımı ve metabolizması, kükürt metabolizması, hormon ve DNA sentezi gibi birçok önemli biyolojik fonksiyon için de gereklidir (Ibanez ve ark., 2021). Bununla birlikte, Fe, yer kabuğunda oldukça bol olmasına rağmen, alkali ve oksidatif koşullar altında bitkiler için yetersizdir. Fe^{3+} 'nın çözünürlüğü pH arttıkça azalırken, Fe^{2+} havalandırılmış topraklarda kolayca oksitlenir ve bu da bitkilerde Fe eksikliğine neden olabilir (Kaya ve ark., 2020). Öte yandan, bitki dokusunda bulunan yüksek konsantrasyonlarda Fe, hücre redoks dengesini bozabilir, bitkilerin morfolojik, metabolik ve fizyolojik özelliklerinde değişikliklere neden olabilir ve oksidatif stres oluşturabilir. Fe fazlalığı altında, bitkiler, Fe alımını ve hücredeki serbest Fe'nin O_2 ile reaksiyona girmesini önlemek için farklı stratejiler benimser (Herlihy ve ark., 2020). Fe toksisitesi, Fe işleme ile ilişkili insan faaliyetlerinden kaynaklanabilir ve önemli bir çevresel sorundur.

1.4.7. Mn - Manganez

Bitki besin elementleri arasında mikro element olmakla birlikte yoğunluğu nedeniyle ağır metal sınıfındadır. Mn, hem bitkiler hem de hayvanlarda çeşitli fizyolojik süreçlerde yer alan önemli bir metaldir. Mn, yerkabuğunda doğal olarak bulunan bir elementtir ve toplam 18 izotop tanımlanmış olmasına rağmen, ağırlıklı olarak ^{55}Mn izotopu olarak bulunur (Chen ve ark., 2018). Biyolojik sistemlerde Mn, iki farklı oksidasyon basamağında (Mn^{2+} ve Mn^{3+}) bulunur. Aynı zamanda ortamda Mn, diğer pozitif (4+, 5+ ve 6+) ve hatta negatif (3-) oksidasyon basamaklarında da bulunabilir. Kimyasal özellikleri nedeniyle Mn, birçok inorganik ve organik yapı içerisinde yer alır. Çevreye verilen antropojenik Mn kaynaklarına ek olarak, toprak erozyonu da dahil olmak üzere doğal kaynaklar da Mn emisyonlarına katkıda bulunabilir (Matveeva ve ark., 2022). Redoks döngüsünün düzenlenmesi, enerji metabolizması ve üre döngüsünün düzenlenmesine ek olarak, Mn'nin sinirsel gelişimin düzenlenmesinde de önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (de Oliveira, 2017). Mn eksikliği veya aşırı koşullar altında bu süreçlerin değiştirilmesi, ciddi metabolik işlev bozukluğuna neden olabilir. Bununla birlikte, diyet ürünlerindeki yüksek Mn seviyeleri nedeniyle, diyetle Mn eksikliği vakası insanlarda son derece nadir görünmektedir (Erikson ve Aschner, 2019, Martins ve ark., 2020). Buna karşılık, çok daha yaygın olan Mn'ye aşırı maruz kalma, beyinle ilişkili bozukluklara neden olabilir (Miah ve ark., 2020).

Bitki ekstraktlarında Mn serbest katyonik formlarda bulunur ve bitkilerde Mn^{2+} formunda taşınır. Aşırı Mn metal stresine yol açar, belirgin fitotoksisite yaratır ve hatta bitkilerin ölümüne yol açar. Mn toksisitesi en çok asidik topraklarda, özellikle yüksek nemde ve asidik gübrelerin nötralize edilmeden eklenmesi nedeniyle ortaya çıkar (Bai ve ark., 2021).

1.4.8. Ni - Nikel

Ni mutajenik, immünotoksik, kanserojen ve teratojenik özelliklere sahip bir ağır metaldir. Ni, +1, +2, +3 ve +4 olmak üzere dört farklı oksidasyon basamağında bulunabilir; bunların arasında +2, Ni bileşiklerinde en yaygın olanıdır (Zhu ve ark., 2020). Ni bileşikleri, tıbbi implantlar ve protezlerde, paslanmaz çelik mutfak eşyalarında, elektro

kaplama ürünlerde, elektronik ekipmanlarda, nikel-kadmiyum pillerde, ayrıca ucuz mücevher, kauçuk ve plastik ürünlerde kullanılmaktadır (Das ve ark., 2019). Nikel maruziyeti, nikelin çıkarıldığı ve/veya endüstride nikelin kullanıldığı alanlarda ve çevresinde yaşayan insanlarda oldukça yaygındır. Ni, tüm toprak türlerinde doğal olarak düşük seviyelerde bulunur. Bununla birlikte, fosil yakıt kullanımı, madencilik gibi endüstriyel uygulamalar, şehirleşme, Ni bileşiklerinin ve alaşımlarının kullanımı ve bertarafı işlemleri çevreye önemli miktarda Ni yayar. İnsanların Ni'ye maruz kalması, gıda, inhalasyon veya içme suları yoluyla gerçekleşir (Jamshaid ve ark., 2018). Ni, prolaktin, luteinize edici hormon ve folikül uyarıcı hormon gibi çeşitli hormonlar üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Ni, kontakt dermatit ve cilt iltihabı gibi hassasiyet belirtilerinin en bilinen nedenidir (Genchi ve ark., 2020). Ni'nin, akciğer fibrozu, kardiyovasküler hastalıklar, böbrek hastalıkları, astım ve alerji ataklarına neden olabildiği belirtilmektedir (Khan ve ark., 2022). Bu konuda yapılan farklı çalışmalarda, Ni'nin insan akciğerleri üzerindeki zararlı etkileri analiz edilmiş ve solunum sisteminde sebep olduğu çeşitli sorunlar ortaya koyulmuştur (Idziak ve ark., 2020; Begum ve ark., 2022).

Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) 'na göre, Ni ve Ni bileşikleri sırasıyla "insanlar için muhtemelen kanserojen" ve "insanlar için kanserojen" olarak sınıflandırılmaktadır (Di Bucchianico ve ark., 2018). Ni, sağlıklı bir metabolizma için temel bir mikro besin olarak bitkilerde çok önemli bir rol oynamasına rağmen, yüksek dozlarda büyümeyi, hücre bölünmesini, fotosentetik aktiviteyi, besin alınımını ve terlemeyi engeller. Ayrıca aşırı Ni'ye maruz kalan bitkilerde kloroz, nekroz ve düşük çimlenme görülür. Mahsul verimi ve kalitesindeki kayıplar Ni toksisitesinin kaçınılmaz sonuçlarıdır (Hassan ve ark., 2019).

1.4.9. Pb - Kurşun

Pb, yüksek yoğunluk, yumuşaklık, dövülebilirlik ve zayıf iletkenlik gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılan ağır metallerden biridir. Pb toksisitesi, soluma, yutma ve dermal absorpsiyon yoluyla ortaya çıkabilir (Niemeier ve ark., 2022). Alınan Pb plazmaya giriş yapar ve daha sonra çeşitli vücut bölgelerine hızla hareket eder. Pb, kan, mineralize dokular (dişler ve kemikler), yumuşak dokular (karaciğer, böbrekler, akciğerler, beyin, dalak, kaslar ve kalp), sinir,

sindirim, kardiyovasküler, iskelet, üreme ve boşaltım sistemleri gibi çeşitli organ sistemlerinde Pb birikimine sebep olur (Mahdiani ve ark., 2022). Bu nedenle, Pb vücuttaki hemen hemen her organı etkileyen oldukça zehirli bir ağır metaldir. Pb, toprak parçacıkları ile çok güçlü bir şekilde birleşir ve toprağın üst tabakasında bulunur. Pb, bu toprak parçacıkları yağmur suyuyla yıkandığında su kütlelerine veya göllere giriş yapar. Böylece Pb havadan, sudan, topraktan hayvan ve bitkilere geçer ve bu döngü devam eder (Aprile ve De Bellis, 2020).

Pb bir kalsiyum analogu gibi davranır, bu nedenle kalsiyum, çinko ve demir eksikliği olan kişilerde kurşun kolayca alınır. Pb, hem erkek hem de kadın üreme sistemi üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Kandaki Pb, bazı temel enzimlerin sentezini etkileyebilir ve ayrıca kırmızı kan hücreleri ve kan damarları üzerinde kan sistemine zarar verebilecek doğrudan toksik etkiler oluşturur (Singh ve ark., 2018). Çevre üzerindeki mevcut antropojenik etkiler, Pb'nin toprakları, suları ve atmosferi kolaylıkla etkilemesine neden olmuştur. Bu ortamlar gıda, içme suyu ve hava kaynağı amacıyla kullanıldığında, herhangi bir kirletici biyosfere kolaylıkla giriş yapabilir ve potansiyel olarak insan sağlığını da etkileyebilir. Pb hücre aktivitelerinde aynı reseptörlere bağlanarak Ca'yı taklit eder ve bitkiler tarafından alınımı, bu bitkileri tüketen insanlar üzerinde de ciddi etkiler gösterir. Pb konsantrasyonu ilkbaharda daha düşük, toprak pH'ı ve tuzluluk azaldığında ise daha yüksek konsantrasyonlarda gözlenmiştir (Collin ve ark., 2022). Sıcaklık, nem, biyoyararlanım, hareketlilik, çevresel asitlenme, güneş radyasyonu da artan Pb konsantrasyonuna katkıda bulunur. Pb, bitkiye kök sistemi yoluyla giriş yapar. Havadaki ve topraktaki artan Pb seviyeleri, büyüme, çimlenme, bitki biyokütlesini azaltma, fotosentezi engelleme ve mineral alınımı gibi farklı bitki metabolik süreçlerini olumsuz etkiler (Kohli ve ark., 2019). Bitkilerdeki yüksek Pb konsantrasyonları, reaktif oksijen türlerinin üretimine yol açan oksidatif stresi indükler ve lipid peroksidasyonu şeklinde membran hasarına neden olur. Pb kaynaklı lipid peroksidasyonu biyolojik membranları bozar ve kloroplastlar, mitokondri ve peroksizomlar dahil olmak üzere hücresel organellerin işlevini olumsuz yönde etkiler (Naqqash ve ark., 2022).

1.4.10. Zn - Çinko

Bitki besin elementleri arasında mikro element olmakla birlikte yoğunluğu nedeniyle ağır metal sınıfındadır. Zn, doğal ortamda “+2” oksidasyon basamağında bulunur (Guo ve ark., 2019). Zn düşük konsantrasyonda tüm organizmaların beslenmesi için hayati önem taşır. Zn, karbonhidrat metabolizmasındaki temel bileşenlerden biridir; karbonhidrat metabolizmasında yer alan enzimlerin çoğunu aktive eder (Suganya ve ark., 2020). Zn, monositler ve T-hücreleri gibi bağışıklık hücrelerinde hücre içi sinyalleme için ana düzenleyicisidir. Özellikle büyüme faktörü kaynaklı hücrelerel sinyallerin Zn'ye bağımlı mekanizmalar içerdiği gözlemlenmiştir (Aster ve ark., 2019). Zn, çeşitli enzimlerde kritik bir bileşendir ve birçok temel bitki enzimini üretmek için de gereklidir. Çeşitli enzimler için fiziksel, yapısal ve düzenleyici bir kofaktör olup, aynı zamanda DNA transkripsiyonunda önemli bir rol oynar (Singh ve ark., 2012). Zn karbonhidrat dönüşümü için kritik olan bitki hücrelerinde oksidasyon sürecini katalize ederek, klorofil, oksinler ve büyüme düzenleyici bileşiklerin sentezini düzenler. Enerji transferi, protein sentezi ve azot metabolizması ile ilgili enzimler de Zn'ye bağlıdır. Protein ve nişasta üretimi için gereklidir, bu nedenle düşük çinko konsantrasyonu, bitki dokularında amino asit birikimine ve şeker içeriğinde azalmaya neden olur. Zn noksanlığında Zn'nin önemli rol oynadığı bazı enzimler azalır ve bu da bitki yapraklarında karbonhidrat birikimine neden olur. Ayrıca Zn, polen tüpü oluşumunda rol oynayarak tozlaşmaya yardımcı olur (Masullo ve ark., 2022).

Toprakta artan Zn seviyeleri fitotoksik etki gösterir, çeşitli yapısal ve fonksiyonel anormalliklere neden olur ve sonunda bitki performansını zayıflatır. Ancak bu tepkiler bitki türlerinin türüne ve gelişim aşamalarına göre değişiklik göstermektedir (Natasha ve ark., 2022).

Biyokütle ve çimlenme gücündeki azalma, bitkilerde Zn biyotoksitesine karşı gösterilen en belirgin fizyolojik tepkiler olup, verim ve ürün kalitesinin düşmesine neden olur. Fazla Zn, amilazların aktivitesini ve şekerlerin embriyo eksenine transferini etkileyerek tohumlarda çimlenme oranının azalmasına neden olur (Gajalakshmi ve ark., 2022). Fazla Zn, yaprakları hem yaprak alanı hem de yaprak sayısı bakımından etkiler. Bu da hücre bölünmesindeki inhibisyonun veya uzamadan veya hatta her ikisinden de kaynaklanabilir (Glinska ve ark., 2016).

Ayrıca, yüksek Zn, mitokondri organizasyonuna zarar verir ve nikotinamid seviyelerinde (B-grubu vitaminler) azalmaya yol açar, böylece NAD⁺ yıkımını hızlandırır ve sonuç olarak, genel bitki büyümesindeki azalmadan sorumlu olabilecek enerji metabolizmasını düşürür (Zhang ve ark., 2017).

Bu bilgiler kapsamında bazı uluslararası standartlar ve literatürler eşliğinde ağır metaller için suda, toprakta ve bitkilerde kabul edilen sınır değerler Çizelge 1.2.'de sunulmuştur.

Çizelge 1.2. Ağır metallerin su, toprak ve bitki için kabul edilen sınır değerleri.

Element	Su için sınır değerleri $\mu\text{g L}^{-1}$	Toprak için sınır değerleri mg kg^{-1}	Bitkiler için sınır değerleri mg kg^{-1}
Al	$\leq 300-1000$	10000-40000	40-500
Cd	$\leq 2-7$	0.06-1.1	0.05-0.5
Co	$\leq 10-200$	4.5-12	0.05-0.57
Cr	0-50	0.5-54	0.005-18
Cu	$\leq 20-200$	25-75	5-30
Fe	$\leq 300-5000$	5000-50000	50-250
Mn	$\leq 100-3000$	10-9000	30-300
Ni	$\leq 20-200$	0.2-450	0.5-5
Pb	$\leq 10-50$	10-40	5-30
Zn	$\leq 200-2000$	3-300	20-150
	EPA (2004), SWQRT (2015).	Kabata-Pendias ve Pendias (2001), Barker ve Pilbeam (2015), Yalcin ve ark. (2020).	

1.5. ICP-OES ile Element Analizleri

ICP-OES (Inductively coupled plasma - optical emission spectrometry), genellikle suda veya asitli ortamda çözünmüş örneklerdeki elementlerin konsantrasyonlarını plazma oluşturarak ölçen spektrofotometrik bir yöntemdir (Sharma ve ark., 2020). Teknik, güvenilir, birden fazla elementi aynı anda okuma imkânı veren ve yüksek verimliliği sayesinde hem genel amaçlı analizlerde hem de bilimsel çalışmalarda sıklıkla kullanılan teknik bir enstrümental yöntemdir. Analiz edilecek sıvı haldeki çözelti, peristaltik pompa sistemi ve püskürtücü aracılığıyla plazmanın oluşturulacağı yuvaya yönlendirilir. Oluşan aerosol yapının, argon desteği ile plazma fazına geçişi sağlanır (Khan ve ark., 2021). Plazma fazı, maddenin katı, sıvı ve gaz fazlarından sonraki dördüncü fazdır. ICP-OES'de plazma fazı, içinden yüksek frekansa sahip alternatif akımın geçtiği, soğutulmuş bir endüksiyon bobininin bulunduğu torc ünitesinin bitiminde gerçekleşir. Bu sürecin sonunda, elektronlar manyetik alan etkisi ile dairesel bir yörüngede hızlandırılır. Argon atomları ve elektronlar arasındaki çarpışmalar sayesinde kararlı bir plazma fazı elde

edilir. Plazma yaklaşık 5000-6000°C kadar aşırı sıcaktır, endüksiyon bölgesinde 9000°C'ye kadar ulaşabilir (Jung ve ark., 2019; Rehan ve ark., 2022). Torç desolvasyonunda numunenin atomizasyonu ve iyonlaşması gerçekleşir. Plazma oluşumu anında dedeksiyon yönü dikeyden (radyal) yataya (aksiyal) eksenlerde konsantrasyona bağlı olarak seçilebilir. Daha hassas sonuçları belirlemeyi sağlayan bu sistem, algılama limitlerinin matris ve ölçülen elementlere göre değiştirilmesine imkân verir, her durumda düşük ppb ($\mu\text{g L}^{-1}$) hassasiyetinde sonuç alınabilir (Sharma, 2020; Stricker ve ark., 2022).

ICP-OES ilkesi, atomların ve iyonların elektronları temel durumdan uyarılmış bir duruma taşımak için enerjiyi absorbe edebilmesi gerçeğini kullanır. Bir elektron daha yüksek bir enerji seviyesinden daha düşük bir enerji seviyesine, genellikle temel duruma dönerken, çok spesifik bir dalga boyunda ışık yayar. Atomun veya iyonun türü (yani hangi element olduğu) ve elektronun hareket ettiği enerji seviyeleri, yayılan ışığın dalga boyunu belirler (Goncalves ve ark., 2019; Pillay, 2020).

Bir ICP-OES'i kalibre etmek için, her bir elementin bilinen miktarlarını içeren solüsyonlar ölçülür. Bu verilerden bir kalibrasyon eğrisi oluşturulur. Kalibrasyon eğrisi, belirli bir dalga boyunda yayılan ışığın yoğunluğu ile çözeltideki elementin konsantrasyonu arasındaki ilişkiyi belirler (Malik ve ark., 2021).

ICP-OES tekniği, bir dizi farklı uygulama için çok çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır. Örneğin, petrol çıkarma ve rafineri sektörlerinde, emtiadaki safsızlıklar için petrol numunelerini analiz etmek için yaygın olarak kullanılır. Diğerlerinin yanı sıra ICP-OES, tümü yağın kalitesine zarar verebilecek As, Cd, Hg, P, Pb ve Si gibi elementlerin varlığını tespit etmek için kullanılabilir (Silva ve ark., 2015; Souza ve ark., 2022).

ICP-OES, içme suyu kaynaklarında metallerin ve diğer elementlerin varlığının taranmasında da etkilidir. Suyun dünyanın her yerindeki herkes için çok acil ve talep edilen bir kaynak olduğu göz önüne alındığında, suyun tehlikeli kimyasallar, metaller ve toksinlerden arındırılmış olduğundan emin olmak için analiz edilmesi, ICP-OES'in takdire şayan bir şekilde yerine getirdiği önemli bir işlevdir (Cai ve Wang, 2022; Pei ve ark., 2022).

ICP-OES, bitki ve topraktaki hem makro mikro elementlerin hem de ağır metallerin tespiti için gerekli analiz seviyesini sağlaması sebebiyle bu elementlerin tespiti için

sıklıkla tercih edilmektedir (Chechet ve ark., 2021; Yılmaz ve ark., 2021; Ferreira ve ark., 2023).

1.6. ISSR İşaretleyicileri

DNA parmak izi, çeşitli bitki gruplarının moleküler karakterizasyonu için önemli bir araçtır. Morfolojik özellikler çevresel etkiye tabi olduğundan ve taksonomik sınıflandırma için genellikle olgun bitkiler üzerinde detaylı çalışmalar gerektiğinden, yakından ilişkili türler arasındaki ilişkileri morfolojik araştırmaya göre daha hızlı ve kesin bir şekilde belirleme yolu sunar (Iqbal ve ark., 2021; Najmi ve ark., 2022). DNA parmak izinin planlanması sırasında en önemli kararlardan biri kullanılacak markör sistemleri ve teknikleridir. Günümüzde parmak izi almak için çeşitli DNA markör sistemleri ve ilgili teknikler mevcuttur ve bunların çoğu Polimeraz Zincir Reaksiyonuna (PCR) dayanmaktadır (Zhokhova ve ark., 2019; Dykes ve ark., 2021). Yaygın olarak kullanılan PCR tabanlı teknikler, rastgele amplifiye edilmiş polimorfik DNA'yı içerir (RAPD), amplifiye fragman uzunluğu polimorfizmi (AFLP) ve basit tekrarlı diziler arası (ISSR)'dır (Jamil ve ark., 2021; Al-Mamun ve ark., 2023). Bu teknikler arasında ISSR kolay, güvenilir, hızlı ve yüksek oranda tekrarlanabilir bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. ISSR markörleri, önceden dizi bilgisi olmaksızın varyasyonu tespit etme yeteneğine sahiptir. Diğer DNA markörlerinden daha avantajlıdır ve bu markörlerin birçok sınırlamasının üstesinden gelebilmektedir (Warrier ve ark., 2019; Kudikala ve ark., 2020).

ISSR tahlili, DNA parmak izi, genetik çeşitlilik, filogenetik ve tür ilişkileri, germplazm karakterizasyonu, kültivar tanımlaması, popülasyon çalışmaları, gen etiketleme, genom haritalama ve biyocoğrafya gibi pek çok analiz ve içerikte çalışma olanağı sağlamaktadır (Boban ve ark., 2022; Noor ve ark., 2022).

ISSR'ler, bitişik, zıt yönlü mikro uydu bölgeleri arasında yer alan yaklaşık 100-3000bp'lik DNA parçalarıdır. ISSR'ler, tekrarlanmayan bitişik bölgelere (16-18bp) çapa olarak birkaç seçici nükleotid ile primerler olarak mikro uydu çekirdek dizileri kullanılarak PCR ile amplifiye edilir. Aynı anda birden fazla lokustan yaklaşık 10-60 fragman üretilir, jel elektroforezi ile ayrılır ve belirli büyüklükteki fragmanların varlığı veya yokluğu olarak puanlanır. ISSR'lerin ana avantajı, primer yapımı için hiçbir dizi

verisine ihtiyaç duyulmamasıdır. Analitik prosedürler PCR içerdiğinden, yalnızca düşük miktarlarda şablon DNA gereklidir. Ayrıca, ISSR'ler genom boyunca rastgele dağılır (Ma ve ark., 2021; Jena ve Chand, 2022; Zhou ve Zheng, 2022).



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnsanların yaşam kalitesinin en belirleyici unsurlarının başında olan çevre ve bu çevrenin kirliliği konusunda, politikada karar vericiler dahil olmak üzere insanların günlük davranışlarına yön veren biyomonitörlük gibi çevre kirliliği durum tespiti çalışmaları, her ülkede ayrı ayrı pek çok araştırmacı tarafından yürütülmekte ve bu sayede pek çok literatür bilgisine ulaşma imkânı sağlanmaktadır.

Liu ve ark. (2019) Fenhe Nehri havzasının orta kesimlerinden tarım topraklarındaki sekiz ağır metal birikimini ve zamansal değişimini araştırmış; risk hesabı, kanserojen ve kanserojen olmayan risk değerlendirme yöntemini kullanarak bu ağır metallerin araştırma alanındaki ekolojik ve insan sağlığı risklerini değerlendirmiş; küme analizi ve temel bileşen analizi yoluyla ağır metallerin potansiyel kaynaklarını belirlemiş; ve olası kaynakların neden olduğu ekolojik ve insan sağlığı risklerini faktör analizi-çoklu doğrusal regresyon kullanarak analiz etmiştir.

Siddiqui ve Pandey (2019) Ganga Nehri'nin 2320 km uzunluğundaki 9 çalışma sahasında su ve yatak tortusunda sekiz ağır metalin analizi yapmıştır. Çalışmasında, su ve sedimentteki ağır metal konsantrasyonu, kontaminasyonun büyüklüğü ve Ganga Nehri'ndeki suda yaşayan organizmalara yönelik olası ekolojik riskler hakkında havza ölçeğinde veri tabanını hazırlamıştır.

Prica ve ark. (2019) çalışmalarında maden atık havuzlarının sığ sularında kendiliğinden gelişen *P. australis* bitkilerinin kök, rizom, gövde ve yapraklarındaki çeşitli ağır metallerin konsantrasyonları analiz etmişlerdir. Çalışmada, maden atıklarının kimyasal özelliklerini tanımlamış, ağır metallerin bitki içindeki dağılımını belirlemiş ve biyoakümülyasyona dayalı olarak *P. australis*'in fitoremediasyon potansiyelini değerlendirmek amacıyla ve translokasyon faktörlerini hesaplamıştır.

Chen ve ark. (2019) Taojiang Nehri üzerindeki su ve sedimentte sekiz ağır metalin dağılımı ve potansiyel ekolojik riskleri araştırmıştır. Sekiz ağır metalin konsantrasyonları, ICP-MS ile ölçülmüş ve daha sonra potansiyel ekolojik riski belirlemiştir.

Bai ve ark. (2018) *Potamogeton malaianus*, *Nymphoides peltata*, *Eichhornia crassipes* ve *Hydrilla verticillata*'daki ağır metallerin konsantrasyonlarını, bu bitkilerin ağır metalleri biyolojik olarak biriktirme potansiyellerini ve Taihu Gölü'ndeki olası kirliliği etkileyen faktörleri değerlendirmek için çalışma yapmışlardır.

Zhang ve ark. (2018) *Phragmites australis* ve *Suaeda salsa*'nın kökleri, gövdeleri ve yaprakları dahil olmak üzere bitki örneklerini, Çin'in Sarı Nehir Deltası'nın kısa süreli taşkın ve gelgit taşkın sulak alanlarından toplamıştır. Altı ağır metalin, seviyelerini ICP-AAS kullanarak her bitki türünün köklerinde, gövdelerinde ve yapraklarında ölçülmüştür.

Baldantoni ve Bellino (2021) biyomonitörlük için sıklıkla kullanılan *Phragmites australis*'in birikim kabiliyetini ve ağır metallerin birikimini araştırmıştır. Bu amaçla, volkanik Averno Gölü'nün (İtalya) kıyı bölgesindeki beş örnekleme alanında ve sonbahar mevsiminde ağır metal konsantrasyonları için analizler gerçekleştirmiştir.

Patra ve ark. (2021) kirlenmiş maden sahasındaki toksik metal birikiminin ekosistem için bir sorun olmasından dolayı, Poaceae familyasına ait türleri dünyadaki farklı kontamine alanlarda yapılmış çalışmaları bir araya getirerek toksik metal azaltma için hiperakümülatör kabiliyetini değerlendirmiştir.

Hafez ve ark. (2022) Mısırda bulunan kirlenmiş El-Qabouty bağlantı kanalı boyunca *Phragmites australis*'in kısımlarındaki ağır metal konsantrasyonlarındaki farklı lokasyonlu mevsimsel değişimleri değerlendirmek için çalışma yapmışlardır. Su, sediment ve bitki örneklerinde on iki ağır metal içeriğinin analizleri gerçekleştirilmiştir.

Khalilzadeh ve ark. (2022) İranda bulunan Urmia Gölü'nün tuzlu kıyı bölgesinde *Phragmites australis*'in atıksuların etkilerini toprak-bitki-su sistemi üzerinden araştırmıştır. Sulama suyu etkisi ile, toprak ve bitki dokularında potansiyel olarak toksik elementlerin konsantrasyonları tespit edilmiştir ve transfer faktörü ve biyoakümülyasyon faktörü hesaplanmıştır.

Timalsina ve ark. (2022) bitki ıslahı kavramını, ağır metallerin bitkiler tarafından uzaklaştırılmasının mekanizmalarını ve Nepal gibi gelişmekte olan ülkelerde bitki ıslahı teknolojilerinin potansiyel uygulamasını tartışmışlardır. Yazarlar ayrıca ticari olarak uygun hiperakümülatör türlerinin doğal dağılımlarını, ağır metal alım kapasitelerini ve Nepal'deki bulunabilirliklerini incelemişlerdir.

Santoro ve ark. (2022) İtalya'da Akdeniz havzası topraklarındaki Cd'nin sıklığı ve bitkileri yetiştirmek için arazilerin potansiyel kullanım perspektifini göz önüne alarak, *Arundo donax* bitkisini uzun bir kadmiyum uygulamasından sonra analiz etmişlerdir.

Cristaldi ve ark. (2020) *Arundo donax* ile çalışmış, hem toprakta hem de bitkideki metal konsantrasyonları ICP-MS ile ölçülmüş ve biyoakümülyasyon faktörü ve translokasyon faktörü yoluyla fitoremediasyon kabiliyeti değerlendirilmiştir.

Araştırma alanımızı temsil eden Asi Nehri'nde 2001-2011 yılları arasında farklı zamanlarda ve farklı araştırmacılar tarafından daha çok nehrin su kalitesi parametrelerinin irdelenmesi yönünden bazı çalışmalar yapılmıştır (Tasdemir ve Goksu, 2001; Ozdilek ve Sangun, 2007; Odemis ve Sangun, 2007; Turkmen ve Caliskan, 2011).

Daha sonraki yıllarda ise, Kilic ve Can (2017) Asi Nehri'nin 5 farklı lokasyonundan aldıkları su örneklerinde As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb ve Zn ağır metallerini incelemiş, istatistiksel analizlerini gerçekleştirmiş ve ağır metal konsantrasyonlarında yıldan yıla artış olduğunu vurgulamışlardır.

Agca ve ark. (2018) Amik Ovası'ndaki yüzey sularında sıcaklık, NH_4^+ , NO_3^- , P, çözülmüş oksijen, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını incelemiş ve istatistiksel analizler uygulamışlardır.

Turan ve ark. (2020) *Clarias gariepinus* balık türü ile Asi Nehri su örneklerinde ICP-OES ile ölçülmüş Cr, Cd, Cu, Fe ve Mn ağır metallerinin analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Ağır metallerin balık türü üzerindeki etkilerini de ayrıca vurgulamışlardır.

Agca ve Dogan (2020) Asi Nehri'nin su kalite parametre düzeylerini incelemişler, su örneklerinde pH, elektriksel iletkenlik, Na, K, Ca, Mg ile Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^{2-} , SO_4^{2-} analizlerini gerçekleştirmiştir.

Asi Nehri, çoğunlukla yüksek nüfus yoğunluğuna sahip, iyi gelişmiş ekonomisi olan bölgelerden geçmektedir. Endüstriyel ve evsel atık su, tarımsal kirlilik kaynakları ve atmosferik çökeltme ile ciddi şekilde kirlenme potansiyeline sahiptir. Asi Nehri bünyesindeki ağır metal içerikleri ile besin elementleri durumu büyük ölçüde bilinmemektedir. Sedimentlerdeki element içerikleri ile suyun fizikokimyasal parametreleri arasındaki ilişki de yakın zamanda çalışılmamıştır. Ayrıca Asi Nehri (Hatay)'nde, *A. donax* ve *P. australis* türleri ile *E. crassipes* istilacı türü örneklenerek su-toprak-bitki ilişkisini detaylı olarak ortaya koyan herhangi bir çalışmaya da rastlanılmamıştır. Gerçekleştirilmiş olan bu çalışma, ilk defa tarafımızca yapılmış olup, bu konunun daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasına katkıda bulunmakla birlikte, ulusal ve uluslararası literatürdeki bu eksikliğin giderilmesi de amaçlanmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez çalışması süresince gerçekleştirilen deneylerde özellikleri Çizelge 3.1.'de belirtilen kimyasallar kullanılmıştır. Enstrümental analizler ise Çizelge 3.2.'de belirtilen cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışma sürecinde kullanılan kimyasallar ve özellikleri.

Bileşik	Markası	Saflık	Molekül Formülü	M _A (g mol ⁻¹)
Setiltrimetil amonyum bromür	Merck	≥99%	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ N(Br)(CH ₃) ₃	364.45
Bakır sülfat	Merck	≥98%	CuSO ₄ ·5H ₂ O	249.69
Etilendiamin tetraasetik asit	Merck	≥99%	(HO ₂ CCH ₂) ₂ N(CH ₂) ₂ N(CH ₂ CO ₂ H) ₂	292.24
Borik asit	Merck	≥99.5%	H ₃ BO ₃	61.83
Hidroklorik asit	Merck	37%	HCl	36.46
Hidroflorik asit	Merck	48%	HF	20.01
Nitrik asit	Merck	70%	HNO ₃	63.01
Sülfürik asit	Merck	≥95%	H ₂ SO ₄	98.08
Magnezyumklorür	Merck	≥98%	MgCl ₂	95.21
Sodyum sülfat	Merck	≥99%	Na ₂ SO ₄	142.04
Nitrit	Merck	1000 mg L ⁻¹	NO ²⁻	-
Nitrat	Merck	1000 mg L ⁻¹	NO ³⁻	-
Fosfat	Merck	5-120 mg L ⁻¹	PO ₄ ³⁻	-
Selenyum oksit	Merck	≥98%	SeO ₂	110.96
Trisasetat-EDTA	Merck	-	C ₁₆ H ₃₁ N ₃ O ₁₃	473.43

Çizelge 3.2. Çalışma sürecinde kullanılan cihazlar, özellikleri ve kullanım amaçları.

Cihaz	Marka/Model	Kullanım Amacı
pH metre	Hanna/HI 98100 Hanna/HI 2211	Arazide su numunesi alımı esnasında anlık pH ölçümü Laboratuvar ortamında çözelti hazırlama işlemlerinde pH ve sıcaklık ölçümü
Dijital termometre	Optana/TP	Arazide su numunesi alımı esnasında anlık sıcaklık ölçümü
GPS	Magellan/eXplorist 510	Arazide örnekleme yapıldığı lokasyonlarda koordinatlar ve rakım kaydı
Etüv	Nüve/EN 400	Laboratuvar ortamına getirilen sediment ve bitki numunelerinin kurutulması
Yüksek hızlı Ögütücü	Lavion/500	Bitki kısımlarına ait numunelerin toz haline öğütülmesi
Analitik terazi	Precisa/XB 220A SCS	Numunelerin yüksek hassasiyetle (0.0001g) tartılması
Mikroalga	Berghof/MWS2	Sediment ve bitki numunelerine ait parçaların ICP-OES analizleri için asit ortamında çözündürülmesi
ICP-OES	PelkinElmer/Optima 7000DV	Su, sediment ve bitki numunelerinde element konsantrasyonlarının belirlenmesi
VIS Spektrofotometre	Merck/Spectroquant Prove 100	Su numunelerinde nitrit, nitrat, fosfat iyon analizlerinin yapılması
Kjeldahl test cihazı	Gerhardt/Kjeldatherm KT20s	Sediment ve bitki numunelerinde toplam N miktarının tespiti
Damıtma ünitesi	Gerhardt/Vapodest 450	Sediment ve bitki numunelerinde toplam N miktarının tespiti
-20°C Derin dondurucu	Bosch/GSD30N12NE	Araziden toplanan bitki numunelerinin saklanması
Soğutmalı Santrifüj	Eppendorf/5424R	Bitki numunelerinde DNA çöktürme işlemleri
Santrifüj	Thermo Scientific/Espresso	Bitki numunelerinde DNA çöktürme işlemleri
PCR	Bio-Rad/T100	Bitki numunelerinde genetik materyalin çoğaltılması
Çalkalayıcı	WiseMix/RK2D	Çözelti hazırlama işlemleri
Vortex	BioSan/V 1plus	Örneklerde anlık dağılma sağlama işlemleri
Spektrofotometre	Thermo Scientific/Multiskan go	Çoğaltılmış bitki DNAsı örneklerinde 260nm/280nm oranlarının belirlenmesi, DNA miktarı kantitatif olarak belirlenmesi
Mikropipetler	Axypet/Autoclavable 0.1-2 µL, 10-100 µL, 20-200 µL ve 100-1000µL	Çözelti hazırlama işlemleri, genetik materyalin transferi işlemleri
Görüntüleme sistemi	Biorad/ChemiDoc MP	Jel elektroforezi sonunda DNA bant görüntülerinin alınması

3.1.1. Su, toprak ve bitki numunelerinin toplanması ve örnekleme alanı

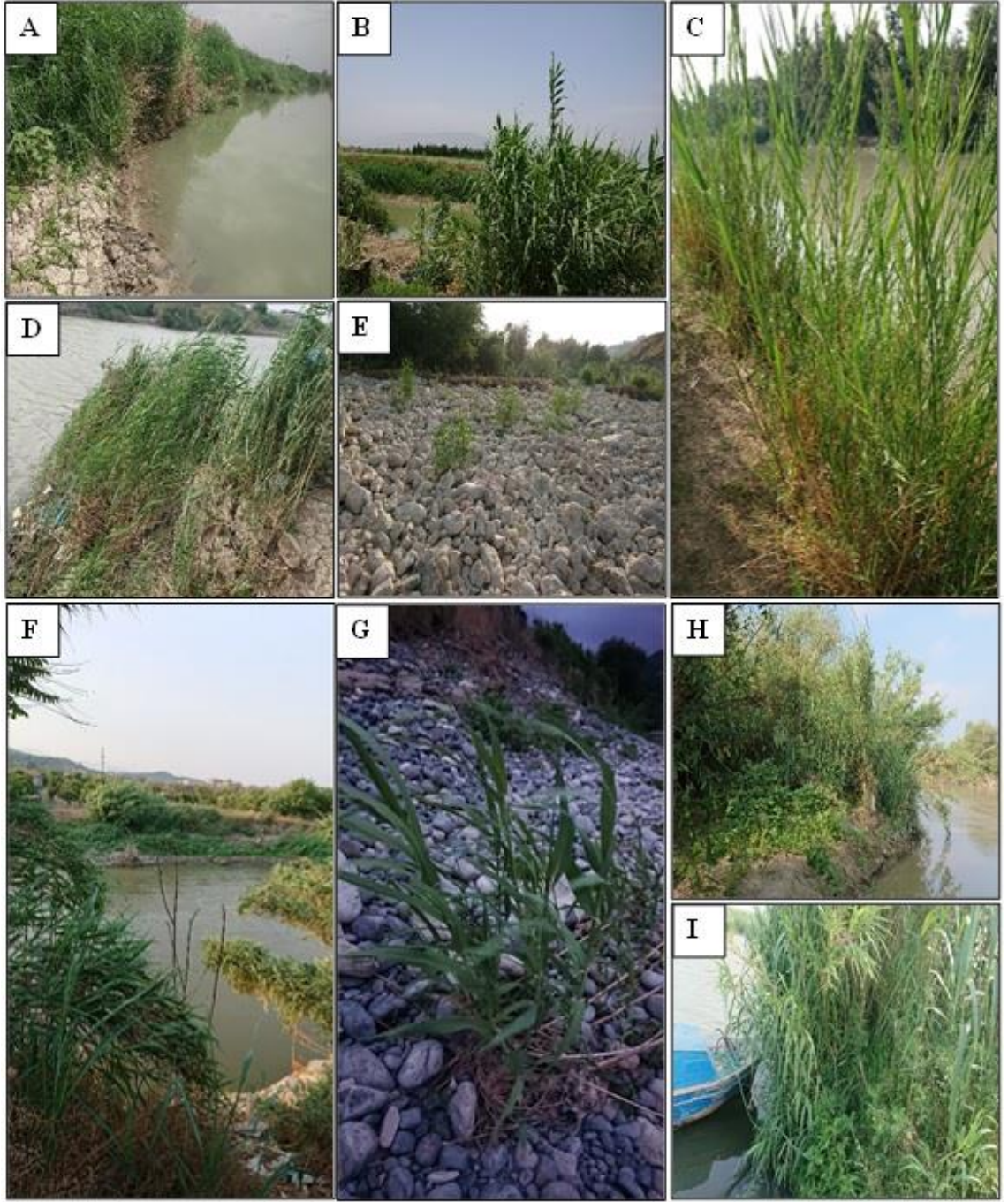
Asi Nehri, Lübnan'da bulunan Bekaa Vadisi'nin doğu yakasından doğar ve Türkiye'nin Hatay ili kıyılarından Akdeniz'e dökülür. Asi Nehri'nin toplam uzunluğu 556km olup, 366km'si Suriye'de, 98km'si Türkiye'de, 40km'si Lübnan'dadır (Gurbuz, 2020). Asi Nehri hemen hemen tüm havzası boyunca tekne ve ova şekilli geniş vadilere, yer yer derin ve dar boğazlara sahip olup, Akdeniz'e ulaştığı noktada geniş bir delta oluşturmuştur (Khoury ve Al-Moufti, 2022).

Bu çalışma Türkiye'nin Hatay ili sınırları içerisinde geçen Asi Nehri dikkate alınmıştır. Deniz seviyesinden yaklaşık 83m yükseklikten başlayarak, Asi Nehri'nin Akdeniz'le birleştiği lokasyon dahil olmak üzere 9 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır (Şekil 3.1.). Planlanan çalışma kapsamında, *A. donax* ve *P. australis* örnekleri yaprak-gövde-rizom olarak 2 yılda 2 farklı vejetasyon dönemi olmak üzere toplam 4 farklı dönem için arazi çalışması tamamlanmıştır. Her lokasyona ait su ve sediment örneklerinin ayrı ayrı sızdırmaz kaplara aktarımı sahada gerçekleştirilmiştir.

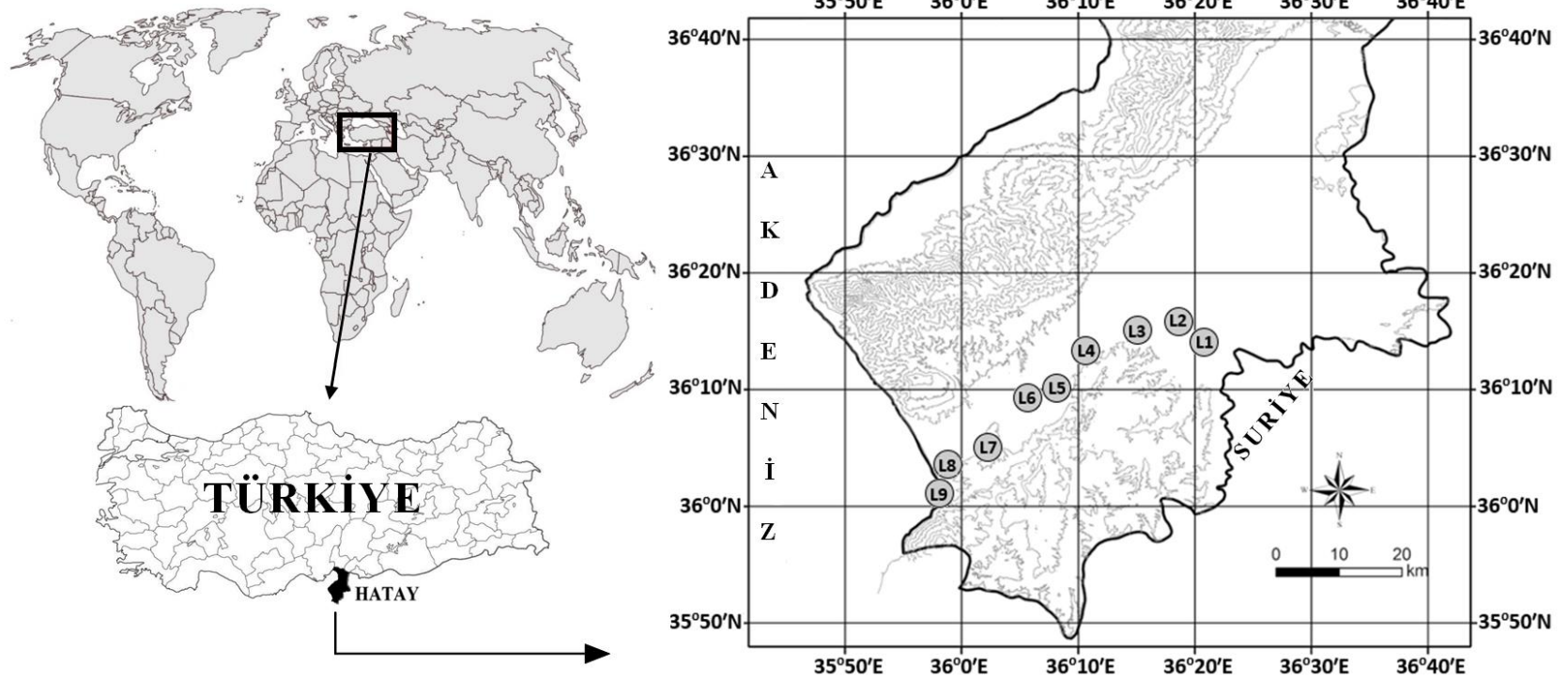
Aynı zamanda *E. crassipes* istilacı türüne ait yaprak-kök-petiol-çiçek kısımlarının, çalışmanın 1. ve 2. yıl güz dönemlerinde 9 farklı noktadan örnekleme yapılmıştır.

Araştırma alanında tespit edilmiş lokasyonlara ait bazı bilgiler Şekil 3.2.'de harita üzerinde işaretlenmiş ve Çizelge 3.3.'te de detaylı olarak açıklanmıştır.

Asi Nehri'nin Türkiye sınırından başlayarak Akdeniz'e bağlandığı ekoton bölgesine kadar olan kısmı farklı kirlilik seviyelerine sahip olacağı öngörülen 9 farklı alanda planlanarak örnekleme yapılmıştır. Böylelikle Asi Nehri'nin uzunluğu da dikkate alınarak sanayi, şehir merkezi, tarımsal alanlar ve karayollarına yakınlığı gibi birbirinden farklı çevresel faktörlere sahip alanlar seçilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma kapsamında belirlenen örnekleme yerlerinden görseller. A: Demirköprü, B: Madenboyu, C: Üzümdalı, D: Sanayi, E: Antakya şehir merkezi, F: Değirmenyolu, G: Sinanlı, H: Samandağ girişi, I: Samandağ sahil.



Şekil 3.2. Çalışma kapsamında belirlenen örnekleme yerleri. L1: Demirköprü, L2: Madenboyu, L3: Üzümdalı, L4: Sanayi, L5: Antakya şehir merkezi, L6: Değirmenyolu, L7: Sinanlı, L8: Samandağ girişi, L9: Samandağ sahil.

Çizelge 3.3. Çalışma kapsamında belirlenen örnekleme yerlerine ait bazı bilgiler.

Lokaliteler	Koordinatlar	Rakım	Lokalite bilgileri
L1: Demirköprü	36°14'38.0004"K 36°21'6.0006"D	90m	Suriye sınırına en yakın lokasyon, Tarımsal faaliyetler yoğun, Karayoluna çok yakın konumda.
L2: Madenboyu	36°16'1.0200"K 36°18'28.9800"D	87m	Tarımsal faaliyetler nehrin her iki yanında yoğun.
L3: Üzümdalı	36°15'56.3034"K 36°15'15.588"D	86m	Karayollarına çok yakın konumda, Tarımsal faaliyetler yoğun, Büyükbaş hayvancılık yapılmakta, Ahırlar bulunmakta.
L4: Sanayi	36°13'58.6200"K 36°11'8.3400"D	84m	Antakya şehir merkezine çok yakın, Oto yollarına çok yakın olması, Araç trafiğinin çok aktif, Yoğun sanayi sitelerinin bulunduğu lokasyon (Mobilya, boya, plastik, oto tamir, vs.).
L5: Antakya şehir merkezi	36°10'47.6040"K 36°8'14.2440"D	60m	Yoğun antropojenik faaliyetler var, Yoğun şehirleşme ve yoğun araç trafiği mevcut, mağaza, dükkân, alışveriş merkezine çok yakınında konumlanması.
L6: Değirmenyolu	36°9'45.3594"K 36°6'28.0440"D	55m	Antakya şehir merkezi çıkışında, Lokalde olsa seracılık faaliyetleri var, Orta düzeyde araç trafiği yoğunluğu var.
L7: Sinanlı	36°5'22.1634"K 36°3'27.8994"D	22m	Samandağ ile Harbiye arasında bulunan geçiş bölgesi, çok az olsa da yerleşim yerleri mevcut.
L8: Samandağ girişi	36°3'59.8680"K 35°59'19.3920"D	8.8m	Mezbahaya çok yakın konumda, Yoğun seracılık faaliyetleri var, Yoğun antropojenik faaliyetler var, Oto yollarına yakın konumda, Turizm mevsiminde çok yoğun araç trafiği var.
L9: Samandağ sahili	36°2'45.888"K 35°58'1.6674"D	0.8m	Estuarin bölgesi, Gel git hareketinin giriş bölgesi, Yoğun seracılık faaliyetleri var, Turizm mevsiminde çok yoğun araç trafiği var, Balıkçılık faaliyeti var, Balıkçı teknelerinin burada konumlanması, Balıkçı teknelerinin bakım onarım işlerinin yapılması, Mavi bayrak olmayan sahil var.

3.2. Yöntem

3.2.1. Element ve iyon içeriğinin belirlenmesi

Planlanan çalışma kapsamında, *A. donax* ve *P. australis* örnekleri yaprak-gövde-rizom (toprakaltı kısım) 2 yılda 2 farklı vejetasyon dönemi olmak üzere toplam 4 farklı dönem için ve *E. crassipes* örneklerinde ise yaprak-kök-petiol-çiçek olarak 2 farklı güz dönemi için arazi çalışması tamamlanmıştır. Eş zamanlı olarak tüm su örneklerinde sıcaklık ve pH değerleri yerinde ölçülerek kayıt altına alınmıştır.

Örnekleme tamamlanan lokasyonlarda toplanan bitki örnekleri, yaprak-gövde-rizom ile yaprak-kök-petiol-çiçek olarak ayrıldıktan sonra kaba filtre kağıtlarına etiketlenerek sahada ve laboratuvar ortamında paketlenmesi yapılmıştır (Şekil 3.3. ve Şekil 3.4.). Ayrıca tüm bitki kısımları küflenmelere karşı laboratuvar ortamına getirildiği gibi, 80°C’de 48 saat etüvde bekletilerek kurumaları da sağlanmıştır.

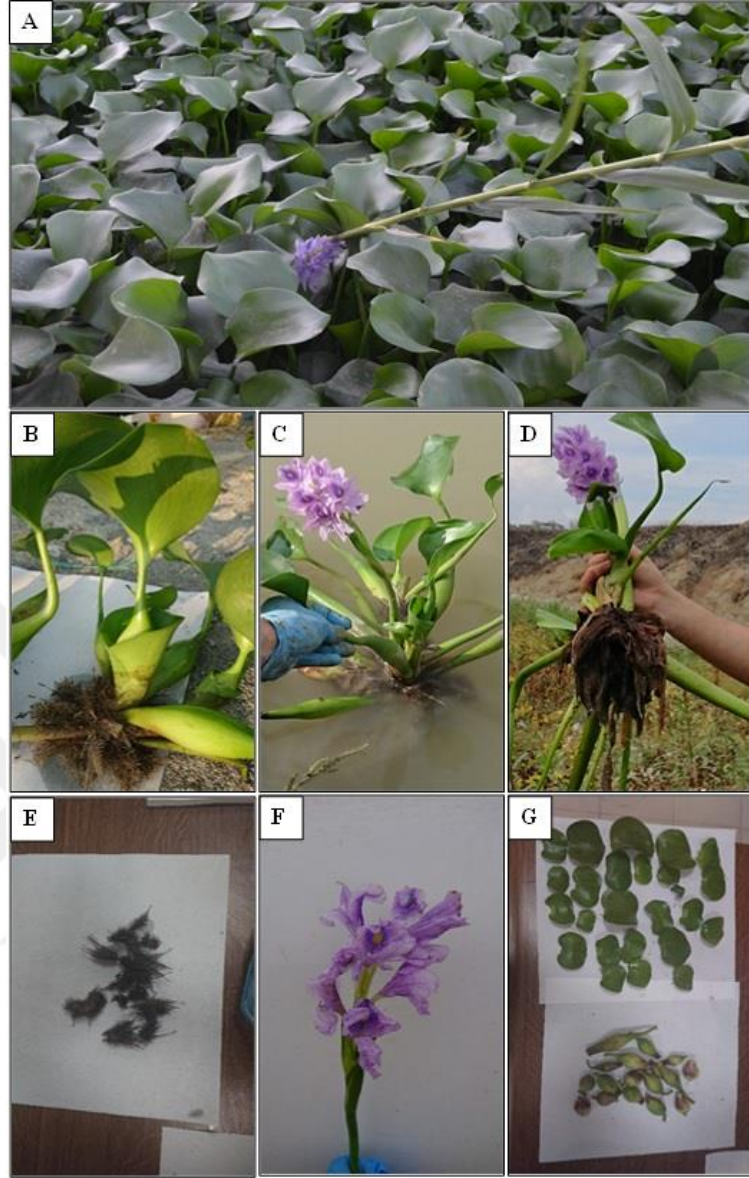


Şekil 3.3. Çalışma kapsamında örneklenen *A. donax*, *P. australis*, su ve sediment örneklerinin analize hazırlanması.

- A: Paketlenerek kurutulmuş bitki örnekleri. B ve C: Homojenlik sağlanması için bitki örneklerinin öğütücüye yerleştirilmesi. D: Öğütücüden sonra elekten geçirilerek etiketlenmiş klipsli poşetlere transferi. E: Her bir örneğin poşetlenerek analize hazırlanması. F: Su ve sediment örneklerinin analiz öncesi sınıflandırılması.

Nemi uzaklaştırılarak etüvde kurutulan bitki kısımlarına ait numuneler Yüksek Hızlı Öğütücü (Lavion) ile homojenlik sağlanması ve tutarlı bir analiz sonucu elde etmek için toz haline getirilmişlerdir.

Alınan sediment numuneleri cam petriler içine aktarıldıktan sonra 80°C’de 48 saat etüvde kurutulmuşlar ve 2mm por çapına sahip çelik elekten geçirilerek tartıma hazır hale getirilmiştir (Yalcin ve ark., 2020).



Şekil 3.4. Çalışma kapsamında örneklenen *E. crassipes* örneklerinin analize hazırlanması.

A: İstilacı tür toplanmasında çiçekli bitki örneğinin seçilmesi. B, C ve D: İstilacı tür bitki örnekleri. E: İstilacı tür kök örnekleri. F: İstilacı tür çiçek örneği. G: İstilacı tür yaprak (üstte) ve petiol (altta) örnekleri.

Asi Nehri'nden alınan su numunelerinde element analizleri yapılmak üzere, steril 50ml falcon tüplere mavibant filtre kağıdından süzülerek aktarılmıştır. Filtre edilmiş örneklerden yeni bir falcon tüpe %1 HNO₃ ile seyreltme işlemi yapılarak element analizlerinin yapılması için hazır hale getirilmiştir (Yılmaz ve ark., 2021).

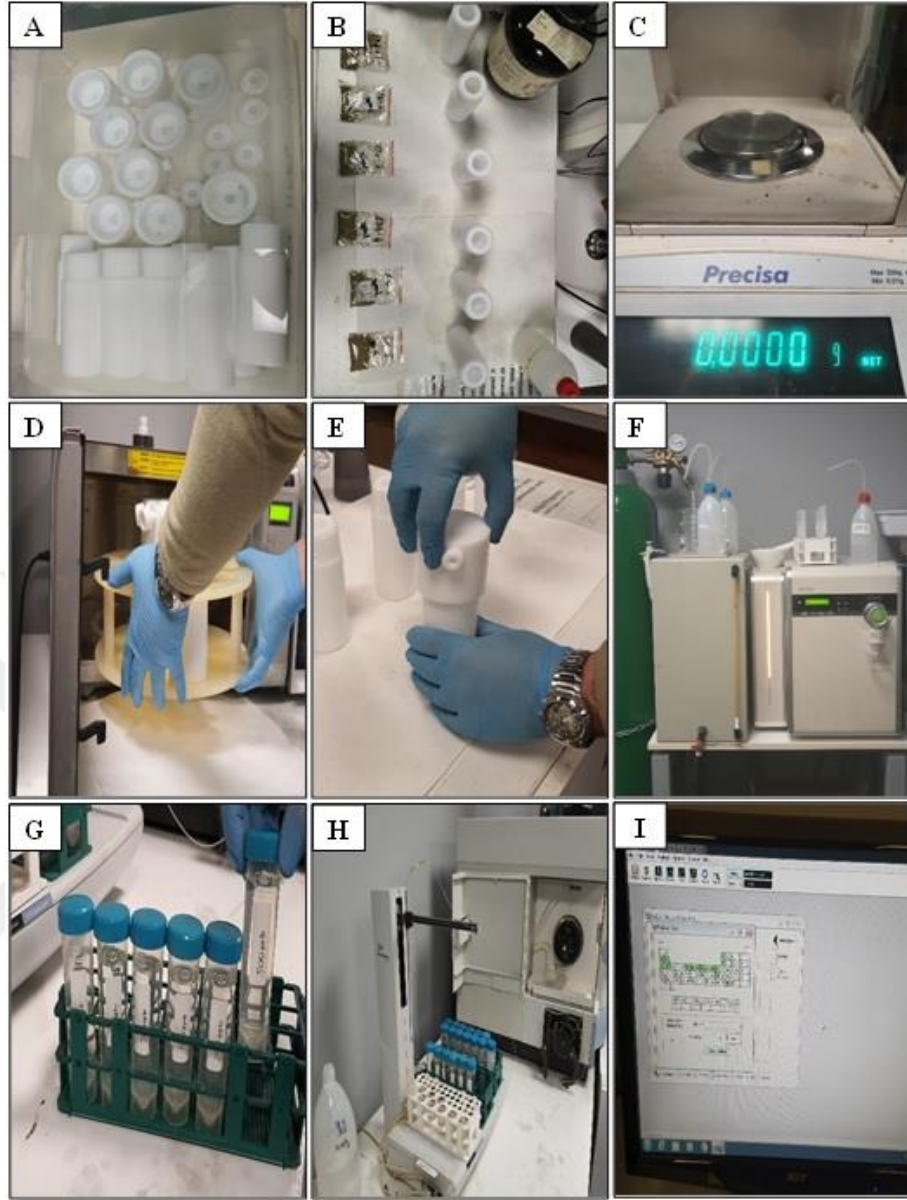
Bitki ve sediment numuneleri, 0.2000-0.2250g aralığında analitik terazide (Precisa XB 220A SCS) tartımlar alınmış ve Berghof –MSW2 marka model mikrodalga cihazının teflon hücrelere aktarılmıştır.

Bitki kısımları için 8ml %65 Merck marka HNO_3 , sediment numuneleri için, 6ml %65 Merck marka HNO_3 , 3ml %37 Merck marka HCl ve 2ml %48 Merck marka HF konulmuştur. Hazırlanan örnekler kullanılarak çözündürme işlemi gerçekleştirilmiştir (Yalcin ve ark., 2020).

İşlem sonrası numuneler ultra saf su kullanılarak 50ml'lik steril falcon tüplere mavi bant whatman filter ile süzülerek aktarılmıştır. Bu işlemlerden sonra, multi-element standart solüsyonu (1000 mg L^{-1} – Merck) kullanılarak Al, B, Ca, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb ve Zn element analizi ICP-OES (PelkinElmer – Optima 7000DV) cihazı ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5.).

Su numunelerinde NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} iyon konsantrasyonları (mg L^{-1}), VIS Spectrophotometer (Merck - Spectroquant Prove 100) ile test kitleri kullanılarak belirlenmiştir (Jucherski ve ark., 2022).

Bitki ve sedimentteki total N içeriği Kjeldahl methodu kullanılarak belirlenmiştir. Sistem, yakma, damıtma ve titrasyon üç adımı içermektedir. 1er g'lık numuneler yakma tüplerine (Gerhardt, Kjeldatherm KT20s) konulmuştur. Yakma tüplerine 15ml %98 H_2SO_4 (Merck) and 2.5g kataliz (içeriği Na_2SO_4 , CuSO_4 and SeO_2) eklendi, 400°C 'de bir çeker ocak içinde solüsyon berraklaşana kadar 2 saat süreyle yakma işlemi yapılmıştır. Bir adet blank içeriği de aynı şekilde muamele edilmiştir. Numuneler oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra damıtma ünitesine (Gerhardt, Vapodest 450) alınmış, 75 mL distile su eklenmiş ile 75 mL %40 NaOH eklenmiştir. Reaksiyon sonucu ortaya çıkan NH_3 'ün 30mL %2'lik H_3BO_3 içerisinde tutulması sağlanmıştır. Son aşamada numuneler indikatör olarak etil alkolde çözünen metil kırmızısı ve bromkresol yeşili kullanılarak 0.1N HCl ile dönüm noktasına kadar titre edilmiştir ve toplam N içeriği belirlenmiştir (Dewangani ve ark., 2021).



Şekil 3.5. Çalışma kapsamında konsantrasyonu belirlenen elementlerin analiz süreci. A: Mikrodalga kapalı sisteminde kullanılan teflon hücreler ve kapakları. B: Analiz edilecek örneklerin teflon hücrelerle eşleştirilmesi. C: Tartım süreçlerinde kullanılan hassas terazi. D: Teflon hücrelerin mikrodalga içine yerleştirildiği yuva. E: Her bir örneğin ayrı ayrı yerleştirildiği teflon hücre ve kapaklanması. F: Element analizi sürecinde kullanılan saf suyun eldesinde kullanılan cihaz. G: Element analizi için kalibrasyon örnekleri. H: ICP-OES element analizi süreci. I: Element analizi için seçili elementlerin listesi.

Elementel analizlerin doğruluğu ve tutarlılığı, içeriği bilinen konsantrasyonlara sahip çok elementli kalibrasyon çözeltileri ve blank çözeltilerinin tekrar eden analizleri uygulanarak kontrol edilmiştir. LoD (tespit sınırı) and LoQ (tayin sınırı) değerleri ICP-OES analizi için her bir element için hesaplanmıştır. Su, sediment ve bitki örneklerinin

elementel konsantrasyonlarını belirlemek için uygulanan cihaz ayarları (ICP-OES) ve parametreleri tez içeriğinde kullanılmak üzere kayıt altına alınmıştır. Bu çalışma kapsamında, element analizi işlemleri Bahçeşehir Üniversitesi - Fotonik&Nano Cihazlar Araştırma Laboratuvarı'nda, azot analizi işlemleri Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi - NABİLTEM Laboratuvarı'nda, su örneklerindeki iyon konsantrasyonu ölçümleri Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi - MARGEM Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. DNA izolasyonu ve ISSR İşaretleyicileri

Tez sürecinde planlandığı gibi yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan değerler incelendiğinde, *Arundo donax* L. ve *Phragmites australis* L. için örneklenen lokasyonlar arasında ağır metal konsantrasyonu olarak en yüksek ve en düşük seviyede olanlar belirlenmiştir. Biyoakümülyasyon faktörleri ve translokasyon faktörleri hesaplanmış bu verilere destekleyici veri olması adına genotoksik etkileri “Inter Simple Sequence Repeat” (ISSR) moleküler işaretleyicileri kullanılarak analiz edilmiş, bant kayıpları, yeni bant oluşumları, bantlarda yoğunluk değişimi gibi parametrelere bakılarak bant profilleri incelenmesi yapılmıştır (Şekil 3.6.).

Planlanan analizler kapsamında, lokasyon bazlı en düşük ve en yüksek ağır metal konsantrasyonu içeren alanlarda, her bir lokasyon için *A. donax* ve *P. australis* yaprak örnekleri 10 farklı bireyden alınarak alüminyum folyolara sarılmış, arazide buz aküleri bulunan yalıtımlı saklama kaplarına klipsli poşetlerle aktararak korunmuştur. Laboratuvar ortamına getirilen örnekler -20°C'de derin dondurucularda analizleri yapılncaya kadar saklanmıştır. Taze yapraklardan DNA izolasyonu için 0.500g tartılarak, alüminyum folyolarla buz içerisinde bekletilmiştir. Yaprakların küçük parçalara ayrılması seramik makasla gerçekleştirilmiş, her bir örnekten önce saf metanol ile silinerek kontaminasyon ve bir önceki bireyin DNA'sının geçmesi önlenmiştir. DNA izolasyonu Doyle (1987) ve Doyle (1990) metoduna göre yapılmış bu amaçla CTAB (Cetyltrimethyl ammonium bromide), NaCl, EDTA (Ethylene diamine tetraacetic acid) ve Tris [Tris (hydroxymethyl) aminomethane] solüsyonları DNA izolasyonu için hazırlanmıştır. Porselen havanda dövülerek homojenize edilen yaprak örneklerine tampondan eklenerek karıştırılmıştır. Öğütülen örnekler 2ml CTAB izolasyon tamponu ve 0.05gr PVP (Polivinil Prolidon) içinde 65°C'de 1 saat inkübe edilmiştir.

Kloroform/Oktanöl (24:1)'den 1ml eklenerek +4°C'de soğutuculu santrifüj ile faz ayrılması sağlanmıştır. Süpernatant temiz bir tüpe alınarak üzerine soğuk ve eşit hacimde izopropil alkol eklenerek DNA içeriği iplikçikler halinde görülünceye kadar +4°C'de 1 saate kadar bekletilmiştir.

Santrifüj cihazında 13000 rpm'de 15dk santrifüj işlemi yapılarak DNA çöktürülmüştür. Süpernatant atılarak pellet üzerine %70 etil alkol eklenerek yıkama işlemi yapılmıştır.

İzole edilen DNA örneklerinin konsantrasyonun belirlenmesi için spektrofotometrede ölçümleri yapılmış, 260nm/280nm oranları ile DNA miktarı kantitatif olarak belirlenmiştir. Miktarı belirlenmiş DNA örnekleri ultra saf su ile eşit konsantrasyona seyreltilmiş ve PCR karışımı içinde (10X buffer tampon - 3µL, 25 mM MgCl₂ - 3µL, 20mM dNTPmix - 0.2µL, TaqDNA - 0.2µL, kalıp DNA - 1µL), ISSR primerleri (UBC814, UBC826, UBC827 ve UBC834) (10µM primer - 1.5µL) ve nükleaz içermeyen ultra saf su (11.1 µL) kullanılarak ilgili bölgelerin PCR'da çoğaltılmaları sağlanmıştır.

2.250g agaroz, 150ml TAE (Asetik asit EDTA) içerisinde çözündürülmüş ve 3µL etidyum bromür kullanılarak elektroforez için jel hazırlanmış, jeldeki kuyucuklara DNA yüklemesi yapılarak elektroforez işlemi gerçekleştirilmiştir. DNA yürütülmesi sonucu elde edilen görüntüler UV ışık altında görüntülemeleri yapılarak bant görüntüleri elde edilmiştir. Bant görüntüsü elde edilen DNA içeriğine göre ISSR bant profillerinin analizleri GelAnalyzer 2010 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlgili DNA bantları gözlemlenerek, genomik kararlılık oranları aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Dogan ve ark., 2021; Bagheri ve ark., 2022; Brahimi ve ark., 2022).

$$\{1 - (n - a)|n\} \times 100 \quad (3.1.)$$

a: Ağır metal konsantrasyonu kaynaklı stresinin en yüksek olduğu bitki yaprak örneklerindeki ortalama polimorfik bant sayısı,

n: Ağır metal konsantrasyonu kaynaklı stresinin en düşük olduğu bitki yaprak örneklerindeki bant sayısıdır.

Bu çalışma kapsamında, DNA izolasyonu, elektroforez ve bant görüntüleme işlemleri Marmara Üniversitesi – Bitki Moleküler Biyolojisi ve Biyoteknolojisi

Laboratuvarı ile Bahçeşehir Üniversitesi – Moleküler Biyoloji ve Genetik Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.





Şekil 3.6. Çalışma kapsamında DNA izolasyonu ve ISSR bant profillerinin eldesi süreci.
A, B, C ve D: DNA izolasyonu için solüsyonların hazırlanma süreci. E: Analiz sürecinde örneklerin buz havuzunda bekletilmesi. F: Soğutuculu santrifüj. G: Örneklerin soğutuculu santrifüje simetrik yerleştirilmesi. H: Örneklerin PCR cihazına yerleştirilmesi. I: Elektroforez işlemi için jel hazırlanması. J: Jeldeki kuyucuklara DNA yüklemesinin yapılması. K: DNA bant görüntüleme sistemi.

3.2.3. Veri analizi

Multivariate analysis of variance (Manova) ve pearson correlation coefficient sonuçları “IBM SPSS Statistics 25” yazılımı kullanılarak uygulanmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyleri $**p<0.01$ ve $*p<0.05$ olarak belirlenmiştir. Sediment ve bitki kısımları numunelerine ait element konsantrasyonları belirlenmesi sonrasında, bitki türlerinde element hareketliliğini değerlendirmek için biyoakümülyasyon ve translokasyon faktörleri için değerleri hesaplanmıştır.

3.2.4. Saptama ve ölçüm limiti

Elementel analizlerin doğruluğu ve tutarlılığı, bilinen konsantrasyonlara sahip çok elementli kalibrasyon çözeltilerin ve blank çözeltilerin tekrar eden analizleri uygulanarak kontrol edilmiştir. LoD ve LoQ değerleri ICP-OES analizi için belirlendi ve aşağıdaki formüller kullanılarak her bir element için hesaplandı (Cao ve ark., 2016; Goncalves ve ark., 2019).

$$LoD = \phi_n \times SD \quad (3.2.)$$

$$LoQ = \phi_q \times SD \quad (3.3.)$$

Denklemlerde SD, blank numunesinin on tekrarının standart sapmalarının ortalaması için verilirken, ϕ_n ve ϕ_q değerleri sırasıyla 3 ve 10 ile çarpanlarını açıklar. Su, sediment ve bitki örneklerinin elementel konsantrasyonlarını belirlemek için uygulanan cihaz ayarları ve parametreler araştırma bulgularında detaylı olarak belirtilmiştir.

3.2.5. Biyoakümülyasyon ve translokasyon faktörü hesaplaması

Sediment ve bitki kısımları numunelerine ait element konsantrasyonları belirlenmesi sonrasında, bitki türlerinde element hareketliliğini değerlendirmek için biyoakümülyasyon ve translokasyon faktörleri için değerler aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Nabuyanda ve ark., 2022).

$$\text{Biyoakümülyasyon Faktör (BAF)} = C_{\text{toprakaltı kısım}}/C_{\text{sediment}} \quad (3.4.)$$

$$\text{Translokasyon Faktörleri (TF)} = C_{\text{gövde}}/C_{\text{toprakaltı kısım}} \quad (3.5.)$$

$$\text{Translokasyon Faktörleri (TF)} = C_{\text{yaprak}}/C_{\text{toprakaltı kısım}} \quad (3.6.)$$

$$\text{Translokasyon Faktörleri (TF)} = C_{\text{yaprak}}/C_{\text{gövde}} \quad (3.7.)$$



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Element analizlerinde en çok tercih edilen analitik cihazların başında ICP-MS ve ICP-OES gelmektedir. Yüksek hassasiyetin yanında aynı numuneye ait elementlerin sıralı olarak okunmasına olanak vermektedir. Milyonda bir (ppm) seviyesinde hassasiyete en uygun ve dedekte etme aralığı ICP-OES'in daha geniş olduğu için çalışma kapsamındaki elementlerin ölçümleri ICP-OES ile gerçekleştirilmiştir. Başta su numuneleri olmak üzere yapılan ölçümlerdeki güvenilirlik ve hassasiyeti belirlemek amaçlı hesaplanan tespit limiti ve tayin sınır değerleri ile ilgili parametreler topluca Çizelge 4.1'de verilmiştir. Her bir element için ayrı ayrı belirlenen tespit ve tayin limitlerinin, belirlenen konsantrasyonların literatüre uygunluğunun yanında çalışma kapsamında kabul edilebilirliğini de göstermektedir.

Çizelge 4.1. Elementlerin ICP-OES ile tespiti için doğrulama parametreleri.

Element	Spektral çizgi (nm)	LoD (mg kg ⁻¹)	LoQ (mg kg ⁻¹)	RSD (%)	R ²
Al	396.153	0.227	0.757	0.74	.999951
B	249.677	0.098	0.327	0.91	.999927
Ca	317.933	0.631	2.103	1.37	.999902
Cd	228.802	0.009	0.030	0.65	.999934
Co	228.616	0.010	0.033	0.85	.999883
Cr	267.716	0.012	0.040	1.02	.999890
Cu	327.393	0.026	0.087	0.88	.999872
Fe	238.204	0.302	1.007	0.94	.999898
K	766.490	0.474	1.580	1.45	.999973
Mg	285.213	0.103	0.343	0.71	.999909
Mn	257.610	0.084	0.280	1.05	.999940
Na	589.592	0.206	0.687	1.22	.999867
Ni	231.604	0.007	0.023	0.82	.999905
P	213.617	0.092	0.307	1.41	.999793
Pb	220.353	0.017	0.057	0.79	.999860
Zn	213.857	0.085	0.283	1.33	.999924

LoD: tespit sınırı; LoQ: tayin sınırı;
RSD: bağıl standart sapma; R²: belirlilik katsayısı.

Çalışma kapsamında analiz edilen makro-mikro elementler ve ağır metallere ait konsantrasyon değerlerinin hata payları %0.65 ile %1.45 aralığında belirlenmiştir. Aynı zamanda en az 0.999 belirlilik katsayısının ölçümler öncesi elde edilmesine dikkat edilmiştir.

4.1. Su Numuneleri Element Verileri

Çalışma kapsamında toplanan su örneklerine ait sıcaklık ve pH değerleri Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Sıcaklık için en yüksek değer, 1. yıl bahar döneminde L2-Madenboyu'nda 28°C, en düşük değer 1. yıl güz döneminde L1-Demirköprü'de 22.5 °C olarak belirlenmiştir. pH için ise en yüksek değer, 1. yıl bahar döneminde L4-Sanayi bölgesinde 8.23 olarak, en düşük değer, 2. yıl güz döneminde L9-Samandağ Sahil'de 6.92 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan su örneklerine ait NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} (mg L^{-1}) iyon değerleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Bazı dönem ve lokasyonlarda ise iyon konsantrasyonları belirlenememekle beraber en yüksek değerleri sırasıyla; NO_2^- için 0.09 (1. yıl bahar döneminde, L1-Demirköprü, L2-Madenboyu ve L3-Üzümdalı) belirlenmiştir. NO_3^- için 15.00 (1. yıl bahar döneminde L9-Samandağ sahili) ve PO_4^{3-} için 2.45 (2. yıl bahar dönemi L5-Antakya şehir merkezi) olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan su örneklerine ait makro-mikro element konsantrasyonları en yüksek ve en düşük olarak ($\mu\text{g L}^{-1}$); B için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 2641.22 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 1970.87, Ca için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 30511.88 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 22680.58, K için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 16952.39 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 12571.47, Mg için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 10529.61 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 7585.96, Na için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 4955.66 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 3739.69 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan su örneklerine ait ağır metal konsantrasyonları en yüksek ve en düşük olarak ($\mu\text{g L}^{-1}$); Al için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 3744.08 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 2775.60, Cd için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 80.69 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 60.91, Co için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 326.70 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 239.92, Cr için sırasıyla,

2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 733.69 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 548.63, Cu için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 1093.29 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 818.31, Fe için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 14321.52 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 10677.72, Mn için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 867.93 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 650.00, Ni için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 294.49 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 217.50, Pb için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 114.30 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 86.21, Zn için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 1863.97 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 1365.16 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde sıcaklık ve pH değerleri.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Sıcaklık °C	L1	26.4	22.5	24.5	26.6
	L2	28.0	22.7	24.5	27.4
	L3	27.8	27.6	24.1	27.7
Limit değerleri: ≤25.0-30.0	L4	27.4	23.5	23.9	26.8
	L5	27.3	24.6	25.0	26.9
	L6	26.9	24.7	25.3	26.8
	L7	26.2	25.1	24.6	27.9
	L8	24.3	24.1	25.3	25.6
	L9	25.5	23.5	24.1	26.5
pH	L1	7.70	7.07	7.23	6.97
	L2	7.90	7.31	7.35	7.03
Limit değerleri: 6.00-9.00	L3	8.10	7.39	7.47	7.08
	L4	8.23	7.43	7.38	6.93
	L5	8.18	7.43	7.58	6.94
	L6	8.05	7.41	7.56	7.07
	L7	8.16	7.35	7.40	7.02
	L8	8.06	7.30	7.53	7.18
	L9	8.01	7.21	7.10	6.92

Çizelge 4.3. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde iyon konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
NO²⁻ mg L⁻¹	L1	0.090	ND	0.040	0.030
	L2	0.090	0.010	0.010	0.020
	L3	0.090	ND	0.050	0.030
	L4	0.010	ND	0.050	0.050
	L5	0.020	ND	0.040	0.020
	L6	0.010	0.010	0.040	0.030
	L7	0.010	0.020	0.040	0.020
	L8	0.020	0.010	0.040	0.020
	L9	0.030	0.060	0.050	0.030
NO³⁻ mg L⁻¹	L1	ND	ND	1.400	ND
	L2	5.600	ND	ND	ND
	L3	ND	ND	ND	ND
	L4	11.400	1.200	0.700	2.800
	L5	3.700	3.800	6.300	ND
	L6	4.500	1.400	2.600	ND
	L7	13.000	2.700	ND	ND
	L8	2.800	ND	ND	ND
	L9	15.000	ND	ND	3.300
PO₄³⁻ mg L⁻¹	L1	ND	ND	ND	0.090
	L2	0.520	ND	ND	0.200
	L3	0.020	2.120	0.320	0.010
	L4	0.470	ND	0.690	0.300
	L5	0.760	1.870	2.450	0.260
	L6	0.820	0.410	0.550	ND
	L7	0.650	0.610	0.500	ND
	L8	0.540	0.220	ND	ND
	L9	0.310	ND	0.110	ND

Çalışma kapsamında toplanan su örneklerinin makro-mikro elementlere ve ağır metallere ait konsantrasyon değerleri element simgelerinin alfabetik sırasına göre Çizelge 4.4.'den 4.18.'e kadar olan tablolarda gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Al konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Al µg L⁻¹	L1	3060.522±16.163	3410.589±36.549	3147.608±11.451	3553.866±17.718
	L2	3122.913±23.447	3446.654±27.982	3216.044±30.673	3645.131±23.839
	L3	3120.882±26.766	3492.417±30.493	3256.874±26.465	3580.860±32.299
	L4	3244.938±35.713	3569.769±30.664	3417.640±26.530	3744.075±43.714
	L5	2998.799±24.175	3355.355±15.915	3108.991±24.791	3519.318±11.212
	L6	2936.936±23.162	3257.621±23.753	3096.607±18.371	3440.585±15.170
	L7	2863.639±23.987	3199.619±30.944	2971.630±25.961	3328.002±19.894
	L8	2941.446±35.497	3272.066±33.694	3063.085±15.320	3390.224±26.930
	L9	2775.600±42.461	3109.458±17.438	2858.634±29.354	3174.325±18.862

Çizelge 4.5. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde B konsantrasyonları.

Lokasyon		1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
B µg L⁻¹	L1	2161.814±23.532	2389.112±26.944	2260.410±18.684	2501.349±11.378
	L2	2210.059±29.792	2434.267±22.968	2285.718±15.198	2550.918±27.123
	L3	2202.029±21.583	2392.296±18.511	2310.792±19.808	2551.148±30.350
	L4	2289.129±15.902	2534.829±14.717	2372.968±7.675	2641.220 ±32.088
	L5	2116.874±28.102	2345.132±16.590	2213.979±25.093	2491.218±18.924
	L6	2071.327±38.222	2336.681±21.114	2186.081±17.199	2445.574±15.291
	L7	2031.673±41.124	2270.152±10.554	2145.988±14.911	2349.673±26.552
	L8	2087.469±51.343	2280.866±16.922	2146.594±15.105	2409.508±10.587
	L9	1970.871 ±22.121	2149.197±19.377	2039.689±18.887	2293.466±18.312

Çizelge 4.6. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Ca konsantrasyonları.

Lokasyon		1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Ca µg L⁻¹	L1	25147.222±285.541	27920.246±128.853	25983.346±184.214	28381.720±271.752
	L2	25765.606±287.521	28347.755±106.233	26605.446±166.733	29124.826±267.938
	L3	25605.478±324.509	27694.942±231.283	26304.590±177.300	29407.859±151.587
	L4	26592.456±316.320	29417.961±140.933	27522.345±273.549	30511.882 ±181.335
	L5	24590.781±268.903	27014.709±151.231	25541.750±174.321	27900.035±279.422
	L6	24265.341±390.576	26646.729±319.825	24728.667±209.181	27660.071±322.786
	L7	23704.352±458.315	25702.456±45.955	23897.153±235.550	26847.191±219.722
	L8	24459.993±367.130	26862.365±266.684	25120.664±244.030	27896.251±180.484
	L9	22680.579 ±330.207	24471.196±284.758	23042.750±107.424	25556.278±126.478

Çizelge 4.7. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Cd konsantrasyonları.

Lokasyon		1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Cd µg L⁻¹	L1	67.241±0.687	73.390±0.686	70.530±0.395	78.483±0.699
	L2	68.477±0.693	76.364±0.750	71.273±0.833	80.053±0.624
	L3	68.613±1.019	75.687±0.408	71.737±0.486	78.278±0.622
	L4	71.142±0.772	77.648±0.155	73.923±0.438	80.687 ±0.833
	L5	65.600±0.894	72.913±0.341	67.489±0.736	75.425±0.582
	L6	64.227±0.845	71.440±0.675	68.016±0.615	75.126±0.743
	L7	62.301±0.771	69.184±0.616	65.171±0.504	72.599±0.765
	L8	63.499±0.939	70.191±0.501	66.155±0.384	73.708±0.695
	L9	60.909 ±0.564	67.461±0.596	63.837±0.593	71.291±0.388

Çizelge 4.8. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Co konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Co µg L⁻¹	L1	266.664±0.789	290.541±2.225	272.889±1.869	302.358±1.721
	L2	270.993±2.303	301.399±2.634	281.259±2.873	314.748±3.020
	L3	272.260±1.862	304.304±2.742	285.589±2.841	318.492±2.584
	L4	282.019±2.772	314.129±3.767	294.917±2.243	326.696 ±3.222
	L5	260.371±3.585	283.698±3.339	265.066±1.873	302.374±3.037
	L6	253.315±1.439	276.761±2.871	262.482±1.852	290.830±1.102
	L7	248.867±2.426	273.126±2.179	256.745±2.564	286.355±2.915
	L8	255.481±1.459	283.825±2.862	265.656±2.486	294.131±2.607
	L9	239.916 ±1.256	264.582±2.712	245.984±2.051	281.934±1.276

Çizelge 4.9. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Cr konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Cr µg L⁻¹	L1	603.145±6.396	673.252±7.944	634.407±5.171	707.766±6.186
	L2	615.026±5.480	692.118±2.153	642.174±6.705	714.774±6.435
	L3	612.742±9.139	700.408±0.843	650.384±6.114	721.681±5.040
	L4	641.001±5.618	711.429±5.770	658.074±5.758	733.693 ±7.175
	L5	589.005±6.326	664.737±3.975	622.545±4.903	693.568±7.740
	L6	575.887±4.798	636.800±7.471	605.956±5.912	663.120±5.973
	L7	560.594±8.215	635.160±7.526	593.933±5.865	658.287±4.882
	L8	573.013±12.146	646.243±5.138	607.881±4.597	686.494±5.703
	L9	548.625 ±7.477	622.953±3.962	581.041±4.246	641.645±4.883

Çizelge 4.10. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Cu konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Cu µg L⁻¹	L1	900.238±8.471	978.681±10.007	914.463±8.934	1036.537±8.368
	L2	918.976±11.463	992.419±9.264	932.789±6.398	1043.619±7.130
	L3	921.043±7.618	1013.541±5.989	962.354±6.741	1045.888±4.677
	L4	955.159±12.446	1033.349±4.649	976.368±7.003	1093.288 ±10.463
	L5	877.996±10.920	966.363±8.817	893.173±6.274	1009.147±3.534
	L6	861.901±15.631	923.878±8.107	865.736±9.134	981.496±9.521
	L7	836.773±9.418	933.228±8.004	857.703±7.744	966.125±6.969
	L8	859.297±10.597	939.989±8.654	909.714±9.432	983.599±11.924
	L9	818.305 ±11.511	899.748±7.403	845.682±5.984	950.617±8.594

Çizelge 4.11. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Fe konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Fe $\mu\text{g L}^{-1}$	L1	11743.281±130.660	13089.210±142.79	12353.353±117.856	13655.086±131.355
	L2	11962.418±184.693	13084.900±54.380	12378.538±119.063	13749.484±116.768
	L3	11992.593±177.029	12984.079±94.625	12596.995±35.003	13878.293±144.875
	L4	12392.436±144.188	13954.648±132.296	12848.591±103.020	14321.515 ±139.368
	L5	11474.722±206.634	12525.354±85.723	11790.582±122.744	13322.864±109.223
	L6	11251.678±140.298	12374.806±36.500	11630.258±98.832	12971.404±95.577
	L7	10956.731±98.745	12061.050±96.525	11536.369±101.747	12796.239±154.955
	L8	11286.577±108.889	12501.634±76.531	11736.982±70.372	13342.844±132.123
	L9	10677.718 ±133.858	11962.012±85.871	11169.694±93.570	12314.261±77.728

Çizelge 4.12. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde K konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
K $\mu\text{g L}^{-1}$	L1	14010.987±230.031	15082.460±137.813	14281.746±120.249	15861.749±118.099
	L2	14273.638±253.401	15382.917±155.339	14266.855±134.202	16378.197±148.826
	L3	14340.379±268.596	15305.725±144.865	14654.533±151.056	16343.659±204.752
	L4	14788.483±252.944	15983.482±181.783	15088.785±99.562	16952.389 ±108.646
	L5	13656.504±218.591	14790.102±80.310	13690.469±89.914	15458.278±131.716
	L6	13418.728±232.510	14559.228±93.593	13427.795±106.218	15095.087±122.748
	L7	13042.129±206.082	14352.253±91.117	13321.282±91.567	14774.358±144.792
	L8	13401.353±275.586	14756.026±120.117	13553.313±139.019	15162.499±114.038
	L9	12571.468 ±263.126	13466.882±114.598	12598.903±73.037	14166.602±116.114

Çizelge 4.13. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Mg konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Mg $\mu\text{g L}^{-1}$	L1	8395.719±100.503	9185.181±60.255	8625.003±21.047	9853.469±53.566
	L2	8566.140±125.157	9620.753±77.131	8962.642±60.192	9887.143±84.792
	L3	8519.212±121.886	9487.946±40.122	8734.290±93.227	9843.105±86.997
	L4	8877.543±141.507	9984.224±74.081	9393.807±77.991	10529.606 ±101.921
	L5	8211.864±98.794	8974.473±110.363	8440.376±30.718	9473.732±69.333
	L6	8061.665±98.036	8890.549±96.477	8328.465±81.129	9327.121±103.555
	L7	7869.407±143.220	8666.319±79.412	8163.080±73.263	9148.433±98.273
	L8	8060.455±140.117	8915.008±31.799	8450.514±30.961	9299.985±96.159
	L9	7585.961 ±132.512	8593.372±66.231	7907.482±65.595	8964.699±108.898

Çizelge 4.14. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Mn konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Mn µg L⁻¹	L1	713.573±4.632	778.085±6.323	729.809±6.627	821.768±9.312
	L2	728.175±7.806	801.455±5.835	749.464±5.440	840.366±6.671
	L3	725.364±5.475	809.650±3.775	751.013±6.510	841.307±6.172
	L4	756.945±5.177	831.596±6.288	769.579±5.487	867.927±4.250
	L5	698.495±9.980	764.904±3.313	726.279±4.966	813.917±3.875
	L6	684.689±8.913	766.707±2.863	712.182±6.029	790.154±5.941
	L7	666.850±13.197	735.738±5.817	698.830±4.218	768.445±10.478
	L8	687.492±13.765	761.794±7.243	731.397±2.486	797.338±6.155
	L9	650.003±7.132	728.483±3.335	673.139±4.249	752.509±4.537

Çizelge 4.15. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Na konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Na µg L⁻¹	L1	4139.996±36.651	4556.520±57.267	4251.548±43.669	4754.978±49.367
	L2	4215.534±21.256	4547.817±42.021	4345.038±45.210	4860.092±26.110
	L3	4214.226±47.655	4534.409±42.838	4352.096±32.322	4830.310±34.356
	L4	4366.836±35.347	4717.269±31.500	4455.768±31.415	4955.656±41.392
	L5	4042.578±32.595	4400.928±35.819	4072.940±50.832	4585.477±30.587
	L6	3977.885±22.212	4374.622±46.338	4096.086±46.486	4576.874±21.001
	L7	3868.650±27.937	4239.667±42.292	3932.354±45.461	4460.841±29.081
	L8	3975.479±36.036	4300.888±24.958	4117.959±34.924	4577.825±41.993
	L9	3739.692±35.908	4096.721±28.269	3892.689±20.558	4282.108±41.486

Çizelge 4.16. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Ni konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Ni µg L⁻¹	L1	239.944±1.969	266.048±1.885	247.834±2.556	276.279±2.302
	L2	244.805±2.877	271.057±2.425	256.479±1.368	284.483±1.838
	L3	244.861±3.443	268.127±1.948	255.127±1.287	277.086±2.559
	L4	253.327±0.636	276.775±2.918	262.762±1.805	294.492±2.553
	L5	234.828±2.732	262.047±2.588	245.844±2.610	273.759±2.815
	L6	230.261±2.309	258.176±1.792	242.764±1.320	269.295±1.399
	L7	224.352±2.915	255.274±2.353	236.035±1.537	263.958±2.116
	L8	230.592±3.028	259.748±2.724	239.026±2.137	266.754±3.334
	L9	217.501±4.832	240.123±2.512	226.328±2.210	254.587±1.262

Çizelge 4.17. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Pb konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Pb $\mu\text{g L}^{-1}$	L1	95.826 $\pm$ 1.565	104.037 $\pm$ 0.668	97.537 $\pm$ 0.690	109.034 $\pm$ 0.840
	L2	97.608 $\pm$ 2.128	104.849 $\pm$ 0.825	97.422 $\pm$ 0.610	108.720 $\pm$ 1.022
	L3	97.532 $\pm$ 2.070	105.102 $\pm$ 0.554	98.416 $\pm$ 0.325	110.635 $\pm$ 1.356
	L4	101.316 $\pm$ 1.682	109.750 $\pm$ 1.169	102.090 $\pm$ 0.508	114.299 $\pm$ 1.123
	L5	94.240 $\pm$ 1.821	100.614 $\pm$ 0.470	93.574 $\pm$ 0.751	104.928 $\pm$ 0.778
	L6	92.026 $\pm$ 1.977	100.337 $\pm$ 0.461	92.838 $\pm$ 0.997	103.903 $\pm$ 0.901
	L7	89.658 $\pm$ 2.447	95.444 $\pm$ 0.882	87.333 $\pm$ 0.745	98.166 $\pm$ 0.704
	L8	92.432 $\pm$ 2.207	98.906 $\pm$ 0.798	94.083 $\pm$ 0.362	104.477 $\pm$ 0.576
	L9	86.209 $\pm$ 1.344	93.985 $\pm$ 0.838	88.505 $\pm$ 0.414	99.092 $\pm$ 0.880

Çizelge 4.18. Dört farklı dönemde toplanan su numunelerinde Zn konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Zn $\mu\text{g L}^{-1}$	L1	1516.145 $\pm$ 8.176	1693.275 $\pm$ 13.068	1577.463 $\pm$ 12.526	1750.987 $\pm$ 13.934
	L2	1539.334 $\pm$ 8.693	1718.882 $\pm$ 6.700	1616.733 $\pm$ 11.072	1781.143 $\pm$ 15.037
	L3	1549.009 $\pm$ 15.742	1738.524 $\pm$ 10.127	1637.217 $\pm$ 13.306	1840.410 $\pm$ 9.850
	L4	1609.073 $\pm$ 5.041	1789.522 $\pm$ 20.336	1669.628 $\pm$ 12.317	1863.969 $\pm$ 10.182
	L5	1478.946 $\pm$ 14.534	1624.260 $\pm$ 10.060	1516.503 $\pm$ 6.143	1667.935 $\pm$ 11.537
	L6	1446.367 $\pm$ 11.150	1619.305 $\pm$ 9.684	1488.227 $\pm$ 12.128	1690.551 $\pm$ 10.877
	L7	1407.501 $\pm$ 21.211	1562.593 $\pm$ 16.924	1485.833 $\pm$ 6.974	1642.160 $\pm$ 13.648
	L8	1441.642 $\pm$ 20.355	1627.662 $\pm$ 12.609	1502.218 $\pm$ 14.543	1682.024 $\pm$ 20.800
	L9	1365.161 $\pm$ 15.401	1506.236 $\pm$ 16.210	1387.836 $\pm$ 11.219	1576.523 $\pm$ 7.667

Çalışma kapsamında su numunelerinde elde edilen makro-mikro element sonuçları kabul edilen sınır değerleri (Çizelge 1.1.) ile incelendiğinde; B elementi için sınır değerlerinin oldukça üstünde tespit edilmiştir. Diğer besin elementleri sınırlar dahilinde olduğu anlaşılmaktadır. Ağır metal sonuçları kabul edilen sınır değerleri (Çizelge 1.2.) ile incelendiğinde; Mn ve Zn limit değerleri arasında ancak diğer ağır metallerin tamamı limit değerlerinin üstünde tespit edildiği anlaşılmaktadır. Bu durum tarım arazisi sulama amacıyla da kullanılan Asi Nehri için kritik önem arz etmekte ve içinde ve kenarında yetişen canlı yaşamı için tehdit oluşturmaktadır.

4.2. Sediment Numuneleri Element Verileri

Çalışma kapsamında toplanan sediment örneklerinin makro-mikro elementlere ve ağır metallerle ait konsantrasyon değerleri element simgelerinin alfabetik sırasına göre Çizelge 4.19.'dan 4.35.'e kadar olan tablolarda gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan sediment örneklerine ait makro-mikro element konsantrasyonları en yüksek ve en düşük olarak (mg kg^{-1}); B için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 3. lokasyon Üzümdalı bölgesinde 51.05 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 38.90, Ca için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 22346.88 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 16839.77, K için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 1452.15 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 1084.96, Mg için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 1454.25 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 1065.26, N için (%) sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 8. lokasyon Samandağ bölgesinde 2.59 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 1.49, Na için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 741.21 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 555.81, P için (g kg^{-1}) sırasıyla 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 15.50 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 11.62 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.19. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Al konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Al mg kg⁻¹	L1	3638.622±19.646	3996.816±34.368	3773.699±38.772	4170.796±28.290
	L2	3722.672±10.529	4001.160±32.020	3869.638±37.051	4318.925±12.904
	L3	3700.025±38.114	4119.897±48.138	3785.794±23.496	4205.634±43.076
	L4	3854.700±39.538	4216.038±35.792	3973.953±16.918	4392.656 ±31.812
	L5	3554.176±21.090	3838.696±42.090	3669.542±18.504	4053.004±31.538
	L6	3502.362±9.2990	3892.768±24.134	3659.255±25.960	4007.310±23.073
	L7	3416.158±38.749	3698.576±21.204	3440.438±22.384	3895.749±41.597
	L8	3498.019±28.113	3804.566±31.488	3590.911±32.158	3982.594±18.826
	L9	3326.447 ±15.357	3684.181±37.889	3383.093±21.529	3778.542±33.769

Çalışma kapsamında toplanan sediment örneklerine ait ağır metal konsantrasyonları en yüksek ve en düşük olarak (mg kg^{-1}); Al için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 4392.66 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 3326.45, Cd için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 1.09 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 0.81, Co için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 5.49 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 4.06, Cr için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 8.29 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon

Samandağ sahil bölgesinde 6.25, Cu için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 24.00 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 17.85, Fe için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 9559.05 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 7080.27, Mn için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 142.39 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 104.72, Ni için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 6.61 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 4.99, Pb için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 75.68 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 56.90, Zn için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde 227.65 ve 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde 166.19 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.20. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde B konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
B mg kg⁻¹	L1	42.856±0.506	47.785±0.405	44.450±0.379	49.106±0.539
	L2	43.761±0.618	47.581±0.358	44.662±0.343	50.237±0.269
	L3	43.609±0.688	48.275±0.519	44.945±0.409	51.049±0.480
	L4	45.500±0.539	48.686±0.564	46.559±0.431	51.010±0.280
	L5	41.918±0.870	45.539±0.573	42.989±0.469	47.720±0.222
	L6	41.051±0.562	45.528±0.507	42.875±0.287	47.026±0.323
	L7	39.997±0.696	43.188±0.267	40.514±0.327	45.798±0.489
	L8	41.293±0.848	45.692±0.290	43.531±0.134	47.912±0.311
	L9	38.899±0.779	42.409±0.216	39.238±0.345	43.272±0.514

Çizelge 4.21. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Ca konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Ca mg kg⁻¹	L1	18586.935±148.437	20705.888±121.745	19038.199±138.501	21484.959±142.803
	L2	18939.945±129.728	20934.062±215.619	19314.995±176.830	22127.028±86.756
	L3	19007.700±128.178	20889.102±138.300	19719.256±197.956	21415.645±146.972
	L4	19692.667±142.157	22008.571±232.613	20422.77±143.7440	22346.879±179.028
	L5	18132.428±150.518	20287.922±126.587	18844.359±162.494	20991.075±200.992
	L6	17846.179±176.083	20064.785±173.146	18923.713±44.3010	20866.800±95.145
	L7	17504.319±187.247	19727.009±197.352	18204.262±207.203	20441.571±219.527
	L8	18004.080±306.766	20393.572±170.523	18891.673±138.625	20910.204±188.587
	L9	16839.774±239.320	18769.117±204.245	17559.354±140.304	19484.845±172.416

Çizelge 4.22. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Cd konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Cd mg kg⁻¹	L1	0.892±0.009	0.977±0.009	0.918±0.005	1.032±0.012
	L2	0.911±0.012	0.999±0.008	0.947±0.007	1.048±0.008
	L3	0.906±0.008	0.994±0.006	0.952±0.010	1.056±0.008
	L4	0.944±0.010	1.029±0.008	0.950±0.007	1.085±0.010
	L5	0.879±0.012	0.978±0.007	0.921±0.007	1.019±0.007
	L6	0.857±0.017	0.968±0.003	0.909±0.004	1.007±0.005
	L7	0.834±0.008	0.919±0.007	0.854±0.009	0.974±0.009
	L8	0.859±0.010	0.960±0.002	0.893±0.008	0.990±0.008
	L9	0.810±0.006	0.894±0.003	0.826±0.006	0.947±0.004

Çizelge 4.23. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Co konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Co mg kg⁻¹	L1	4.496±0.081	4.953±0.015	4.614±0.032	5.142±0.039
	L2	4.582±0.087	5.112±0.044	4.766±0.050	5.262±0.066
	L3	4.576±0.093	4.996±0.045	4.639±0.049	5.191±0.043
	L4	4.763±0.059	5.229±0.036	4.854±0.026	5.493±0.065
	L5	4.407±0.094	4.942±0.037	4.552±0.036	5.149±0.040
	L6	4.322±0.094	4.679±0.037	4.447±0.024	4.936±0.042
	L7	4.201±0.120	4.701±0.044	4.350±0.026	4.937±0.042
	L8	4.311±0.151	4.833±0.011	4.434±0.052	4.925±0.050
	L9	4.057±0.100	4.456±0.048	4.221±0.039	4.679±0.036

Çizelge 4.24. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Cr konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Cr mg kg⁻¹	L1	6.873±0.067	7.572±0.059	7.089±0.056	7.939±0.029
	L2	7.044±0.045	7.734±0.076	7.229±0.061	8.144±0.081
	L3	7.040±0.075	7.761±0.070	7.302±0.072	8.029±0.059
	L4	7.286±0.070	7.955±0.060	7.594±0.071	8.286±0.054
	L5	6.787±0.034	7.591±0.094	6.923±0.069	7.811±0.063
	L6	6.641±0.032	7.220±0.045	6.867±0.045	7.690±0.051
	L7	6.448±0.049	7.088±0.063	6.684±0.033	7.548±0.062
	L8	6.622±0.074	7.457±0.068	6.854±0.031	7.723±0.067
	L9	6.254±0.090	6.946±0.071	6.592±0.052	7.240±0.064

Çizelge 4.25. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Cu konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Cu mg kg⁻¹	L1	19.805±0.290	21.551±0.195	20.569±0.231	22.586±0.208
	L2	20.216±0.393	21.877±0.234	20.744±0.193	23.331±0.203
	L3	20.160±0.191	21.809±0.186	20.736±0.187	22.730±0.215
	L4	20.919±0.350	22.937±0.176	21.749±0.177	24.003±0.186
	L5	19.461±0.399	21.383±0.225	19.824±0.156	22.306±0.154
	L6	19.046±0.496	20.797±0.264	20.012±0.068	22.179±0.136
	L7	18.686±0.307	20.644±0.215	19.433±0.118	21.571±0.128
	L8	19.017±0.327	20.636±0.232	19.236±0.211	21.925±0.238
	L9	17.849±0.366	19.741±0.153	18.224±0.131	20.679±0.127

Çizelge 4.26. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Fe konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Fe mg kg⁻¹	L1	7823.700±112.194	8690.955±89.644	8123.027±71.999	9106.437±89.296
	L2	7989.580±152.068	8843.661±78.541	8240.676±78.675	9104.268±100.09
	L3	8003.115±165.134	8944.589±83.676	8408.964±49.864	9190.067±68.169
	L4	8256.290±125.917	9191.492±70.38	8425.610±87.201	9559.046±88.612
	L5	7674.196±170.085	8509.279±91.319	7936.356±55.402	8872.880±84.806
	L6	7519.242±167.575	8216.149±66.056	7698.070±70.68	8580.022±72.632
	L7	7369.029±161.142	8203.590±86.371	7618.691±64.193	8509.777±60.290
	L8	7620.140±169.956	8370.145±57.023	7818.346±84.877	8807.912±50.936
	L9	7080.273±93.535	7624.959±86.413	7197.493±32.413	8032.551±49.127

Çizelge 4.27. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde K konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
K mg kg⁻¹	L1	1191.708±17.666	1286.463±9.655	1212.283±11.674	1374.042±11.266
	L2	1217.314±16.857	1325.963±5.770	1261.300±10.748	1382.548±10.833
	L3	1213.172±17.954	1342.279±11.575	1250.122±11.475	1386.106±16.655
	L4	1259.701±16.904	1377.007±5.686	1278.059±9.740	1452.153±13.130
	L5	1167.467±16.738	1277.066±17.182	1201.113±9.855	1357.831±7.873
	L6	1142.213±14.676	1253.161±10.770	1150.942±7.126	1305.076±8.239
	L7	1113.299±22.456	1239.732±10.453	1156.034±7.247	1272.856±10.973
	L8	1146.453±22.557	1246.357±11.616	1166.307±11.766	1318.820±10.712
	L9	1084.958±18.290	1193.425±10.037	1104.465±6.167	1238.174±9.226

Çizelge 4.28. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Mg konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Mg mg kg⁻¹	L1	1176.564±8.436	1315.748±10.926	1223.479±11.951	1356.574±13.596
	L2	1202.290±12.001	1322.631±14.383	1238.354±13.264	1378.963±12.319
	L3	1203.955±13.615	1304.424±9.005	1246.400±8.805	1386.600±2.945
	L4	1243.669±15.546	1377.732±12.862	1277.617±13.014	1454.245 ±14.844
	L5	1153.950±12.027	1270.153±13.967	1183.983±7.831	1339.020±6.579
	L6	1126.263±11.425	1231.533±11.276	1165.067±9.359	1283.675±9.573
	L7	1096.603±13.136	1183.378±10.579	1119.529±7.143	1251.546±12.811
	L8	1124.411±16.965	1203.192±7.231	1162.551±12.344	1301.431±5.767
	L9	1065.258 ±12.473	1152.173±6.201	1081.290±11.310	1202.785±10.774

Çizelge 4.29. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Mn konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Mn mg kg⁻¹	L1	115.341±1.040	128.601±0.946	120.814±0.783	134.290±0.887
	L2	117.562±1.304	129.933±0.939	120.577±1.037	133.385±0.658
	L3	118.056±1.326	131.286±0.546	121.579±0.887	134.349±1.131
	L4	121.999±1.710	134.476±1.048	128.343±0.802	142.387 ±0.805
	L5	112.741±1.428	122.467±0.685	115.884±1.017	127.216±1.138
	L6	110.467±0.923	120.570±0.280	112.385±0.449	127.853±1.106
	L7	108.160±1.209	119.424±1.418	110.882±0.807	125.580±1.069
	L8	111.080±1.033	123.716±1.359	114.819±0.942	127.078±1.230
	L9	104.724 ±1.846	115.544±0.912	107.430±0.703	120.343±0.763

Çizelge 4.30. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde N konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
N %	L1	1.645±0.017	1.967±0.011	1.762±0.014	2.200±0.009
	L2	1.672±0.021	1.828±0.018	1.903±0.010	2.246±0.017
	L3	1.675±0.023	1.928±0.021	2.170±0.011	2.223±0.019
	L4	1.736±0.021	1.856±0.018	1.906±0.023	1.998±0.014
	L5	1.598±0.018	1.671±0.011	1.754±0.016	1.902±0.018
	L6	1.568±0.024	1.811±0.014	1.963±0.017	2.473±0.018
	L7	1.543±0.019	1.796±0.011	2.014±0.016	2.309±0.017
	L8	1.586±0.015	1.680±0.019	2.108±0.020	2.589 ±0.009
	L9	1.490 ±0.022	1.568±0.014	1.667±0.014	1.787±0.017

Çizelge 4.31. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Na konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Na mg kg⁻¹	L1	614.861±3.530	663.776±7.781	621.664±5.382	710.448±4.692
	L2	626.887±5.951	686.863±5.143	640.853±7.359	706.431±7.104
	L3	627.803±3.987	687.072±6.507	647.166±5.552	721.644±4.473
	L4	653.133±5.839	713.569±5.946	658.510±5.210	741.211±8.373
	L5	601.591±4.567	655.381±4.917	617.067±4.716	688.282±5.535
	L6	585.477±7.428	636.367±6.146	598.295±4.162	667.252±8.283
	L7	576.467±6.848	624.737±6.188	595.643±5.055	656.724±6.200
	L8	588.963±7.126	635.907±5.100	599.822±6.401	677.560±3.395
	L9	555.805±8.897	602.002±3.633	563.774±6.120	636.482±5.211

Çizelge 4.32. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Ni konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Ni mg kg⁻¹	L1	5.522±0.039	6.084±0.034	5.657±0.044	6.330±0.052
	L2	5.609±0.041	6.211±0.057	5.708±0.045	6.420±0.053
	L3	5.615±0.072	6.145±0.045	5.823±0.051	6.470±0.047
	L4	5.837±0.080	6.420±0.046	5.977±0.040	6.613±0.036
	L5	5.379±0.066	5.786±0.031	5.446±0.036	6.184±0.048
	L6	5.294±0.058	5.713±0.064	5.469±0.020	6.006±0.067
	L7	5.167±0.045	5.714±0.027	5.266±0.046	5.924±0.055
	L8	5.305±0.047	5.821±0.041	5.481±0.020	6.097±0.031
	L9	4.991±0.061	5.496±0.051	5.045±0.051	5.763±0.040

Çizelge 4.33. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde P konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
P g kg⁻¹	L1	12.772±0.141	14.234±0.118	13.076±0.119	14.562±0.073
	L2	13.014±0.228	14.006±0.143	13.431±0.120	14.954±0.117
	L3	13.037±0.116	14.249±0.082	13.506±0.118	14.813±0.146
	L4	13.519±0.141	14.869±0.155	13.783±0.098	15.496±0.048
	L5	12.479±0.176	13.759±0.103	12.916±0.108	14.331±0.087
	L6	12.205±0.269	13.458±0.055	12.603±0.133	14.075±0.112
	L7	11.963±0.154	13.269±0.176	12.274±0.069	13.668±0.113
	L8	12.347±0.152	13.719±0.090	12.906±0.065	14.398±0.080
	L9	11.622±0.249	12.477±0.103	11.941±0.092	13.161±0.101

Çizelge 4.34. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Pb konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Pb mg kg⁻¹	L1	62.539±0.883	68.029±0.250	63.054±0.572	70.644±0.771
	L2	63.814±0.931	69.685±0.630	65.260±0.506	73.798±0.294
	L3	63.755±0.829	69.521±0.658	65.334±0.464	72.052±0.358
	L4	66.327±1.014	73.060±0.486	68.028±0.473	75.678±0.727
	L5	60.927±0.816	66.878±0.728	62.732±0.559	70.125±0.373
	L6	59.915±0.680	64.717±0.706	60.426±0.528	67.306±0.437
	L7	58.334±1.022	63.861±0.126	59.675±0.403	66.979±0.444
	L8	59.722±1.034	63.743±0.537	60.918±0.601	68.427±0.537
	L9	56.904±1.086	61.424±0.654	58.503±0.634	65.984±0.229

Çizelge 4.35. Dört farklı dönemde toplanan sediment numunelerinde Zn konsantrasyonları.

	Lokasyon	1. yıl		2. yıl	
		Bahar	Güz	Bahar	Güz
Zn mg kg⁻¹	L1	183.757±2.333	203.310±1.646	187.284±1.288	210.532±1.342
	L2	186.857±2.779	207.893±1.976	192.323±1.101	218.306±0.820
	L3	186.801±2.132	206.027±1.571	195.414±0.886	218.753±2.114
	L4	194.520±1.916	213.454±1.046	200.368±1.194	227.651±1.635
	L5	180.012±3.355	199.694±1.844	184.155±1.001	208.457±2.045
	L6	175.552±3.046	193.564±0.711	179.718±1.671	197.878±1.779
	L7	170.970±3.003	192.627±1.922	178.314±1.888	198.602±1.600
	L8	175.754±3.371	199.784±1.278	184.380±1.502	206.027±1.896
	L9	166.186±3.446	182.085±1.689	170.101±1.277	189.740±2.083

Çalışma kapsamında sediment numunelerinde elde edilen makro-mikro element sonuçları kabul edilen sınır değerleri (Çizelge 1.1.) ile incelendiğinde; K ve Na elementi için sınır değerlerinin altında, B, Mg ve P elementi için sınır değerleri içinde, Ca ve N elementi için sınır değerlerinin oldukça üstünde tespit edilmiştir. Ağır metal sonuçları kabul edilen sınır değerleri (Çizelge 1.2.) ile incelendiğinde; Al için sınır değerlerinin altında, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn için sınır değerleri arasında iken sadece Pb sınır değerlerinin üstünde olduğu anlaşılmaktadır. Bu bilgiler ışığında toprak içeriğinin tarıma uygunluğu ve kalite düzeyinin kirleticilere rağmen oldukça kabul edilebilir olduğu göstermektedir. Ancak bu verimli toprakların kirli sularla sulanarak tarım yapılması uygun olmadığı gibi endişe verici bir durumdur. Su kalitesi iyileştirilerek yani Asi Nehri suyunun olabildiğince atıklarından uzaklaştırılarak nefes alabilir ve tazelenabilir hale getirilmesi tarım verimliliğine arttıracaklarını göstermektedir.

4.3. Bitki Numuneleri Element Verileri

Çalışma kapsamında toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinin makro-mikro elementlere ve ağır metallere ait konsantrasyon değerleri ile hesaplanan biyoakümülyasyon (BAF) ve translokasyon (TF) faktörleri Çizelge 4.36'da gösterilmiştir.

Bitkinin toprak altı kısmı ile yetiştiği sediment örneklerinde belirlenen konsantrasyon oranı üzerinden hesaplanan BAF değerleri 1 ve 1'in üstünde olan elementler *A. donax* için, B'de 1.02, Cd'de 1.41 ve K'da 2.98, *P. australis* için, Cd'de 2.00, Cu'da 1.36, K'da 4.96, Ni'de 1.40, Pb'de 1.16 ve Zn'de 2.27 olarak belirlenmiştir. *A. donax* için, BAF değerleri en yüksekten en düşüğe; K>Cd>B>Cr>Ni>N>Zn>Cu>Mg>Co>Ca>Mn>Pb>Na>P>Fe>Al iken, *P. australis* için BAF değerleri en yüksekten en düşüğe; K>Zn>Cd>Ni>Cu>Pb>Mg>Co>Cr>Mn>B>Na>N>Ca>P>Fe>Al olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.36. *A. donax* ve *P. australis* için hesaplanan biyoakümülyasyon ve translokasyon faktörleri (BAF ve TF).

Element	<i>A. donax</i>				<i>P. australis</i>			
	BAF U/SE	TF ST/U	L/U	L/ST	BAF U/SE	TF ST/U	L/U	L/ST
Al	0.02	0.21	0.57	2.76	0.02	0.18	0.66	3.70
B	1.02	0.34	0.73	2.17	0.62	0.34	0.65	1.90
Ca	0.46	0.22	0.62	2.82	0.40	0.19	0.56	2.88
Cd	1.41	0.14	0.39	2.70	2.00	0.15	0.81	5.47
Co	0.52	0.12	0.58	4.71	0.75	0.13	0.62	4.67
Cr	0.88	0.27	0.74	2.71	0.66	0.08	0.29	3.59
Cu	0.65	0.09	0.70	7.86	1.36	0.10	1.22	11.80
Fe	0.12	0.05	0.08	1.63	0.19	0.02	0.04	2.04
K	2.98	0.16	0.48	3.05	4.96	0.19	0.45	2.36
Mg	0.52	0.50	0.71	1.40	0.81	0.44	0.68	1.54
Mn	0.42	0.17	0.74	4.43	0.63	0.45	2.36	5.27
N	0.73	0.82	1.91	2.32	0.40	1.37	3.50	2.55
Na	0.23	0.26	0.70	2.70	0.45	0.22	0.58	2.64
Ni	0.84	0.13	0.20	1.59	1.40	0.12	0.20	1.68
P	0.21	0.17	0.39	2.26	0.31	0.13	0.44	3.31
Pb	0.41	0.25	0.66	2.68	1.16	0.55	1.19	2.17
Zn	0.71	0.26	2.06	8.07	2.27	0.12	0.76	6.37

SE: Sediment; U: Toprak altı kısım; ST: Gövde; L: Yaprak (Yıkanmış yaprak)

TF değerleri *A. donax* için, Zn'de 8.07 ile en yüksek değerde, Mg'de 1.40 ile en düşük değerdedir. *P. australis* için Cu'da 11.80 ile en yüksek değerde, Mg'de 1.54 ile en düşük değerdedir. Genel olarak tüm elementlerde toprak altı kısım ile yaprağın ve gövdenin oranları incelendiğinde, elementlerin gövdede yüksek birikim yapmadan

yapraklara iletiildiği ve gövdenin transfer görevini gerçekleştirdiği anlaşılmaktadır. Toprak altı kısımlarda olduğu gibi yapraklarda da yüksek oranda elementlerin birikimlerinin sağlanması ve bitkilerin fizyolojik olarak yaşamlarını devam ettirebilmeleri biyoakümülatör bitki özelliklerinin bir göstergesidir.

Çalışma kapsamında toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinin makro-mikro elementlere ve ağır metallere ait konsantrasyon değerleri element simgelerinin alfabetik sırasına göre Çizelge 4.37.'den 4.53.'e kadar olan tablolarda gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan *A. donax* örneklerine ait makro-mikro element konsantrasyonlarına ait değerler en yüksek ve en düşük olarak (mg kg^{-1}); B için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 51.70, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 13.81, Ca için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 9897.07, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 1739.28, K için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 4094.73, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 520.60, Mg için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 717.14, 2. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 291.00, N için (%) sırasıyla, 1. yıl bahar döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde yıkanmamış yaprakta 4.79, 1. yıl güz döneminde 5. lokasyon Antakya şehir merkezi bölgesinde gövdede 0.32, Na için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 168.92, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 34.44, P için (g kg^{-1}) sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 3.10, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 0.43 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan *A. donax* örneklerine ait ağır metal konsantrasyonlarına ait değerler en yüksek ve en düşük olarak (mg kg^{-1}); Al için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 75.71, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 12.44, Cd için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 1.47, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 0.17, Co için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 2.72, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 0.27, Cr için sırasıyla, 2. yıl güz

döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 7.14, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 1.59, Cu için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 15.00, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 1.07, Fe için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 1144.07, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 42.32, Mn için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 55.50, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 7.52, Ni için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 5.37, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 0.54, Pb için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde rizomda 29.73, 1. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 5.85, Zn için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 2. lokasyon Madenboyu bölgesinde yıkanmamış yaprakta 318.56, 2. yıl bahar döneminde 9. lokasyon Samandağ sahil bölgesinde gövdede 31.39 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan *P. australis* örneklerine ait makro-mikro element konsantrasyonlarına ait değerler en yüksek ve en düşük olarak (mg kg^{-1}); B için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 32.51, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 9.41, Ca için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 8894.88, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 1482.49, K için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 7075.65, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 1148.24, Mg için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 1182.72, 2. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 436.63, N için (%) sırasıyla, 1. yıl bahar döneminde 3. lokasyon Üzümdalı bölgesinde yıkanmamış yaprakta 3.53, 2. yıl bahar döneminde 3. lokasyon Üzümdalı bölgesinde rizomda 0.30, Na için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 335.68, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 63.21, P için (g kg^{-1}) sırasıyla, 2. yıl güz döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 4.89, 2. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 0.55 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan *P. australis* örneklerine ait ağır metal konsantrasyonlarına ait değerler en yüksek ve en düşük olarak (mg kg^{-1}); Al için sırasıyla,

2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 100.19, 2. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 15.42, Cd için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 2.15, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 0.27, Co için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 4.16, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 0.46, Cr için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 5.58, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 0.39, Cu için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde yıkanmamış yaprakta 41.14, 2. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 2.88, Fe için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 1787.05, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 32.54, Mn için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde yıkanmamış yaprakta 215.99, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 34.16, Ni için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 9.49, 1. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 0.94, Pb için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde yıkanmamış yaprakta 109.93, 2. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 41.15, Zn için sırasıyla, 2. yıl g z döneminde 4. lokasyon Sanayi bölgesinde rizomda 507.66, 2. yıl bahar döneminde 1. lokasyon Demirköprü bölgesinde gövdede 51.58 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen su değerleri ile sediment ve bitki değerleri arasındaki korelasyon sonuçları  izelge 4.54 ve  izelge 4.55'te verilmiştir. Tabloya göre su ve sediment arasında her element için pozitif yönlü yüksek korelasyon belirlenmiştir. Bu durum doğrudan çözücüsü olan suyla sediment arasında elementlerin değişim oranları benzerlik göstermektedir. Su ile bitki arasında ise; ZnPL ile sudaki diğer elementler arasında pozitif yönlü yüksek korelasyon (>0.70 , >0.78), vardır. Negatif yönlü yüksek korelasyon ($->0.50$ ve üstü) belirlenmemiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen sediment değerleri ile bitki değerleri arasındaki korelasyon sonuçları  izelge 4.56'da verilmiştir. ZnPL ile NSE hariç sedimentteki diğer elementler arasında pozitif yönlü yüksek korelasyon (>0.70 , >0.79), vardır. Negatif yönlü yüksek korelasyon ($->0.50$ ve üstü) belirlenmemiştir.

A. donax ve *P. australis* türlerinde elde edilen makro-mikro element sonuçları kabul edilen sınır değerleri (Çizelge 1.1.) ile incelendiğinde tamamı limitler dahilinde kabul edilebilir konsantrasyonlarda belirlenmiştir. *P. australis* türü için ise sadece Mg değerleri limit değerleri olan 1000 mg kg⁻¹ sınırının biraz üstüne çıktığı anlaşılmaktadır. *A. donax* türü için ağır metal sonuçları kabul edilen sınır değerleri (Çizelge 1.2.) ile incelendiğinde; Al için limit değerlerinin altında, Cr, Cu, Mn ve Pb için limit değerleri içerisinde iken Cd, Co, Fe, Ni ve Zn için limit değerlerinin üstünde olduğu anlaşılmaktadır. *P. australis* türü için ise; Al, Cr ve Mn için limit değerleri içerisinde iken, Cd, Co, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn için limit değerlerinin üzerinde olduğu anlaşılmaktadır.

Habitatında limitler üzerinde ağır metal seviyeleri ile yaşam döngüsünü sürdüren *A. donax* ve *P. australis* türleri incelenmiştir. Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi kanalizasyon çıkışlarının olduğu, Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi moloz ve çöp atıklarına sıklıkla denk geldiği, buna karşın Şekil 4.3.'te görüldüğü gibi sulama amaçlı su transfer sistemlerinin olduğu bir ekosistemin içinde olan bu türler, ağır metalleri bünyelerine yoğun olarak bulundursalar da yaşamlarını devam ettirmekte ve biyokütle oluşturmaktadırlar. *A. donax* ve *P. australis* türlerinde, ağır metallerin potansiyel zararları bu bitkilerin morfolojilerinde herhangi bir anormal belirti göstermedikleri gibi, makro ve mikro besin elementlerinin limitler dahilinde olması, bu elementleri tolere edebildiklerini ve strese dayanıklı bitki türleri olduklarını göstermektedir.

Çizelge 4.37. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Al konsantrasyonları.

Lokasyon		<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Al mg kg ⁻¹	L2	64.595	71.319	66.944	75.710	13.923	14.490	14.005	14.985	40.907	43.851	42.247	45.915	37.413	40.626	38.772	42.032
		±0.361	±0.719	±0.780	±0.225	±0.061	±0.053	±0.091	±0.052	±0.201	±0.449	±0.437	±0.436	±0.109	±0.398	±0.320	±0.177
	L5	61.927	68.022	64.322	70.180	13.356	13.920	13.360	14.286	39.340	41.574	40.121	43.409	36.096	37.882	36.923	40.488
		±0.606	±0.570	±0.551	±0.498	±0.063	±0.107	±0.083	±0.099	±0.311	±0.425	±0.420	±0.398	±0.310	±0.455	±0.362	±0.317
	L6	60.717	66.674	63.156	69.955	13.052	13.418	13.390	14.063	38.527	41.318	38.754	42.986	35.211	39.308	35.972	39.202
		±0.531	±0.705	±0.371	±0.633	±0.063	±0.138	±0.065	±0.143	±0.184	±0.494	±0.172	±0.404	±0.128	±0.344	±0.170	±0.319
	L7	59.259	64.639	61.247	66.529	12.772	13.081	13.014	13.550	37.664	41.114	38.342	42.427	34.403	37.787	34.895	37.845
		±0.623	±0.481	±0.660	±0.472	±0.162	±0.088	±0.095	±0.056	±0.484	±0.249	±0.360	±0.202	±0.299	±0.062	±0.365	±0.395
	L8	60.857	66.244	62.179	69.349	13.133	13.466	13.277	13.978	38.405	41.861	39.482	42.620	35.411	39.345	35.871	39.687
		±0.697	±0.679	±0.510	±0.591	±0.214	±0.112	±0.153	±0.157	±0.620	±0.319	±0.377	±0.393	±0.396	±0.281	±0.338	±0.253
	L9	57.125	64.505	59.305	66.437	12.441	13.135	12.751	13.214	36.422	38.676	36.281	40.516	33.010	35.265	33.918	36.819
		±0.691	±0.376	±0.390	±0.577	±0.054	±0.109	±0.079	±0.167	±0.258	±0.275	±0.278	±0.350	±0.332	±0.155	±0.329	±0.180
Lokasyon		<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Al mg kg ⁻¹	L1	82.897	92.220	84.596	95.976	15.465	16.046	15.424	16.612	61.071	65.202	62.285	67.084	55.248	64.501	55.135	61.310
		±0.829	±0.751	±0.748	±0.470	±0.192	±0.148	±0.166	±0.151	±0.570	±0.309	±0.440	±0.594	±0.982	±0.570	±0.612	±0.498
	L3	84.656	93.058	87.334	96.148	15.728	16.414	15.994	16.773	62.380	67.366	64.697	69.904	56.347	62.239	57.429	62.714
		±1.235	±0.954	±0.970	±0.573	±0.173	±0.090	±0.042	±0.120	±1.083	±0.293	±0.454	±0.502	±0.888	±0.537	±0.687	±0.150
	L4	87.852	95.985	89.188	100.19	16.347	16.686	16.239	17.542	64.945	68.912	67.052	73.176	58.413	64.762	58.671	65.438
		±1.163	±1.068	±0.846	±0.936	±0.238	±0.152	±0.163	±0.068	±0.936	±0.546	±0.207	±0.679	±1.085	±0.759	±0.442	±0.435

Çizelge 4.38. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde B konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
B mg kg ⁻¹	L2	44.566	49.422	45.891	51.697	15.473	15.986	15.636	16.617	35.410	37.606	36.312	39.179	33.367	32.134	33.810	36.616
		±0.268	±0.194	±0.206	±0.415	±0.090	±0.136	±0.095	±0.183	±0.140	±0.445	±0.244	±0.394	±0.191	±0.227	±0.258	±0.216
	L5	43.049	47.395	44.316	50.017	14.824	15.650	14.993	16.109	34.019	36.384	35.396	37.630	32.026	33.641	32.405	34.942
		±0.257	±0.382	±0.195	±0.345	±0.145	±0.068	±0.188	±0.143	±0.166	±0.409	±0.238	±0.352	±0.382	±0.334	±0.342	±0.251
	L6	41.789	46.458	42.849	47.780	14.558	15.045	14.792	15.920	33.338	36.738	34.353	37.038	31.195	34.861	31.897	34.434
		±0.454	±0.466	±0.265	±0.455	±0.174	±0.088	±0.098	±0.132	±0.258	±0.104	±0.246	±0.304	±0.181	±0.351	±0.291	±0.289
	L7	40.805	44.730	41.420	47.132	14.151	14.817	14.285	15.061	32.489	34.973	33.398	36.525	30.627	32.184	31.457	34.068
		±0.561	±0.256	±0.325	±0.504	±0.119	±0.119	±0.105	±0.071	±0.198	±0.241	±0.239	±0.358	±0.378	±0.351	±0.260	±0.135
	L8	41.842	46.237	42.565	47.218	14.508	15.061	14.773	15.698	33.108	34.994	33.651	36.788	31.566	31.105	31.811	34.969
		±0.758	±0.174	±0.261	±0.479	±0.153	±0.113	±0.106	±0.131	±0.242	±0.298	±0.280	±0.238	±0.493	±0.306	±0.144	±0.206
	L9	39.550	43.911	40.746	45.571	13.811	14.564	14.265	14.916	31.339	33.746	32.651	35.360	29.535	31.137	30.386	32.899
		±0.209	±0.375	±0.320	±0.330	±0.128	±0.136	±0.119	±0.116	±0.289	±0.125	±0.187	±0.241	±0.273	±0.331	±0.054	±0.354
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
B mg kg ⁻¹	L1	26.530	28.999	27.272	30.145	9.405	9.706	9.451	10.061	18.381	19.557	18.333	20.584	16.655	31.360	17.312	18.732
		±0.422	±0.347	±0.200	±0.182	±0.084	±0.108	±0.055	±0.071	±0.215	±0.161	±0.149	±0.087	±0.269	±0.304	±0.182	±0.159
	L3	26.998	29.322	27.419	30.691	9.567	9.967	9.603	10.384	18.739	19.929	19.089	20.644	17.006	16.001	17.462	19.097
		±0.438	±0.107	±0.260	±0.132	±0.065	±0.094	±0.067	±0.071	±0.239	±0.142	±0.179	±0.244	±0.262	±0.086	±0.124	±0.111
	L4	28.160	31.330	29.187	32.512	10.002	10.323	10.021	10.780	19.473	20.744	19.936	21.957	17.641	17.097	18.180	19.533
		±0.457	±0.297	±0.188	±0.253	±0.064	±0.076	±0.066	±0.089	±0.201	±0.163	±0.091	±0.188	±0.281	±0.146	±0.182	±0.113

Çizelge 4.39. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Ca konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Ca mg kg ⁻¹	L2	8717.953	9649.457	9030.769	9897.066	1969.948	2042.898	2029.785	2136.292	5604.815	5973.395	5742.451	6157.971	5496.025	5737.480	5598.960	6094.001
		±48.356	±68.045	±39.633	±67.504	±9.108	±19.473	±13.593	±12.324	±32.566	±49.688	±64.403	±51.811	±29.717	±52.756	±64.398	±40.824
	L5	8413.557	9413.684	8572.381	9879.380	1890.084	1992.378	1926.151	2066.816	5365.675	5718.112	5477.753	6063.420	5290.279	5665.007	5364.302	5868.194
		±61.312	±83.391	±57.703	±45.108	±20.437	±13.983	±8.443	±13.895	±40.447	±52.211	±48.295	±29.555	±47.548	±32.581	±26.155	±43.564
	L6	8153.083	8853.562	8472.428	9214.032	1847.525	1919.398	1862.442	2005.617	5251.885	5566.994	5363.302	5892.828	5146.254	5408.501	5183.671	5741.763
		±79.363	±90.267	±65.874	±79.802	±20.425	±16.142	±10.985	±9.607	±15.551	±29.878	±49.239	±55.796	±27.995	±41.629	±32.215	±54.582
	L7	7990.438	8884.194	8235.017	9347.131	1810.788	1908.814	1826.773	1984.137	5116.679	5553.297	5306.668	5729.535	5076.443	5416.537	5165.948	5625.159
		±93.987	±40.320	±73.142	±14.738	±19.442	±6.025	±15.438	±14.777	±38.688	±63.001	±21.441	±50.195	±49.658	±46.440	±34.146	±44.924
	L8	8254.706	9171.164	8558.085	9518.326	1866.380	1964.512	1885.987	2025.620	5274.016	5813.472	5435.603	5875.973	5191.319	5739.253	5284.546	5752.459
		±60.997	±28.100	±76.710	±84.355	±13.623	±18.389	±19.476	±14.078	±32.123	±15.351	±52.920	±61.789	±51.801	±50.747	±61.188	±18.230
	L9	7718.538	8524.278	8151.506	8886.551	1739.277	1841.321	1742.288	1865.015	4953.854	5290.559	5067.688	5527.865	4864.044	5163.121	4980.461	5472.924
		±97.759	±82.390	±44.241	±72.178	±12.700	±5.394	±16.931	±17.574	±27.878	±29.489	±36.698	±33.014	±60.637	±64.413	±41.378	±33.471
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Ca mg kg ⁻¹	L1	7382.175	8062.64	7672.038	8412.181	1482.487	1556.379	1521.644	1582.709	4376.498	4638.813	4452.922	4806.125	4179.313	4500.083	4285.431	4668.723
		±57.711	±78.312	±36.755	±91.259	±13.379	±9.252	±14.230	±8.492	±70.815	±46.970	±44.366	±48.814	±61.292	±37.934	±41.630	±41.713
	L3	7536.452	8453.184	7672.214	8704.730	1510.192	1550.338	1506.983	1634.821	4463.836	4841.264	4634.293	5012.726	4263.493	4650.219	4389.107	4741.631
		±88.152	±94.323	±55.670	±107.415	±19.923	±11.917	±14.496	±15.616	±77.903	±34.103	±35.027	±26.547	±58.533	±47.493	±53.212	±35.773
	L4	7812.071	8642.421	8060.298	8894.881	1571.876	1651.102	1591.789	1716.794	4623.422	4903.597	4721.199	5062.692	4420.928	4785.932	4534.368	4884.735
		±94.714	±56.819	±77.207	±55.853	±12.696	±16.110	±14.853	±9.190	±70.480	±46.708	±49.808	±54.082	±61.397	±26.081	±46.742	±40.523

Çizelge 4.40. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Cd konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Cd mg kg ⁻¹	L2	1.277	1.417	1.304	1.473	0.194	0.200	0.197	0.205	0.585	0.624	0.594	0.655	0.501	0.541	0.519	0.560
		±0.011	±0.009	±0.010	±0.010	±0.001	±0.002	±0.002	±0.002	±0.004	±0.006	±0.006	±0.002	±0.003	±0.003	±0.003	±0.002
	L5	1.233	1.385	1.295	1.427	0.186	0.193	0.189	0.196	0.564	0.612	0.569	0.632	0.481	0.597	0.488	0.532
		±0.010	±0.005	±0.014	±0.014	±0.002	±0.001	±0.001	±0.002	±0.005	±0.006	±0.004	±0.007	±0.005	±0.006	±0.005	±0.003
	L6	1.195	1.320	1.246	1.400	0.183	0.191	0.189	0.195	0.549	0.598	0.552	0.617	0.472	0.549	0.485	0.530
		±0.012	±0.015	±0.014	±0.013	±0.001	±0.002	±0.001	±0.002	±0.001	±0.002	±0.005	±0.004	±0.003	±0.003	±0.005	±0.001
	L7	1.176	1.320	1.215	1.375	0.178	0.189	0.180	0.190	0.538	0.573	0.559	0.599	0.459	0.551	0.475	0.512
		±0.020	±0.008	±0.004	±0.009	±0.001	±0.001	±0.001	±0.002	±0.009	±0.003	±0.006	±0.005	±0.005	±0.004	±0.003	±0.004
	L8	1.210	1.367	1.277	1.425	0.182	0.190	0.185	0.195	0.552	0.595	0.569	0.611	0.473	0.505	0.485	0.537
		±0.018	±0.010	±0.017	±0.017	±0.001	±0.001	±0.001	±0.001	±0.009	±0.006	±0.004	±0.006	±0.006	±0.002	±0.004	±0.005
	L9	1.140	1.271	1.201	1.341	0.172	0.177	0.174	0.184	0.515	0.543	0.526	0.577	0.444	0.518	0.463	0.497
		±0.008	±0.011	±0.007	±0.013	±0.001	±0.001	±0.001	±0.002	±0.004	±0.005	±0.004	±0.006	±0.005	±0.004	±0.003	±0.003
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Cd mg kg ⁻¹	L1	1.782	1.993	1.827	2.050	0.272	0.281	0.276	0.288	1.574	1.686	1.584	1.725	1.469	1.578	1.498	1.617
		±0.031	±0.009	±0.020	±0.015	±0.003	±0.002	±0.002	±0.002	±0.022	±0.013	±0.015	±0.018	±0.018	±0.006	±0.013	±0.016
	L3	1.821	2.037	1.888	2.124	0.278	0.295	0.281	0.301	1.609	1.734	1.663	1.790	1.506	1.610	1.537	1.634
		±0.025	±0.006	±0.016	±0.019	±0.004	±0.002	±0.002	±0.002	±0.028	±0.014	±0.009	±0.019	±0.019	±0.010	±0.006	±0.014
	L4	1.879	2.051	1.916	2.145	0.287	0.298	0.291	0.311	1.661	1.776	1.719	1.861	1.555	1.618	1.582	1.737
		±0.032	±0.010	±0.023	±0.016	±0.003	±0.003	±0.003	±0.003	±0.028	±0.017	±0.015	±0.010	±0.018	±0.013	±0.018	±0.007

Çizelge 4.41. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Co konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Co mg kg ⁻¹	L2	2.372	2.632	2.462	2.722	0.305	0.313	0.309	0.331	1.538	1.634	1.576	1.734	1.423	1.494	1.441	1.568
		±0.010	±0.019	±0.025	±0.022	±0.002	±0.002	±0.004	±0.002	±0.008	±0.013	±0.010	±0.011	±0.008	±0.011	±0.006	±0.014
	L5	2.284	2.552	2.392	2.606	0.294	0.308	0.300	0.320	1.475	1.570	1.526	1.639	1.360	1.463	1.388	1.505
		±0.012	±0.018	±0.032	±0.020	±0.004	±0.003	±0.002	±0.001	±0.006	±0.015	±0.009	±0.014	±0.007	±0.012	±0.010	±0.018
	L6	2.230	2.457	2.301	2.549	0.288	0.296	0.294	0.308	1.440	1.533	1.478	1.611	1.333	1.401	1.380	1.489
		±0.013	±0.025	±0.013	±0.017	±0.002	±0.004	±0.002	±0.002	±0.006	±0.015	±0.008	±0.008	±0.005	±0.014	±0.008	±0.009
	L7	2.181	2.423	2.271	2.546	0.279	0.291	0.277	0.301	1.409	1.492	1.432	1.574	1.302	1.351	1.325	1.424
		±0.032	±0.017	±0.026	±0.017	±0.003	±0.003	±0.003	±0.002	±0.008	±0.016	±0.008	±0.016	±0.011	±0.013	±0.014	±0.015
	L8	2.248	2.476	2.353	2.613	0.285	0.300	0.290	0.312	1.444	1.543	1.453	1.616	1.330	1.425	1.370	1.497
		±0.038	±0.026	±0.030	±0.024	±0.004	±0.001	±0.002	±0.002	±0.009	±0.009	±0.011	±0.011	±0.018	±0.013	±0.014	±0.006
	L9	2.101	2.307	2.150	2.410	0.269	0.280	0.272	0.288	1.366	1.465	1.376	1.503	1.267	1.222	1.323	1.416
		±0.009	±0.017	±0.014	±0.012	±0.002	±0.002	±0.002	±0.002	±0.010	±0.011	±0.016	±0.008	±0.019	±0.010	±0.008	±0.012
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Co mg kg ⁻¹	L1	3.345	3.718	3.414	3.877	0.462	0.484	0.467	0.495	2.231	2.409	2.253	2.451	2.120	2.365	2.154	2.340
		±0.032	±0.030	±0.017	±0.032	±0.005	±0.003	±0.007	±0.003	±0.043	±0.024	±0.023	±0.023	±0.007	±0.025	±0.022	±0.021
	L3	3.422	3.800	3.514	3.911	0.471	0.489	0.472	0.509	2.285	2.426	2.341	2.543	2.165	2.342	2.199	2.392
		±0.015	±0.029	±0.023	±0.024	±0.006	±0.005	±0.005	±0.005	±0.054	±0.021	±0.024	±0.010	±0.013	±0.018	±0.017	±0.017
	L4	3.544	3.898	3.624	4.160	0.491	0.504	0.491	0.521	2.373	2.578	2.415	2.617	2.252	2.213	2.299	2.487
		±0.046	±0.028	±0.038	±0.022	±0.004	±0.003	±0.003	±0.004	±0.053	±0.016	±0.021	±0.022	±0.011	±0.017	±0.010	±0.026

Çizelge 4.42. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Cr konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Cr mg kg ⁻¹	L2	6.207	6.901	6.437	7.140	1.785	1.861	1.825	1.917	4.834	5.177	4.973	5.493	4.762	5.076	4.838	5.363
		±0.024	±0.073	±0.050	±0.070	±0.012	±0.012	±0.016	±0.019	±0.019	±0.050	±0.038	±0.044	±0.024	±0.019	±0.030	±0.012
	L5	5.953	6.576	6.060	6.741	1.708	1.778	1.718	1.810	4.623	5.015	4.702	5.051	4.563	4.879	4.613	4.892
		±0.020	±0.030	±0.038	±0.068	±0.016	±0.018	±0.008	±0.015	±0.017	±0.041	±0.046	±0.029	±0.038	±0.034	±0.037	±0.033
	L6	5.822	6.487	6.002	6.768	1.676	1.746	1.682	1.796	4.547	4.919	4.620	5.132	4.458	4.750	4.564	5.018
		±0.052	±0.020	±0.050	±0.030	±0.007	±0.012	±0.012	±0.018	±0.029	±0.034	±0.049	±0.055	±0.031	±0.042	±0.031	±0.042
	L7	5.745	6.292	5.954	6.558	1.637	1.727	1.655	1.758	4.437	4.874	4.582	4.982	4.314	4.623	4.439	4.825
		±0.051	±0.062	±0.029	±0.035	±0.007	±0.014	±0.013	±0.013	±0.052	±0.025	±0.035	±0.039	±0.135	±0.041	±0.057	±0.051
	L8	5.890	6.463	5.989	6.795	1.677	1.725	1.678	1.817	4.575	4.944	4.686	5.161	4.464	4.512	4.569	5.018
		±0.082	±0.043	±0.034	±0.080	±0.014	±0.008	±0.014	±0.004	±0.065	±0.024	±0.037	±0.030	±0.153	±0.022	±0.042	±0.052
	L9	5.545	6.238	5.836	6.464	1.591	1.623	1.595	1.689	4.287	4.662	4.421	4.801	4.202	4.577	4.299	4.742
		±0.046	±0.049	±0.059	±0.043	±0.022	±0.012	±0.007	±0.012	±0.057	±0.043	±0.040	±0.028	±0.046	±0.019	±0.038	±0.042
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Cr mg kg ⁻¹	L1	4.559	5.031	4.642	5.178	0.385	0.402	0.388	0.408	1.369	2.472	1.405	1.542	1.289	2.411	1.289	1.418
		±0.040	±0.040	±0.044	±0.037	±0.007	±0.004	±0.002	±0.004	±0.017	±0.018	±0.009	±0.008	±0.019	±0.014	±0.006	±0.011
	L3	4.639	5.032	4.782	5.354	0.392	0.405	0.393	0.415	1.401	1.477	1.416	1.543	1.319	1.303	1.323	1.465
		±0.067	±0.041	±0.038	±0.045	±0.008	±0.003	±0.002	±0.004	±0.024	±0.014	±0.013	±0.015	±0.015	±0.007	±0.009	±0.004
	L4	4.825	5.346	4.998	5.582	0.409	0.422	0.415	0.442	1.451	1.576	1.489	1.642	1.370	1.449	1.378	1.487
		±0.053	±0.022	±0.041	±0.038	±0.007	±0.003	±0.002	±0.002	±0.015	±0.011	±0.010	±0.006	±0.023	±0.015	±0.010	±0.013

Çizelge 4.43. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Cu konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Cu mg kg ⁻¹	L2	13.092	14.257	13.275	14.996	1.203	1.263	1.238	1.307	10.801	11.667	11.107	11.911	9.093	10.298	9.470	10.129
		±0.088	±0.115	±0.100	±0.107	±0.006	±0.010	±0.006	±0.012	±0.026	±0.114	±0.092	±0.111	±0.033	±0.114	±0.042	±0.100
	L5	12.606	13.951	12.879	14.217	1.155	1.198	1.173	1.242	10.395	11.184	10.738	11.573	8.726	10.334	8.946	9.595
		±0.130	±0.149	±0.090	±0.132	±0.013	±0.013	±0.009	±0.013	±0.059	±0.064	±0.069	±0.057	±0.059	±0.101	±0.101	±0.074
	L6	12.363	13.658	12.464	14.273	1.130	1.174	1.144	1.214	10.142	10.681	10.425	11.273	8.569	9.313	8.864	9.589
		±0.085	±0.073	±0.116	±0.145	±0.004	±0.011	±0.006	±0.004	±0.097	±0.132	±0.054	±0.060	±0.079	±0.096	±0.078	±0.036
	L7	12.052	13.364	12.525	13.723	1.103	1.139	1.111	1.174	9.873	10.663	10.177	11.098	8.328	9.798	8.625	9.303
		±0.065	±0.074	±0.077	±0.097	±0.013	±0.010	±0.006	±0.005	±0.026	±0.096	±0.059	±0.084	±0.082	±0.110	±0.050	±0.090
	L8	12.365	13.614	12.566	14.077	1.133	1.185	1.153	1.229	10.166	10.743	10.386	11.296	8.548	10.275	8.744	9.665
		±0.135	±0.111	±0.124	±0.091	±0.012	±0.010	±0.009	±0.011	±0.073	±0.115	±0.038	±0.111	±0.053	±0.052	±0.046	±0.066
	L9	11.610	12.734	11.796	13.389	1.068	1.119	1.082	1.135	9.571	10.054	9.788	10.450	8.045	9.252	8.313	8.943
		±0.153	±0.140	±0.098	±0.099	±0.008	±0.009	±0.007	±0.007	±0.098	±0.081	±0.042	±0.070	±0.096	±0.039	±0.104	±0.063
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Cu mg kg ⁻¹	L1	26.805	29.409	27.873	30.615	2.882	2.996	2.879	3.100	35.264	37.575	35.642	38.543	33.603	36.278	34.054	36.979
		±0.084	±0.326	±0.317	±0.334	±0.051	±0.018	±0.034	±0.037	±0.614	±0.325	±0.391	±0.274	±0.298	±0.203	±0.346	±0.406
	L3	27.289	29.896	27.970	31.666	2.929	3.045	2.996	3.134	35.922	39.174	37.505	40.676	34.348	35.116	34.796	37.841
		±0.184	±0.247	±0.149	±0.346	±0.054	±0.033	±0.022	±0.011	±0.507	±0.208	±0.310	±0.309	±0.195	±0.218	±0.244	±0.153
	L4	28.435	31.461	29.602	32.501	3.059	3.245	3.120	3.305	37.408	39.616	37.963	41.139	35.753	37.237	37.106	39.873
		±0.236	±0.333	±0.195	±0.099	±0.038	±0.028	±0.020	±0.017	±0.645	±0.378	±0.276	±0.267	±0.295	±0.226	±0.387	±0.321

Çizelge 4.44. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Fe konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Fe mg kg ⁻¹	L2	982.561	1080.634	1015.116	1144.070	47.719	50.157	48.267	50.687	80.505	85.306	82.942	89.952	76.619	75.153	77.977	86.023
		±4.653	±5.005	±9.217	±6.800	±0.280	±0.414	±0.451	±0.300	±0.501	±0.821	±0.508	±0.561	±0.526	±0.291	±0.589	±0.866
	L5	943.631	1033.372	964.424	1093.019	45.858	47.954	45.950	48.495	77.253	83.801	79.472	87.047	73.651	79.661	76.258	81.438
		±8.921	±11.391	±5.836	±4.794	±0.393	±0.318	±0.389	±0.419	±0.757	±0.399	±0.707	±0.853	±0.748	±0.770	±0.478	±0.455
	L6	924.843	1019.980	942.642	1048.414	44.852	45.841	44.662	47.219	75.299	81.187	77.661	82.105	72.175	73.801	72.815	78.534
		±8.421	±2.779	±8.915	±8.025	±0.309	±0.508	±0.530	±0.441	±0.534	±0.686	±0.240	±0.817	±0.713	±0.652	±0.708	±0.511
	L7	904.298	1005.254	938.207	1039.824	43.969	45.326	44.876	47.076	73.833	80.078	75.197	82.832	70.482	75.908	70.780	77.943
		±5.537	±6.713	±3.543	±9.669	±0.334	±0.487	±0.434	±0.458	±0.579	±0.714	±0.537	±0.163	±0.715	±0.685	±0.546	±0.634
	L8	923.533	1020.607	962.849	1070.557	45.396	46.769	45.118	47.855	75.687	81.107	77.465	82.653	72.489	74.694	73.377	78.497
		±8.371	±6.654	±6.359	±10.752	±0.537	±0.402	±0.286	±0.512	±0.265	±0.937	±0.654	±0.829	±0.587	±0.681	±0.611	±0.665
	L9	870.923	944.700	884.288	1013.004	42.316	44.075	42.892	45.523	71.656	77.782	73.899	80.998	68.277	72.622	68.329	74.585
		±6.729	±6.469	±7.836	±6.556	±0.391	±0.238	±0.119	±0.317	±1.201	±0.501	±0.507	±0.611	±0.762	±0.527	±0.447	±0.677
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Fe mg kg ⁻¹	L1	1483.697	1618.491	1540.622	1710.986	32.535	34.085	33.422	34.395	68.391	73.059	70.575	76.230	65.486	70.321	67.701	72.310
		±14.769	±14.980	±18.176	±19.010	±0.483	±0.353	±0.174	±0.239	±0.377	±0.639	±0.571	±0.492	±1.158	±0.605	±0.469	±0.441
	L3	1511.910	1656.647	1572.843	1747.562	33.234	35.344	33.668	35.860	69.899	73.763	71.798	77.626	66.511	69.764	66.992	74.252
		±21.876	±16.504	±9.120	±14.118	±0.362	±0.236	±0.318	±0.145	±0.613	±0.551	±0.658	±0.553	±1.272	±0.394	±0.641	±0.511
	L4	1570.835	1725.092	1591.358	1787.051	34.296	35.449	35.030	36.776	72.491	79.101	74.291	81.806	69.657	74.699	69.927	78.238
		±17.742	±13.088	±15.742	±15.002	±0.546	±0.115	±0.260	±0.399	±0.792	±0.603	±0.700	±0.785	±1.225	±0.547	±0.869	±0.602

Çizelge 4.45. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde K konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
K mg kg ⁻¹	L2	3579.048	4001.035	3706.108	4094.727	587.900	616.455	595.175	621.903	1804.253	1902.934	1849.244	2017.391	1770.117	1843.466	1809.048	1950.051
		±23.741	±12.903	±25.845	±29.081	±2.922	±4.291	±4.429	±6.963	±11.448	±21.375	±13.071	±16.053	±4.663	±12.472	±9.061	±11.524
	L5	3443.381	3830.102	3494.696	3917.905	565.353	590.908	567.939	596.771	1734.154	1846.771	1753.004	1910.534	1695.310	1806.108	1745.496	1890.224
		±41.565	±22.297	±18.718	±37.688	±4.858	±4.019	±5.396	±3.499	±14.826	±13.205	±19.405	±18.944	±11.774	±10.726	±9.783	±12.459
	L6	3358.812	3732.501	3505.248	3889.001	550.073	568.283	563.416	585.250	1690.319	1835.589	1724.396	1888.297	1665.008	1781.259	1686.361	1838.717
		±25.990	±44.416	±40.880	±37.361	±2.943	±4.949	±3.571	±4.484	±10.825	±10.487	±7.720	±7.021	±12.327	±10.755	±16.284	±13.433
	L7	3293.830	3650.921	3419.343	3850.252	543.538	572.099	551.955	575.088	1655.381	1782.951	1664.026	1829.792	1618.925	1714.805	1633.895	1791.173
		±43.014	±29.697	±18.795	±33.699	±5.155	±4.781	±2.719	±4.527	±15.662	±9.049	±14.388	±13.027	±12.129	±16.659	±17.436	±8.714
	L8	3400.634	3797.336	3541.252	3968.666	556.940	587.399	572.536	588.832	1704.020	1799.948	1743.219	1908.290	1662.081	1707.182	1715.805	1831.611
		±58.123	±37.542	±37.899	±27.974	±8.669	±4.293	±1.068	±4.125	±7.695	±10.193	±15.557	±14.415	±15.454	±14.851	±8.163	±22.488
	L9	3177.749	3540.275	3339.848	3742.891	520.600	538.869	528.693	561.448	1595.711	1710.636	1605.503	1751.881	1569.681	1819.349	1586.371	1717.348
		±35.640	±12.818	±41.749	±29.980	±5.465	±3.322	±3.862	±5.553	±10.21	±10.828	±12.017	±17.598	±6.303	±16.775	±16.156	±21.107
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
K mg kg ⁻¹	L1	5900.061	6578.559	6071.510	6721.738	1148.239	1184.318	1159.878	1215.941	2781.990	2990.374	2867.292	3110.724	2681.094	2828.652	2754.932	2985.463
		±68.022	±62.196	±56.671	±68.455	±7.216	±6.967	±9.555	±11.576	±44.235	±24.736	±20.755	±34.357	±14.476	±19.325	±30.764	±18.981
	L3	6014.678	6550.399	6088.884	6870.001	1170.307	1233.631	1191.962	1273.758	2831.722	2999.499	2891.673	3144.811	2726.975	2812.359	2745.713	3024.361
		±46.286	±48.853	±42.146	±43.991	±8.950	±10.547	±8.873	±11.118	±30.722	±19.570	±15.704	±18.892	±23.087	±26.157	±26.794	±25.914
	L4	6259.830	6923.316	6413.180	7075.652	1219.540	1269.784	1227.485	1316.212	2944.200	3166.448	3039.029	3234.243	2840.479	3023.084	2922.330	3178.099
		±101.024	±65.700	±59.801	±65.705	±4.729	±12.861	±7.690	±17.574	±49.590	±27.949	±23.380	±35.621	±7.461	±12.921	±25.412	±13.885

Çizelge 4.46. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Mg konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Mg mg kg ⁻¹	L2	623.950	690.964	640.865	717.140	325.830	334.851	329.107	345.281	467.546	510.710	471.722	512.289	450.196	484.004	463.462	501.720
		±4.011	±2.986	±4.720	±7.132	±1.474	±3.935	±3.791	±3.663	±1.044	±1.508	±4.428	±4.148	±1.879	±3.020	±3.965	±2.709
	L5	602.288	672.307	620.227	696.714	312.428	323.470	313.224	337.596	450.224	483.849	455.751	508.858	433.899	460.675	436.574	479.518
		±3.589	±3.348	±1.839	±5.366	±2.151	±2.362	±2.438	±2.735	±0.915	±4.688	±3.454	±2.474	±2.010	±5.130	±3.065	±5.006
	L6	587.171	646.937	616.835	685.555	305.799	315.412	311.106	330.165	439.944	476.230	456.869	482.024	422.623	455.201	430.569	470.321
		±3.716	±2.350	±3.838	±5.313	±3.489	±2.278	±3.252	±3.452	±2.486	±2.934	±4.933	±5.297	±4.140	±3.591	±2.781	±2.557
	L7	573.887	624.653	582.758	650.556	300.450	308.620	301.978	321.795	428.202	446.440	434.075	472.963	413.709	428.492	429.843	470.229
		±4.208	±4.731	±2.344	±4.163	±2.206	±2.432	±2.508	±1.288	±3.465	±3.578	±4.101	±2.306	±2.926	±3.508	±2.256	±3.936
	L8	590.111	640.985	616.123	681.687	307.843	327.504	314.231	335.547	440.374	463.547	453.185	492.655	424.098	414.724	439.193	472.440
		±5.195	±4.780	±4.974	±7.302	±3.470	±2.927	±2.288	±3.442	±4.029	±4.212	±3.180	±3.774	±5.641	±2.970	±4.302	±3.711
	L9	551.128	609.050	570.698	624.561	292.264	300.264	290.996	314.119	413.524	442.036	424.867	457.924	399.645	418.648	409.279	451.221
		±3.859	±4.696	±4.340	±7.689	±2.373	±2.475	±1.619	±1.535	±2.866	±4.486	±5.638	±2.346	±4.192	±3.396	±3.927	±4.344
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Mg mg kg ⁻¹	L1	967.679	1056.694	1000.559	1092.645	438.231	453.548	436.631	465.701	683.707	729.923	694.267	757.331	665.248	641.193	671.169	732.297
		±12.886	±6.001	±12.934	±7.365	±3.013	±2.312	±3.716	±3.529	±9.397	±6.573	±5.426	±5.627	±7.174	±6.023	±7.161	±5.974
	L3	987.074	1070.239	1017.934	1122.139	447.745	464.516	452.227	479.302	697.143	750.395	719.118	769.520	677.220	744.736	698.768	772.450
		±12.330	±11.550	±9.141	±9.124	±2.302	±4.648	±2.572	±3.015	±10.490	±7.922	±7.126	±2.291	±8.877	±7.407	±6.913	±5.344
	L4	1022.016	1125.540	1030.847	1182.716	464.088	486.024	468.55	498.715	725.069	777.594	727.685	805.013	706.723	744.530	719.805	786.895
		±11.774	±7.686	±5.681	±13.006	±2.479	±3.132	±4.460	±4.635	±8.575	±7.990	±5.813	±7.981	±5.879	±2.135	±6.255	±7.440

Çizelge 4.47. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Mn konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Mn mg kg ⁻¹	L2	48.743	53.486	50.581	55.502	8.514	8.869	8.545	9.001	37.826	40.417	38.449	42.102	35.599	37.066	35.881	39.492
		±0.296	±0.354	±0.413	±0.603	±0.029	±0.070	±0.048	±0.084	±0.145	±0.230	±0.194	±0.391	±0.201	±0.249	±0.111	±0.440
	L5	46.789	51.816	48.484	54.151	8.169	8.377	8.055	8.594	36.091	38.594	37.092	39.623	34.307	64.550	34.879	38.135
		±0.116	±0.549	±0.406	±0.364	±0.069	±0.079	±0.071	±0.059	±0.130	±0.274	±0.367	±0.270	±0.209	±0.674	±0.297	±0.166
	L6	45.710	50.117	47.044	52.804	8.008	8.346	8.189	8.485	35.610	37.914	36.411	38.964	33.308	35.386	33.649	37.174
		±0.305	±0.408	±0.490	±0.548	±0.043	±0.077	±0.048	±0.098	±0.364	±0.348	±0.379	±0.379	±0.204	±0.394	±0.081	±0.347
	L7	44.697	50.086	46.823	52.468	7.789	7.927	7.731	8.190	34.839	36.322	34.610	38.740	32.848	33.437	33.741	36.302
		±0.517	±0.577	±0.312	±0.250	±0.076	±0.085	±0.055	±0.055	±0.347	±0.431	±0.303	±0.105	±0.265	±0.301	±0.156	±0.121
	L8	45.745	50.696	48.008	53.848	8.026	8.160	8.018	8.411	35.646	37.742	35.951	38.545	33.692	35.148	34.587	37.509
		±0.580	±0.250	±0.416	±0.300	±0.130	±0.054	±0.076	±0.045	±0.392	±0.135	±0.378	±0.417	±0.527	±0.245	±0.332	±0.273
	L9	43.151	47.346	45.189	49.049	7.517	7.836	7.553	7.993	33.689	36.248	34.052	38.022	31.425	33.549	32.346	35.723
		±0.540	±0.136	±0.431	±0.311	±0.057	±0.070	±0.043	±0.048	±0.245	±0.146	±0.186	±0.469	±0.226	±0.301	±0.194	±0.424
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Mn mg kg ⁻¹	L1	73.231	80.589	76.115	84.931	34.164	35.807	34.693	36.637	185.870	200.187	189.211	208.222	177.007	184.762	178.247	197.038
		±1.100	±0.648	±0.633	±0.642	±0.237	±0.341	±0.225	±0.222	±1.352	±1.961	±2.167	±1.772	±3.584	±2.267	±1.170	±1.502
	L3	74.804	83.918	76.494	86.665	34.835	36.222	35.107	37.634	188.717	199.986	190.945	206.786	180.113	181.498	184.948	198.603
		±1.381	±1.047	±0.647	±0.646	±0.332	±0.375	±0.243	±0.271	±1.405	±1.340	±1.398	±1.315	±3.216	±1.189	±1.201	±1.789
	L4	77.474	83.796	80.869	89.503	36.121	36.917	36.635	38.330	197.308	210.838	197.521	215.988	187.154	203.721	195.130	213.350
		±0.904	±0.753	±0.465	±0.505	±0.355	±0.398	±0.242	±0.145	±2.474	±1.010	±2.050	±2.295	±3.141	±0.998	±0.666	±0.849

Çizelge 4.48. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde N konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
N %	L2	1.215	0.679	1.707	1.184	3.455	0.723	1.167	0.558	4.790	3.131	2.214	1.967	4.561	3.070	2.159	1.894
		±0.004	±0.007	±0.009	±0.005	±0.027	±0.008	±0.011	±0.004	±0.015	±0.022	±0.018	±0.014	±0.031	±0.026	±0.022	±0.011
	L5	1.781	1.305	0.767	1.574	2.046	0.324	0.544	0.703	3.247	1.814	2.836	1.721	3.109	1.776	2.180	1.656
		±0.011	±0.014	±0.006	±0.014	±0.012	±0.001	±0.004	±0.005	±0.017	±0.016	±0.025	±0.014	±0.018	±0.015	±0.023	±0.016
	L6	1.722	0.737	1.841	2.545	0.891	0.895	1.558	2.082	2.992	2.898	3.441	2.477	2.853	1.885	3.370	2.403
		±0.008	±0.009	±0.023	±0.022	±0.006	±0.010	±0.012	±0.015	±0.019	±0.026	±0.037	±0.025	±0.011	±0.017	±0.024	±0.016
	L7	1.201	1.240	1.079	0.652	1.137	0.453	0.972	0.757	2.395	1.871	2.086	2.560	2.315	1.797	1.989	2.501
		±0.004	±0.005	±0.011	±0.004	±0.004	±0.003	±0.007	±0.008	±0.018	±0.022	±0.007	±0.014	±0.018	±0.016	±0.013	±0.025
	L8	1.622	1.723	1.377	1.698	1.980	0.464	1.101	1.227	4.104	2.208	2.365	3.503	3.956	2.051	2.298	3.479
		±0.006	±0.015	±0.011	±0.008	±0.014	±0.004	±0.011	±0.007	±0.016	±0.015	±0.018	±0.030	±0.018	±0.014	±0.027	±0.041
	L9	1.232	1.599	0.891	1.020	1.267	0.574	1.023	0.789	3.389	2.428	2.304	2.741	3.339	2.377	2.249	2.669
		±0.005	±0.013	±0.010	±0.004	±0.007	±0.004	±0.011	±0.009	±0.009	±0.023	±0.017	±0.019	±0.024	±0.017	±0.023	±0.025
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
N %	L1	1.091	1.012	0.993	1.006	0.986	0.681	1.361	1.299	3.424	2.683	3.010	2.517	3.217	2.274	2.869	2.467
		±0.014	±0.011	±0.009	±0.008	±0.014	±0.005	±0.014	±0.009	±0.051	±0.024	±0.022	±0.006	±0.030	±0.028	±0.023	±0.023
	L3	0.772	0.345	0.299	0.504	1.555	1.606	0.639	0.352	3.528	2.462	2.620	1.784	3.271	2.409	2.586	1.766
		±0.042	±0.004	±0.001	±0.006	±0.099	±0.012	±0.007	±0.003	±0.091	±0.017	±0.021	±0.024	±0.033	±0.018	±0.021	±0.011
	L4	0.533	0.882	0.653	1.134	1.913	0.703	0.881	0.679	3.472	2.721	3.071	2.535	3.395	2.598	2.925	2.489
		±0.036	±0.008	±0.004	±0.007	±0.044	±0.003	±0.009	±0.005	±0.067	±0.018	±0.020	±0.017	±0.043	±0.017	±0.017	±0.016

Çizelge 4.49. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Na konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Na mg kg ⁻¹	L2	145.002	160.373	151.367	168.924	38.886	40.099	38.659	41.179	111.800	120.620	115.849	124.019	101.964	110.973	103.654	115.354
		±0.550	±1.972	±0.565	±1.407	±0.250	±0.286	±0.284	±0.307	±0.669	±0.761	±1.271	±0.403	±0.606	±1.158	±0.897	±0.446
	L5	138.869	151.132	141.210	159.296	37.294	38.155	37.778	40.184	107.886	113.838	107.661	117.742	98.067	108.112	99.901	108.865
		±0.513	±1.308	±0.894	±1.650	±0.298	±0.288	±0.243	±0.214	±0.536	±1.218	±0.822	±1.220	±0.337	±1.018	±0.771	±1.234
	L6	136.365	153.260	142.491	159.203	36.414	38.057	36.434	38.720	104.899	113.189	107.314	118.165	96.041	108.285	99.037	105.500
		±1.014	±1.282	±1.622	±1.454	±0.234	±0.292	±0.319	±0.401	±1.369	±0.847	±0.625	±0.731	±0.734	±0.524	±1.154	±0.624
	L7	132.481	145.040	138.806	152.952	35.667	36.711	35.871	38.609	102.390	108.491	103.482	113.341	93.549	100.648	95.401	104.946
		±0.873	±1.403	±1.697	±1.391	±0.427	±0.357	±0.261	±0.432	±0.966	±1.070	±0.701	±0.754	±0.809	±0.238	±0.935	±1.099
	L8	136.302	150.271	138.137	155.302	36.539	38.345	37.456	38.999	105.464	112.708	107.463	116.256	96.154	102.743	99.103	106.962
		±0.914	±1.097	±1.575	±1.476	±0.636	±0.315	±0.217	±0.278	±0.735	±1.036	±0.751	±1.123	±1.483	±1.008	±0.841	±0.743
	L9	128.198	141.802	132.811	146.454	34.437	35.871	34.696	37.144	98.872	107.573	104.074	110.053	90.666	101.747	93.191	99.152
		±0.547	±1.366	±0.798	±1.605	±0.317	±0.256	±0.284	±0.210	±0.908	±0.615	±1.042	±1.339	±1.221	±0.641	±0.342	±0.512
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Na mg kg ⁻¹	L1	278.445	303.951	283.622	319.787	63.205	66.970	63.960	67.146	164.508	177.205	167.945	180.607	155.743	145.439	161.284	171.880
		±2.407	±2.001	±2.201	±2.804	±0.849	±0.662	±0.772	±0.690	±2.094	±1.477	±0.675	±1.170	±2.136	±1.539	±0.886	±0.999
	L3	283.521	308.537	293.294	320.523	64.542	66.535	64.733	69.884	168.129	182.394	171.730	186.935	158.661	297.184	162.213	176.218
		±1.631	±0.922	±2.302	±2.452	±0.802	±0.324	±0.649	±0.883	±2.692	±1.950	±1.146	±1.763	±2.167	±1.797	±1.122	±1.563
	L4	296.209	320.169	301.779	335.676	67.156	70.554	67.778	71.239	174.961	191.013	180.941	192.155	164.486	181.906	169.845	180.818
		±3.255	±2.458	±3.008	±4.003	±1.039	±0.618	±0.229	±0.425	±2.055	±1.132	±1.503	±1.662	±2.158	±1.557	±2.180	±1.356

Çizelge 4.50. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Ni konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Ni mg kg ⁻¹	L2	4.663	5.166	4.879	5.371	0.611	0.640	0.618	0.651	1.083	1.160	1.114	1.196	0.946	1.083	0.991	1.066
		±0.031	±0.031	±0.049	±0.014	±0.003	±0.004	±0.006	±0.002	±0.006	±0.011	±0.010	±0.011	±0.004	±0.005	±0.004	±0.010
	L5	4.494	4.911	4.659	5.154	0.586	0.611	0.593	0.628	1.046	1.111	1.082	1.183	0.910	1.013	0.940	1.034
		±0.021	±0.053	±0.019	±0.030	±0.003	±0.003	±0.006	±0.005	±0.007	±0.010	±0.006	±0.010	±0.008	±0.008	±0.007	±0.009
	L6	4.386	4.846	4.520	5.066	0.577	0.607	0.582	0.624	1.013	1.071	1.030	1.114	0.888	0.975	0.902	0.988
		±0.047	±0.049	±0.046	±0.037	±0.002	±0.001	±0.004	±0.004	±0.009	±0.006	±0.005	±0.006	±0.008	±0.007	±0.009	±0.007
	L7	4.295	4.710	4.383	4.921	0.562	0.582	0.565	0.605	0.994	1.080	1.032	1.105	0.865	0.921	0.870	0.945
		±0.043	±0.042	±0.043	±0.039	±0.005	±0.004	±0.007	±0.005	±0.010	±0.012	±0.010	±0.012	±0.003	±0.007	±0.011	±0.009
	L8	4.425	5.027	4.603	5.201	0.576	0.617	0.588	0.633	1.021	1.109	1.054	1.160	0.887	1.001	0.927	0.992
		±0.062	±0.025	±0.048	±0.038	±0.008	±0.004	±0.005	±0.005	±0.016	±0.005	±0.008	±0.006	±0.010	±0.011	±0.005	±0.009
	L9	4.120	4.463	4.266	4.715	0.540	0.572	0.557	0.581	0.964	1.029	0.986	1.072	0.841	0.958	0.871	0.925
		±0.036	±0.048	±0.040	±0.035	±0.007	±0.005	±0.002	±0.006	±0.009	±0.011	±0.011	±0.005	±0.007	±0.011	±0.006	±0.008
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Ni mg kg ⁻¹	L1	7.721	8.590	7.888	8.895	0.944	0.966	0.954	1.009	1.697	1.831	1.736	1.878	1.536	1.683	1.539	1.712
		±0.060	±0.076	±0.090	±0.033	±0.019	±0.009	±0.007	±0.009	±0.011	±0.018	±0.016	±0.011	±0.020	±0.019	±0.017	±0.017
	L3	7.861	8.542	8.005	9.048	0.965	0.998	0.981	1.014	1.728	1.861	1.794	1.915	1.570	1.739	1.607	1.717
		±0.065	±0.080	±0.064	±0.087	±0.023	±0.009	±0.007	±0.008	±0.014	±0.015	±0.019	±0.015	±0.017	±0.013	±0.018	±0.012
	L4	8.196	8.926	8.295	9.494	0.999	1.031	0.992	1.058	1.799	1.947	1.851	2.016	1.620	1.825	1.636	1.815
		±0.072	±0.087	±0.082	±0.057	±0.024	±0.010	±0.008	±0.009	±0.011	±0.021	±0.013	±0.017	±0.023	±0.023	±0.009	±0.006

Çizelge 4.51. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde P konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
P g kg ⁻¹	L2	2.675	2.985	2.807	3.103	0.483	0.497	0.486	0.517	1.137	1.216	1.183	1.271	1.088	1.056	1.125	1.208
		±0.017	±0.023	±0.017	±0.027	±0.003	±0.005	±0.004	±0.003	±0.005	±0.012	±0.009	±0.011	±0.004	±0.005	±0.005	±0.010
	L5	2.569	2.807	2.686	2.916	0.463	0.484	0.459	0.495	1.093	1.184	1.142	1.237	1.044	1.091	1.079	1.140
		±0.031	±0.014	±0.017	±0.021	±0.005	±0.003	±0.003	±0.005	±0.010	±0.008	±0.011	±0.010	±0.008	±0.006	±0.009	±0.010
	L6	2.524	2.796	2.604	2.892	0.453	0.469	0.467	0.482	1.065	1.148	1.077	1.187	1.020	0.928	1.036	1.149
		±0.032	±0.022	±0.022	±0.027	±0.005	±0.005	±0.006	±0.003	±0.003	±0.010	±0.008	±0.010	±0.009	±0.009	±0.013	±0.011
	L7	2.469	2.720	2.597	2.874	0.443	0.468	0.449	0.482	1.037	1.101	1.042	1.170	1.006	1.010	1.023	1.139
		±0.027	±0.020	±0.018	±0.017	±0.005	±0.005	±0.004	±0.002	±0.007	±0.005	±0.008	±0.009	±0.008	±0.008	±0.008	±0.012
	L8	2.523	2.796	2.627	2.950	0.455	0.473	0.457	0.497	1.066	1.168	1.103	1.203	1.034	1.088	1.071	1.163
		±0.040	±0.022	±0.016	±0.013	±0.005	±0.004	±0.005	±0.003	±0.014	±0.005	±0.009	±0.011	±0.013	±0.009	±0.008	±0.008
	L9	2.365	2.581	2.414	2.723	0.430	0.451	0.437	0.469	1.006	1.092	1.046	1.145	0.965	0.958	0.990	1.080
		±0.016	±0.017	±0.024	±0.015	±0.006	±0.002	±0.003	±0.003	±0.014	±0.009	±0.007	±0.006	±0.009	±0.006	±0.009	±0.010
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
P g kg ⁻¹	L1	4.001	4.380	4.091	4.638	0.550	0.576	0.549	0.580	1.907	2.026	1.940	2.092	1.794	1.816	1.843	2.006
		±0.033	±0.046	±0.029	±0.025	±0.009	±0.004	±0.004	±0.007	±0.019	±0.011	±0.024	±0.023	±0.024	±0.014	±0.008	±0.019
	L3	4.074	4.490	4.141	4.578	0.563	0.579	0.566	0.599	1.957	2.115	2.007	2.132	1.827	1.902	1.855	2.008
		±0.049	±0.042	±0.034	±0.037	±0.010	±0.006	±0.005	±0.005	±0.019	±0.019	±0.018	±0.012	±0.019	±0.014	±0.015	±0.020
	L4	4.245	4.687	4.348	4.889	0.585	0.609	0.587	0.623	2.013	2.142	2.049	2.242	1.894	2.043	1.934	2.108
		±0.032	±0.032	±0.025	±0.036	±0.010	±0.003	±0.004	±0.007	±0.021	±0.017	±0.021	±0.006	±0.028	±0.022	±0.019	±0.016

Çizelge 4.52. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Pb konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Pb mg kg ⁻¹	L2	25.524	28.273	26.466	29.732	6.578	6.880	6.771	7.027	18.886	20.282	19.243	21.097	17.477	18.738	17.933	19.398
		±0.153	±0.123	±0.160	±0.094	±0.029	±0.035	±0.069	±0.071	±0.099	±0.237	±0.101	±0.175	±0.112	±0.141	±0.159	±0.104
	L5	24.533	27.024	25.818	28.848	6.297	6.566	6.533	6.797	18.161	19.426	18.508	20.133	16.771	17.197	17.155	18.849
		±0.174	±0.230	±0.164	±0.231	±0.045	±0.058	±0.032	±0.072	±0.163	±0.182	±0.142	±0.069	±0.126	±0.076	±0.192	±0.146
	L6	24.094	26.213	25.321	27.804	6.182	6.389	6.199	6.620	17.701	18.952	17.934	19.426	16.471	15.994	16.784	18.226
		±0.254	±0.218	±0.230	±0.211	±0.018	±0.060	±0.072	±0.073	±0.159	±0.112	±0.168	±0.205	±0.165	±0.179	±0.158	±0.124
	L7	23.380	25.866	24.390	27.060	6.059	6.298	6.071	6.404	17.352	18.365	17.605	19.011	16.059	16.738	16.343	17.391
		±0.113	±0.088	±0.238	±0.251	±0.052	±0.058	±0.035	±0.053	±0.164	±0.129	±0.134	±0.095	±0.216	±0.054	±0.117	±0.157
	L8	23.911	26.448	25.245	27.617	6.223	6.400	6.301	6.680	17.854	19.189	18.689	19.799	16.509	17.344	16.459	18.170
		±0.204	±0.051	±0.253	±0.196	±0.089	±0.037	±0.019	±0.049	±0.150	±0.169	±0.152	±0.144	±0.237	±0.172	±0.124	±0.128
	L9	22.690	25.112	23.389	26.291	5.845	6.049	5.914	6.219	16.763	18.381	17.021	18.759	15.460	16.494	15.703	17.236
		±0.252	±0.308	±0.218	±0.303	±0.041	±0.058	±0.054	±0.060	±0.216	±0.167	±0.153	±0.160	±0.150	±0.096	±0.165	±0.128
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Pb mg kg ⁻¹	L1	71.927	80.517	74.890	83.135	41.355	43.262	41.145	43.615	92.285	100.131	93.461	103.986	88.328	88.049	91.598	97.931
		±1.022	±0.681	±0.568	±0.850	±0.626	±0.174	±0.248	±0.466	±1.043	±0.733	±0.651	±1.048	±0.597	±0.326	±0.931	±0.893
	L3	73.238	79.894	75.741	84.885	42.375	44.042	42.556	44.899	93.889	100.618	95.696	104.244	89.885	93.544	91.495	97.894
		±1.281	±0.721	±0.560	±0.187	±0.654	±0.436	±0.210	±0.262	±1.383	±0.926	±0.616	±0.677	±1.098	±0.534	±1.077	±0.868
	L4	76.539	84.327	77.138	86.304	43.852	45.039	43.157	46.689	98.025	106.234	101.309	109.925	93.747	97.980	97.182	103.921
		±1.085	±0.535	±0.603	±0.551	±0.844	±0.175	±0.376	±0.568	±1.151	±0.252	±0.681	±0.785	±0.220	±0.630	±1.156	±0.781

Çizelge 4.53. Dört farklı dönemde toplanan *A. donax* ve *P. australis* numunelerinde Zn konsantrasyonları.

Eleme nt	Lokas yon	<i>A. donax</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Zn mg kg ⁻¹	L2	133.585	145.784	137.051	150.990	35.572	36.729	36.313	37.851	290.256	311.267	298.097	318.560	280.214	298.278	287.274	315.598
		±0.708	±1.151	±1.521	±1.107	±0.170	±0.345	±0.415	±0.419	±0.749	±2.117	±2.317	±2.681	±1.701	±1.662	±2.556	±2.703
	L5	128.227	139.977	132.215	145.822	34.170	35.725	34.154	36.395	278.443	299.048	282.709	308.814	271.137	293.941	274.051	297.001
		±1.232	±0.503	±1.597	±1.831	±0.345	±0.322	±0.281	±0.373	±1.953	±1.546	±2.163	±2.039	±1.368	±2.179	±1.845	±2.355
	L6	125.253	138.460	129.482	143.894	33.485	34.421	34.106	36.695	273.082	294.947	281.898	305.219	263.371	279.102	270.191	293.505
		±1.071	±1.140	±1.249	±1.064	±0.256	±0.445	±0.323	±0.157	±2.719	±1.975	±2.354	±2.946	±1.439	±3.292	±2.634	±2.553
	L7	123.197	134.898	127.142	142.365	32.637	34.095	32.908	34.146	265.793	290.932	273.779	302.716	257.222	280.064	258.760	283.502
		±0.767	±1.414	±1.498	±1.201	±0.369	±0.291	±0.375	±0.382	±3.735	±3.210	±1.589	±3.506	±1.836	±2.590	±3.087	±3.115
	L8	126.441	139.155	130.811	143.427	33.625	34.678	32.914	35.081	273.603	297.084	288.481	308.426	262.714	275.878	268.243	295.602
		±1.230	±1.478	±1.216	±1.324	±0.546	±0.413	±0.284	±0.257	±5.579	±3.411	±1.723	±3.244	±2.607	±2.907	±2.217	±1.551
	L9	118.456	128.350	120.951	136.254	31.614	32.514	31.388	33.119	257.608	273.332	263.274	280.298	248.519	261.519	255.199	278.748
		±1.626	±1.229	±0.873	±1.737	±0.315	±0.408	±0.341	±0.261	±2.824	±3.158	±2.701	±2.540	±2.262	±2.111	±1.980	±2.816
Eleme nt	Lokas yon	<i>P. australis</i>															
		Rizom (toprak altı kısım)				Gövde				Yıkanmamış yaprak				Yıkanmış yaprak			
		Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2	Bahar-1	Güz-1	Bahar-2	Güz-2
Zn mg kg ⁻¹	L1	417.366	464.302	432.748	474.212	51.618	53.016	51.576	54.244	346.770	374.818	349.151	382.108	328.358	313.308	329.290	366.631
		±5.724	±4.008	±4.734	±3.509	±0.485	±0.546	±0.463	±0.400	±4.692	±1.970	±3.379	±1.049	±1.773	±3.154	±2.320	±2.565
	L3	427.004	471.716	442.350	492.898	52.650	54.985	52.811	55.873	353.025	378.043	361.336	395.708	334.522	323.954	337.687	365.397
		±7.271	±3.008	±4.100	±3.245	±0.685	±0.311	±0.293	±0.521	±5.171	±3.246	±4.612	±3.018	±2.642	±0.778	±2.460	±3.425
	L4	441.885	478.405	453.323	507.661	54.762	56.447	55.250	58.855	368.459	394.637	373.176	411.387	347.336	372.604	349.230	387.479
		±8.074	±2.860	±2.929	±4.938	±0.343	±0.543	±0.398	±0.264	±4.671	±2.887	±2.438	±3.170	±3.066	±2.827	±2.404	±2.252

Çizelge 4.54. Su ve sediment örneklerinde belirlenen element konsantrasyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (R^2).

	<i>Al</i> <i>SE</i>	<i>B</i> <i>SE</i>	<i>Ca</i> <i>SE</i>	<i>Cd</i> <i>SE</i>	<i>Co</i> <i>SE</i>	<i>Cr</i> <i>SE</i>	<i>Cu</i> <i>SE</i>	<i>Fe</i> <i>SE</i>	<i>K</i> <i>SE</i>	<i>Mg</i> <i>SE</i>	<i>Mn</i> <i>SE</i>	<i>Na</i> <i>SE</i>	<i>Ni</i> <i>SE</i>	<i>Pb</i> <i>SE</i>	<i>Zn</i> <i>SE</i>
<i>Al W</i>	.977**	.967**	.980**	.977**	.969**	.984**	.973**	.971**	.974**	.973**	.976**	.973**	.976**	.968**	.975**
<i>B W</i>	.967**	.957**	.971**	.977**	.967**	.974**	.979**	.970**	.972**	.971**	.968**	.972**	.971**	.966**	.969**
<i>Ca W</i>	.968**	.975**	.965**	.966**	.965**	.969**	.965**	.975**	.968**	.977**	.976**	.974**	.976**	.967**	.975**
<i>Cd W</i>	.974**	.961**	.967**	.973**	.964**	.977**	.974**	.963**	.970**	.970**	.970**	.968**	.970**	.969**	.963**
<i>Co W</i>	.971**	.966**	.964**	.966**	.963**	.975**	.964**	.973**	.974**	.973**	.977**	.979**	.982**	.976**	.980**
<i>Cr W</i>	.963**	.957**	.968**	.967**	.962**	.976**	.955**	.968**	.967**	.961**	.966**	.965**	.970**	.960**	.969**
<i>Cu W</i>	.963**	.957**	.960**	.959**	.961**	.973**	.958**	.970**	.973**	.968**	.976**	.977**	.976**	.973**	.971**
<i>Fe W</i>	.968**	.963**	.971**	.968**	.963**	.976**	.969**	.972**	.970**	.975**	.975**	.973**	.977**	.967**	.974**
<i>K W</i>	.963**	.963**	.954**	.954**	.954**	.963**	.963**	.969**	.967**	.971**	.970**	.975**	.975**	.968**	.973**
<i>Mg W</i>	.973**	.954**	.967**	.962**	.966**	.974**	.967**	.964**	.973**	.966**	.979**	.971**	.976**	.970**	.970**
<i>Mn W</i>	.975**	.970**	.977**	.980**	.969**	.978**	.966**	.972**	.979**	.968**	.970**	.973**	.976**	.967**	.979**
<i>Na W</i>	.977**	.971**	.969**	.973**	.961**	.975**	.969**	.965**	.969**	.977**	.973**	.973**	.979**	.970**	.970**
<i>Ni W</i>	.967**	.957**	.981**	.977**	.974**	.980**	.974**	.968**	.971**	.961**	.968**	.962**	.970**	.961**	.973**
<i>Pb W</i>	.964**	.962**	.939**	.950**	.940**	.952**	.947**	.955**	.958**	.966**	.963**	.965**	.969**	.961**	.952**
<i>Zn W</i>	.972**	.973**	.965**	.968**	.958**	.971**	.963**	.972**	.971**	.972**	.980**	.974**	.978**	.962**	.976**

** . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (iki yönlü). * . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (iki yönlü).

W: Su; SE: Sediment

Çizelge 4.55. Su ve bitki örneklerinde belirlenen element konsantrasyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (R^2).

	<i>Al</i> <i>PL</i>	<i>B</i> <i>PL</i>	<i>Ca</i> <i>PL</i>	<i>Cd</i> <i>PL</i>	<i>Co</i> <i>PL</i>	<i>Cr</i> <i>PL</i>	<i>Cu</i> <i>PL</i>	<i>Fe</i> <i>PL</i>	<i>K</i> <i>PL</i>	<i>Mg</i> <i>PL</i>	<i>Mn</i> <i>PL</i>	<i>Na</i> <i>PL</i>	<i>Ni</i> <i>PL</i>	<i>Pb</i> <i>PL</i>	<i>Zn</i> <i>PL</i>
<i>Al W</i>	.610**	-.229**	.120	.492**	.575**	-.298**	.481**	.513**	.578**	.592**	.477**	.529**	.586**	.544**	.738**
<i>B W</i>	.591**	-.209**	.133	.472**	.556**	-.280**	.462**	.524**	.561**	.577**	.459**	.479**	.564**	.529**	.733**
<i>Ca W</i>	.637**	-.250**	.094	.515**	.600**	-.323**	.507**	.495**	.601**	.613**	.503**	.517**	.610**	.571**	.763**
<i>Cd W</i>	.612**	-.250**	.101	.501**	.583**	-.311**	.489**	.487**	.586**	.606**	.486**	.530**	.592**	.554**	.751**
<i>Co W</i>	.646**	-.293**	.076	.532**	.613**	-.350**	.522**	.471**	.616**	.638**	.518**	.568**	.625**	.589**	.773**
<i>Cr W</i>	.607**	-.241**	.112	.491**	.570**	-.303**	.478**	.488**	.573**	.591**	.475**	.541**	.586**	.542**	.726**
<i>Cu W</i>	.651**	-.298**	.058	.542**	.621**	-.359**	.531**	.465**	.624**	.643**	.529**	.566**	.631**	.598**	.779**
<i>Fe W</i>	.638**	-.263**	.076	.523**	.601**	-.336**	.514**	.472**	.610**	.621**	.510**	.517**	.614**	.580**	.765**
<i>K W</i>	.660**	-.302**	.055	.549**	.629**	-.366**	.540**	.470**	.632**	.647**	.536**	.545**	.635**	.603**	.793**
<i>Mg W</i>	.610**	-.251**	.107	.495**	.573**	-.308**	.485**	.496**	.585**	.601**	.481**	.522**	.590**	.552**	.750**
<i>Mn W</i>	.588**	-.217**	.141	.468**	.550**	-.279**	.456**	.522**	.557**	.576**	.451**	.516**	.566**	.523**	.723**
<i>Na W</i>	.626**	-.239**	.095	.510**	.596**	-.315**	.500**	.500**	.597**	.611**	.495**	.511**	.599**	.566**	.760**
<i>Ni W</i>	.563**	-.172*	.174*	.441**	.528**	-.244**	.430**	.549**	.528**	.543**	.425**	.467**	.536**	.495**	.703**
<i>Pb W</i>	.673**	-.309**	.025	.561**	.639**	-.377**	.551**	.434**	.644**	.655**	.548**	.563**	.650**	.612**	.793**
<i>Zn W</i>	.669**	-.303**	.044	.556**	.634**	-.371**	.546**	.433**	.635**	.654**	.540**	.578**	.646**	.605**	.779**

** . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (iki yönlü). * . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (iki yönlü).

W: Su; PL: Bitki

Çizelge 4.56. Sediment ve bitki örneklerinde belirlenen element konsantrasyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (R^2).

	<i>Al</i> <i>PL</i>	<i>B</i> <i>PL</i>	<i>Ca</i> <i>PL</i>	<i>Cd</i> <i>PL</i>	<i>Co</i> <i>PL</i>	<i>Cr</i> <i>PL</i>	<i>Cu</i> <i>PL</i>	<i>Fe</i> <i>PL</i>	<i>K</i> <i>PL</i>	<i>Mg</i> <i>PL</i>	<i>Mn</i> <i>PL</i>	<i>N</i> <i>PL</i>	<i>Na</i> <i>PL</i>	<i>Ni</i> <i>PL</i>	<i>P</i> <i>PL</i>	<i>Pb</i> <i>PL</i>	<i>Zn</i> <i>PL</i>
<i>Al SE</i>	.635**	-.258**	.083	.518**	.599**	-.328**	.507**	.495**	.606**	.620**	.501**	-.274**	.557**	.612**	.571**	.491**	.758**
<i>B SE</i>	.643**	-.258**	.072	.526**	.612**	-.336**	.516**	.469**	.609**	.623**	.509**	-.264**	.550**	.616**	.578**	.498**	.752**
<i>Ca SE</i>	.573**	-.185*	.164*	.448**	.530**	-.253**	.438**	.528**	.534**	.546**	.433**	-.331**	.482**	.546**	.502**	.418**	.702**
<i>Cd SE</i>	.563**	-.180*	.171*	.441**	.528**	-.248**	.430**	.550**	.530**	.549**	.427**	-.332**	.470**	.537**	.498**	.412**	.707**
<i>Co SE</i>	.576**	-.194**	.160*	.454**	.538**	-.260**	.444**	.544**	.541**	.556**	.442**	-.320**	.479**	.551**	.512**	.425**	.715**
<i>Cr SE</i>	.587**	-.212**	.148*	.469**	.556**	-.276**	.459**	.527**	.555**	.572**	.456**	-.314**	.506**	.565**	.528**	.440**	.724**
<i>Cu SE</i>	.594**	-.221**	.127	.480**	.561**	-.288**	.469**	.531**	.569**	.584**	.467**	-.282**	.493**	.569**	.539**	.453**	.742**
<i>Fe SE</i>	.638**	-.265**	.088	.519**	.601**	-.333**	.508**	.480**	.600**	.618**	.505**	-.290**	.554**	.612**	.575**	.491**	.756**
<i>K SE</i>	.614**	-.249**	.113	.498**	.577**	-.310**	.486**	.512**	.585**	.604**	.483**	-.302**	.536**	.592**	.554**	.470**	.751**
<i>Mg SE</i>	.664**	-.282**	.046	.550**	.633**	-.360**	.540**	.471**	.637**	.650**	.539**	-.256**	.544**	.641**	.605**	.524**	.790**
<i>Mn SE</i>	.675**	-.311**	.038	.563**	.642**	-.379**	.554**	.433**	.645**	.656**	.548**	-.268**	.582**	.652**	.616**	.537**	.784**
<i>N SE</i>	.236**	.040	.217**	.157*	.241**	-.024	.149*	.406**	.217**	.252**	.140	-.218**	.178*	.202**	.228**	.143	.346**
<i>Na SE</i>	.652**	-.296**	.064	.539**	.620**	-.356**	.529**	.468**	.623**	.646**	.527**	-.259**	.560**	.630**	.597**	.513**	.785**
<i>Ni SE</i>	.648**	-.276**	.072	.531**	.611**	-.343**	.522**	.469**	.616**	.631**	.515**	-.258**	.545**	.624**	.586**	.505**	.770**
<i>P SE</i>	.627**	-.234**	.108	.505**	.590**	-.312**	.494**	.509**	.588**	.601**	.491**	-.298**	.520**	.598**	.562**	.476**	.749**
<i>Pb SE</i>	.633**	-.262**	.089	.516**	.598**	-.327**	.506**	.503**	.604**	.623**	.505**	-.263**	.538**	.610**	.575**	.490**	.768**
<i>Zn SE</i>	.615**	-.238**	.117	.496**	.579**	-.306**	.486**	.506**	.580**	.596**	.482**	-.320**	.515**	.589**	.550**	.467**	.745**

** . Korelasyon 0.01 seviyesinde anlamlıdır (iki yönlü). * . Korelasyon 0.05 seviyesinde anlamlıdır (iki yönlü).

SE: Sediment; PL: Bitki

Su toprak bitki ilişkisinin etraflıca incelendiği bu çalışmada, elde edilen element konsantrasyonları dikkate alınarak yapılan MANOVA testinin sonuçları Çizelge 4.57.'de verilmiştir. Tüm elementler için yapılan bu test sonuçları dikkate alındığında Al, Cd, Co, Cr, Ni ve Pb için $^{**}p<0.01$ ve $^{*}p<0.05$ anlamlılık değerleri elde edilmiştir. Bu testler sonucunda 9 farklı çalışma alanı belirlenen bu çalışmada, anlamlı olarak birbirinden farklı 5 farklı bölge gibi ayrıştıkları ortaya çıkmaktadır. Al, Cd, Co, Cr, Ni ve Pb ağır metalleri ile kirlilik seviyeleri üzerinden nitelendirildiğinde, L4 Sanayi bölgesi en kirli bölge olarak diğerlerinden net bir şekilde ayrışmaktadır. L9 Samandağ sahil bölgesi ise kirlilik seviyesi en düşük bölge olarak belirlenmiş olmakla birlikte, bu durum anlamlılık seviyesinin yüksekliği ile de açıklanabilmektedir. Diğer lokasyonlar kendi içlerinde birbirine benzerlikler gösterse de kirlilik seviyeleri tamamen aynı değildir ve önlem alınması noktasında önceliklerin belirlenmesine bu tablo olanak sağlamaktadır.

Çizelge 4.57. Multivariate analysis of variance (MANOVA) testi Tukey's post-hoc HSD uygulaması ile hesaplanan, lokaliteler için homojen alt kümelerdeki grup ortalamaları.

Lokaliteler	Al	Cd	Co	Cr	Ni	Pb
L1: Demirköprü	2415.726 ^{**bc}	24.969 ^{**bc}	96.720 ^{**cd}	221.204 ^{*c}	88.347 ^{**c}	86.384 ^{*b}
L2: Madenboyu	2458.498 ^{*b}	25.183 ^{**b}	99.504 ^{**c}	226.190 ^{*c}	90.405 ^{**b}	62.892 ^{**c}
L3: Üzümdalı	2458.426 ^{*b}	25.376 ^{**a}	100.762 ^{**b}	226.730 ^{**b}	89.657 ^{**c}	87.931 ^{*b}
L4: Sanayi	2555.088 ^{**a}	26.158 ^{**a}	103.945 ^{**a}	231.750 ^{**a}	93.258 ^{**a}	91.948 ^{**a}
L5: Antakya şehir merkezi	2354.106 ^{**c}	23.944 ^{**cd}	94.690 ^{**cd}	218.160 ^{**cd}	86.931 ^{**c}	60.333 ^{**d}
L6: Değirmenyolu	2328.595 ^{**cd}	23.715 ^{**cd}	92.281 ^{**d}	210.748 ^{**d}	85.561 ^{*d}	59.078 ^{**d}
L7: Sinanlı	2246.562 ^{**d}	22.903 ^{*d}	90.724 ^{**d}	207.829 ^{**d}	83.774 ^{*d}	57.165 ^{**d}
L8: Samandağ girişi	2307.769 ^{**d}	23.271 ^{*d}	93.602 ^{**d}	213.404 ^{**d}	85.219 ^{*d}	59.266 ^{**d}
L9: Samandağ sahili	2185.774 ^{**e}	22.408 ^{**e}	87.921 ^{**e}	203.259 ^{**e}	80.286 ^{**e}	56.292 ^{**e}

İstatistiksel anlamlılık seviyeleri: $^{**}p<0.01$ ve $^{*}p<0.05$.



Şekil 4.1. Asi Nehri üzerinde bazı bölgelerde gözlemlenen kanalizasyon çıkışları.



Şekil 4.2. Asi Nehri üzerinde bazı bölgelerde gözlemlenen moloz ve çöp atıkları.



Şekil 4.3. Asi Nehri’nden tarım arazilerine su transferi için kurulan bazı sistemler.

4.4. İstilacı Türe Ait Numunelerde Element Verileri

Çalışma kapsamında toplanan istilacı tür *E. crassipes* numunelerinin makro-mikro elementlere ve ağır metallere ait konsantrasyon değerleri element simgelerinin alfabetik sırasına göre Çizelge 4.58.'den 4.74.'de kadar olan tablolarda gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan istilacı tür *E. crassipes* örneklerine ait makro-mikro element konsantrasyonlarına ait ortalama değerler en yüksek ve en düşük olarak (mg kg^{-1}); B için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 36.99, 1. yıl güz döneminde çiçekte 13.93, Ca için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 15556.00, 1. yıl güz döneminde çiçekte 8123.58, K için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 9477.31, 1. yıl güz döneminde çiçekte 5926.82, Mg için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 896.82, 1. yıl güz döneminde çiçekte 408.18, N için (%) sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 1.27, 1. yıl güz döneminde çiçekte 0.66, Na için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 1147.34, 1. yıl güz döneminde çiçekte 391.03, P için (g kg^{-1}) sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 2.29, 1. yıl güz döneminde çiçekte 1.04 olarak belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında toplanan istilacı tür *E. crassipes* örneklerine ait ağır metal konsantrasyonlarına ait ortalama değerler en yüksek ve en düşük olarak (mg kg^{-1}); Al için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 14.09, 1. yıl güz döneminde çiçekte 2.41, Cd için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 4.90, 1. yıl güz döneminde çiçekte 0.81, Co için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 16.48, 1. yıl güz döneminde çiçekte 1.44, Cr için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 20.64, 1. yıl güz döneminde çiçekte 2.16, Cu için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 39.92, 1. yıl güz döneminde çiçekte 12.11, Fe için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 72.56, 1. yıl güz döneminde çiçekte 27.20, Mn için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 645.83, 1. yıl güz döneminde çiçekte 193.38, Ni için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 25.70, 1. yıl güz döneminde çiçekte 8.49, Pb için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 47.70, 1. yıl güz döneminde çiçekte 13.05, Zn için sırasıyla, 2. yıl güz döneminde petiolde 133.95, 1. yıl güz döneminde çiçekte 35.29 olarak belirlenmiştir.

E. crassipes istilacı türünde elde edilen makro-mikro element sonuçları kabul edilen sınır değerleri (Çizelge 1.1.) ile incelendiğinde tamamı limitler dahilinde kabul edilebilir konsantrasyonlarda belirlenmiştir. Ağır metal sonuçları kabul edilen sınır değerleri (Çizelge 1.2.) ile incelendiğinde; Al için sınır değerlerinin altında bulunduğu, Fe ve Zn

için limitlerde olduğu ancak konsantrasyonu belirlenen Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb için limitlerin çok üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle petiol kısmında yoğun olarak biriken bu ağır metaller bitki gelişimini ve istilasını engelleyemediği için, ağır metallerin ortamdan uzaklaştırılması için imkân oluşturmaktadır. Ancak aşırı yoğunluğu nedeniyle suyun hava almasını engelleyebilmekte ve balık türlerinin zarar görmesine de neden olmaktadırlar.



Çizelge 4.58. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Al konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>							
		Yaprak		Kök		Petiol		Çiçek	
		Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Al mg kg ⁻¹	L1	6.472±0.048	6.877±0.106	8.613±0.1	9.079±0.121	11.104±0.012	11.25±0.159	2.442±0.016	2.875±0.016
	L2	6.577±0.005	7.36±0.113	9.557±0.016	10.345±0.091	12.327±0.167	12.549±0.098	2.453±0.011	2.499±0.045
	L3	7.112±0.014	7.336±0.094	10.47±0.024	12.169±0.143	13.285±0.191	15.407±0.035	2.466±0.028	2.904±0.001
	L4	9.299±0.035	9.913±0.004	13.048±0.125	15.262±0.013	16.738±0.108	18.239±0.034	3.252±0.004	3.626±0.029
	L5	7.141±0.024	8.29±0.037	9.284±0.1	10.001±0.15	13.06±0.144	13.486±0.174	2.45±0.004	2.677±0.019
	L6	6.886±0.058	7.14±0.024	8.022±0.14	8.988±0.02	12.429±0.005	12.971±0.045	2.184±0.026	2.371±0.013
	L7	7.123±0.121	8.387±0.047	7.949±0.068	8.28±0.045	12.798±0.085	14.726±0.078	2.149±0.016	2.419±0.009
	L8	7.354±0.116	7.956±0.134	8.931±0.131	10.154±0.05	14.073±0.146	14.802±0.225	2.299±0.041	2.378±0.013
	L9	6.614±0.112	7.715±0.026	7.289±0.006	8.562±0.012	11.789±0.097	13.39±0.027	1.956±0.019	2.163±0.027
	Ortalama	7.175±0.059	7.886±0.065	9.24±0.079	10.315±0.072	13.067±0.106	14.091±0.097	2.406±0.019	2.657±0.019

Çizelge 4.59. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde B konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>		Kök		Petiol		Çiçek	
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
B mg kg ⁻¹	L1	15.493±0.257	17.73±0.276	19.221±0.335	20.584±0.055	27.778±0.014	31.066±0.058	13.305±0.129	14.176±0.182
	L2	15.626±0.103	16.091±0.067	21.043±0.097	23.71±0.074	30.557±0.486	34.174±0.429	14.877±0.096	16.303±0.053
	L3	16.507±0.283	19.281±0.061	22.196±0.174	22.347±0.229	33.6±0.589	39.013±0.677	15.201±0.232	16.741±0.201
	L4	21.922±0.392	23.269±0.405	29.271±0.048	33.825±0.564	44.927±0.596	45.336±0.491	19.101±0.238	19.215±0.147
	L5	16.102±0.171	18.07±0.103	20.568±0.122	22.052±0.199	34.845±0.6	36.582±0.5	13.728±0.143	16.073±0.095
	L6	14.718±0.257	16.91±0.061	17.892±0.313	18.87±0.024	33.887±0.162	34.114±0.091	12.261±0.166	14.399±0.191
	L7	15.21±0.052	15.397±0.204	17.654±0.079	20.536±0.177	34.066±0.099	37.247±0.334	12.251±0.028	12.979±0.185
	L8	16.948±0.077	19.338±0.124	19.491±0.295	22.676±0.241	37.514±0.425	40.259±0.59	13.2±0.122	13.335±0.054
	L9	15.037±0.262	17.491±0.119	16.367±0.238	18.157±0.114	32.058±0.193	35.077±0.033	11.409±0.15	12.303±0.181
	Ortalama	16.396±0.206	18.175±0.158	20.411±0.189	22.529±0.186	34.359±0.352	36.985±0.356	13.926±0.145	15.058±0.143

Çizelge 4.60. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Ca konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>							
		Yaprak		Kök		Petiol		Çiçek	
		Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Ca mg kg ⁻¹	L1	12583.913±204.277	14135.047±98.478	12894.033±180.543	13951.245±107.995	13226.499±27.21	13420.511±16.498	7842.235±47.897	8504.585±60.309
	L2	13403.186±189.096	13876.558±72.594	14418.614±187.131	15487.01±153.9	14375.384±226.598	16924.468±201.874	8166.201±41.946	8432.256±80.801
	L3	13548.932±52.982	15429.496±243.024	14563.169±26.272	14641.274±72.324	14975.058±192.184	15661.055±193.881	8714.05±9.145	9828.573±45.568
	L4	17562.675±100.754	17773.393±43.06	17796.45±6.302	20835.783±174.172	18472.269±181.028	20431.286±263.614	10592.196±172.713	12492.865±119.711
	L5	12310.301±121.672	13301.194±125.114	12460.684±215.09	13153.912±223.32	14350.116±120.482	16371.309±80.464	8178.088±142.071	9164.286±0.708
	L6	10757.359±8.716	11823.616±181.163	11817.847±124.322	11945.411±19.756	12481.221±73.906	14063.019±184.028	7466.755±20.364	8460.176±4.531
	L7	10755.277±20.564	11063.84±165.529	11132.512±2.066	12169.794±52.426	12094.346±14.805	14312.385±169.532	7415.615±110.674	7883.307±7.251
	L8	10840.41±137.824	11192.193±20.973	12289.047±206.725	13577.929±220.767	13485.348±227.127	15247.06±210.073	8039.81±94.26	8130.3±80.459
	L9	8631.172±124.487	9293.453±161.105	9813.133±24.603	10104.209±143.178	11747.435±94.241	13572.869±239.324	6697.249±100.779	6745.792±89.176
	Ort.	12265.914±106.708	13098.754±123.449	13020.61±108.117	13985.174±129.76	13911.964±128.62	15555.996±173.254	8123.578±82.205	8849.127±54.279

Çizelge 4.61. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Cd konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i> Yaprak		Kök		Petiol		Çiçek	
		Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Cd mg kg ⁻¹	L1	1.257±0.01	1.437±0.014	2.225±0.034	2.599±0.039	4.116±0.059	4.459±0.038	0.732±0.001	0.813±0.004
	L2	1.354±0.004	1.382±0.002	2.375±0.022	2.797±0.04	4.3±0.054	4.662±0.022	0.814±0.011	0.962±0.006
	L3	1.446±0.004	1.709±0.004	2.546±0.034	2.738±0.01	4.571±0.061	4.656±0.039	0.846±0.013	0.903±0.001
	L4	1.925±0.024	2.101±0.026	3.116±0.01	3.601±0.06	5.885±0.093	6.694±0.082	1.095±0.004	1.292±0.002
	L5	1.335±0.009	1.372±0.001	2.319±0.009	2.697±0.035	4.669±0.08	5.248±0.077	0.834±0.012	0.871±0.01
	L6	1.194±0.014	1.315±0.008	2.268±0.029	2.292±0.002	4.568±0.055	4.722±0.039	0.818±0.008	0.96±0.006
	L7	1.179±0.006	1.276±0.003	2.147±0.007	2.467±0.005	4.319±0.019	4.542±0.052	0.746±0.002	0.754±0.008
	L8	1.302±0.02	1.351±0.024	2.318±0.023	2.596±0.026	4.419±0.06	5.015±0.024	0.754±0.001	0.888±0.003
	L9	1.034±0.012	1.092±0.011	1.922±0.029	1.975±0	3.774±0.006	4.068±0.05	0.665±0.007	0.682±0.007
	Ortalama	1.336±0.012	1.448±0.01	2.36±0.022	2.64±0.024	4.513±0.054	4.896±0.047	0.812±0.006	0.903±0.005

Çizelge 4.62. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Co konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>		Kök		Petiol		Çiçek	
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Co mg kg ⁻¹	L1	8.017±0.081	9.312±0.012	11.235±0.181	12.2±0.106	15.11±0.232	17.072±0.119	1.447±0.017	1.518±0.023
	L2	8.957±0.02	9.034±0.1	12.215±0.185	13.356±0.044	15.539±0.087	17.988±0.136	1.466±0.006	1.515±0.026
	L3	9.427±0.113	10.019±0.056	12.705±0.072	15.052±0.155	15.67±0.037	16.078±0.132	1.508±0.018	1.761±0.021
	L4	12.09±0.123	13.868±0.191	16.142±0.167	17.378±0.224	20.221±0.132	23.502±0.258	1.938±0.02	2.151±0.033
	L5	8.953±0.155	9.888±0.161	10.907±0.157	11.036±0.072	14.913±0.238	17.439±0.257	1.479±0.011	1.509±0.004
	L6	8.288±0.008	9.478±0.112	9.696±0.076	10.798±0.164	13.228±0.029	14.882±0.187	1.315±0.015	1.422±0.009
	L7	8.132±0.109	8.819±0.004	8.989±0.026	9.864±0.142	13.573±0.232	14.496±0.075	1.278±0.021	1.408±0.014
	L8	8.496±0.071	8.712±0.144	9.856±0.159	11.186±0.08	13.68±0.021	15.115±0.014	1.332±0.02	1.48±0.019
	L9	7.314±0.099	8.115±0.031	8.651±0.111	9.426±0.008	11.555±0.113	11.698±0.08	1.184±0.002	1.3±0.007
	Ortalama	8.853±0.087	9.694±0.09	11.155±0.126	12.255±0.111	14.832±0.125	16.475±0.14	1.439±0.014	1.563±0.017

Çizelge 4.63. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Cr konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>		Kök		Petiol		Çiçek	
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Cr mg kg ⁻¹	L1	5.294±0.002	5.832±0.065	9.636±0.022	9.876±0.014	17.067±0.109	17.473±0.098	2.328±0.019	2.188±0.002
	L2	5.548±0.057	6.554±0.031	9.559±0.082	10.263±0.112	17.969±0.057	20.294±0.302	2.072±0.02	2.333±0.004
	L3	6.184±0.068	6.585±0.104	9.666±0.079	10.509±0.046	19.637±0.033	20.841±0.07	2.313±0.009	2.385±0.043
	L4	8.203±0.14	9.59±0.151	12.269±0.2	13.383±0.145	26.108±0.457	29.771±0.123	3.033±0.025	3.544±0.062
	L5	6.374±0.005	7.01±0.041	9.347±0.018	9.688±0.12	18.608±0.051	19.168±0.1	2.194±0.036	2.53±0.027
	L6	5.961±0.052	6.981±0.014	8.365±0.038	8.715±0.02	17.762±0.046	18.894±0.281	1.982±0.007	2.186±0.017
	L7	5.872±0.076	6.904±0.011	7.857±0.098	8.486±0.046	17.985±0.141	19.887±0.319	1.861±0.019	1.905±0.029
	L8	6.171±0.015	6.494±0.029	8.631±0.145	9.489±0.038	18.852±0.185	20.564±0.105	1.944±0.026	2.061±0.03
	L9	5.64±0.06	6.438±0.019	7.136±0.026	8.346±0.006	16.393±0.042	18.819±0.028	1.749±0.002	2.055±0.002
	Ortalama	6.139±0.053	6.932±0.052	9.163±0.079	9.862±0.061	18.931±0.125	20.635±0.159	2.164±0.018	2.354±0.024

Çizelge 4.64. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Cu konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>		Kök		Petiol		Çiçek	
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Cu mg kg ⁻¹	L1	16.124±0.022	16.927±0.144	24.863±0.021	25.067±0.251	35.273±0.521	38.074±0.484	11.557±0.039	12.168±0.118
	L2	16.743±0.069	19.044±0.029	24.239±0.358	26.857±0.459	37.872±0.323	39.851±0.674	11.377±0.202	11.711±0.181
	L3	17.563±0.148	18.541±0.316	25.707±0.416	28.077±0.332	40.362±0.615	43.642±0.134	11.798±0.055	12.188±0.065
	L4	22.706±0.086	23.752±0.299	33.166±0.083	39.066±0.444	50.215±0.722	54.022±0.322	15.64±0.131	17.461±0.14
	L5	15.591±0.165	16.542±0.076	25.958±0.181	30.032±0.237	35.14±0.538	38.261±0.084	12.057±0.094	14.272±0.026
	L6	14.75±0.129	15.645±0.126	22.62±0.073	23.721±0.34	33.123±0.286	37.348±0.351	11.788±0.089	12.3±0.078
	L7	14.794±0.141	14.972±0.25	21.863±0.329	24.593±0.172	33.53±0.452	35.177±0.45	11.848±0.017	13.919±0.208
	L8	16.094±0.225	17.377±0.15	22.077±0.174	23.333±0.337	36.806±0.552	39.071±0.387	12.389±0.065	12.841±0.203
	L9	13.65±0.106	13.776±0.227	17.471±0.094	18.055±0.237	30.199±0.189	33.854±0.012	10.543±0.107	10.765±0.163
	Ortalama	16.446±0.121	17.397±0.18	24.218±0.192	26.534±0.312	36.947±0.467	39.922±0.322	12.111±0.089	13.069±0.131

Çizelge 4.65. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Fe konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i> Yaprak		Kök		Petiol		Çiçek	
		Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Fe mg kg ⁻¹	L1	42.231±0.746	45.076±0.173	51.664±0.784	60.344±1.027	64.189±0.018	73.508±1.257	27.783±0.422	30.352±0.486
	L2	46.872±0.185	54.995±0.638	52.464±0.528	56.649±0.836	64.447±0.536	72.89±0.453	28.991±0.021	33.507±0.485
	L3	48.455±0.382	55.271±0.22	54.816±0.586	57.814±0.954	65.885±0.115	73.171±0.699	30.108±0.514	32.807±0.2
	L4	59.196±0.607	61.277±0.322	71.236±0.712	80.408±0.323	85.456±0.144	88.787±0.086	37.732±0.34	38.732±0.293
	L5	43.662±0.456	45.44±0.226	50.881±0.368	57.37±0.65	67.135±0.337	76.127±0.865	27.875±0.145	29.974±0.279
	L6	42.093±0.677	44.516±0.003	44.175±0.356	49.881±0.166	63.031±0.217	64.686±0.528	25.504±0.445	29.145±0.239
	L7	40.659±0.038	42.076±0.739	42.95±0.759	44.456±0.556	58.904±1.022	64.721±0.14	23.651±0.1	25.419±0.039
	L8	42.315±0.566	48.894±0.128	48.198±0.627	48.726±0.383	65.491±0.632	77.558±0.208	23.896±0.048	24.371±0.346
	L9	36.196±0.356	40.794±0.205	40.541±0.42	42.557±0.537	55.566±0.405	61.619±0.74	19.294±0.121	21.708±0.347
	Ortalama	44.631±0.446	48.704±0.295	50.77±0.571	55.356±0.604	65.567±0.381	72.563±0.553	27.204±0.24	29.557±0.302

Çizelge 4.66. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde K konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>							
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Kök Güz-1	Güz-2	Petiol Güz-1	Güz-2	Çiçek Güz-1	Güz-2
K mg kg ⁻¹	L1	7483.346±121.294	7800.224±7.503	7721.274±29.728	8472.312±4.784	8379.524±139.132	9645.566±58.13	5725.367±5.233	5988.175±63.144
	L2	8025.19±107.244	9426.894±92.987	7988.828±23.489	8474.745±121.305	8384.625±141.015	8856.356±64.617	5787.693±77.26	6751.505±3.267
	L3	8840.774±37.916	9822.962±99	8751.081±40.281	10030.277±87.551	8787.999±122.332	9291.434±114.379	6501.129±1.038	6669.787±112.062
	L4	11100.214±145.227	11315.196±81.06	11069.742±86.175	11180.665±146.772	10910.203±32.384	12231.172±25.768	7957.623±133.773	8090.643±37.943
	L5	7511.124±41.425	7898.07±70.322	7510.669±66.445	8868.784±88.482	8504.708±33.151	9378.635±105.504	5792.262±6.994	5836.295±41.38
	L6	6558.417±52.121	7033.735±39.062	7194.048±50.498	7933.146±40.291	8110.161±119.692	8338.415±49.322	5263.942±34.756	5292.224±11.094
	L7	5981.488±10.984	6018.222±83.26	7377.357±11.348	8457.542±48.486	8296.6±34.362	8578.894±55.685	5414.184±65.234	5781.313±71.048
	L8	6504.713±52.802	6643.806±75.384	7761.779±62.487	7866.642±87.618	8952.071±127.773	9982.194±93.39	5825.688±11.263	6014.037±96.839
	L9	5597.18±100.292	5641.563±7.738	7033.491±55.401	7386.933±108.807	8060.506±67.276	8993.088±113	5073.456±60.511	5925.467±55.8
	Ort.	7511.383±74.367	7955.63±61.813	8045.363±47.317	8741.227±81.566	8709.6±90.791	9477.306±75.533	5926.816±44.007	6261.05±54.731

Çizelge 4.67. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Mg konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>							
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Kök Güz-1	Güz-2	Petiol Güz-1	Güz-2	Çiçek Güz-1	Güz-2
Mg mg kg ⁻¹	L1	683.734±9.26	779.896±1.01	731.443±9.272	771.987±4.681	784.317±10.967	913.7±13.259	416.253±0.18	475.876±3.927
	L2	716.849±10.418	770.774±0.851	794.485±2.418	873.455±11.362	860.246±4.558	1009.123±0.895	433.791±2.4	480.706±7.41
	L3	803.378±5.879	814.73±8.606	885.775±0.053	918.221±11.33	868.308±14.525	913.193±9.671	471.534±7.654	497.272±4.809
	L4	1047.786±15.051	1143.986±2.604	1119.021±3.204	1145.846±0.201	1062.284±15.946	1206.517±9.396	577.944±0.365	600.297±10.303
	L5	716.456±10.438	742.564±6.639	771.36±2.637	787.881±4.75	797.114±11.989	930.357±5.998	391.796±5.96	435.078±6.122
	L6	692.665±1.648	819.99±9.521	713.981±8.673	805.139±5.339	703.907±3.516	757.603±8.155	366.94±0.571	428.558±2.421
	L7	662.734±7.903	760.306±6.915	723.544±5.062	769.001±8.522	660.787±5.515	753.065±5.082	351.502±5.818	394.101±0.815
	L8	741.652±8.107	824.333±2.201	795.868±5.668	899.523±5.382	735.861±3.83	859.169±12.678	357.717±0.234	389.413±2.553
	L9	640.512±9.017	723.228±6.972	704.512±1.434	753.797±1.112	665.017±6.177	728.684±9.839	306.179±2.281	343.557±2.008
	Ortalama	745.085±8.636	819.979±5.035	804.443±4.269	858.317±5.853	793.093±8.558	896.823±8.33	408.184±2.829	449.429±4.485

Çizelge 4.68. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Mn konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>							
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Kök Güz-1	Güz-2	Petiol Güz-1	Güz-2	Çiçek Güz-1	Güz-2
Mn mg kg ⁻¹	L1	245.146±2.202	272.894±1.024	311.238±2.554	313.689±2.665	583.234±4.88	647.366±5.481	178.427±0.065	194.035±1.691
	L2	269.874±4.483	315.781±2.51	341.148±1.658	346.476±1.764	637.588±0.075	675.782±10.04	192.593±1.072	210.818±0.288
	L3	278.739±0.185	309.752±0.165	370.267±4.902	408.338±3.192	642.74±6.536	732.832±2.513	212.048±0.704	215.933±2.061
	L4	370.633±5.904	410.579±5.941	492.452±4.491	538±8.934	814.387±10.607	820.611±9.64	269.545±3.328	284.315±3.707
	L5	253.93±2.464	282.837±0.602	390.495±2.231	429.774±3.074	562.021±8.127	633.616±1.221	190.932±0.702	205.114±3.108
	L6	224.541±0.471	252.075±3.649	340.967±0.581	349.06±2.117	534.504±4.03	599.625±6.163	175.384±1.841	176.324±2.041
	L7	207.122±1.685	238.49±1.444	337.848±2.314	370.466±0.585	509.608±0.06	566.977±9.697	178.263±2.98	198.469±1.707
	L8	220.648±0.887	245.562±2.199	345.094±1.492	405.354±7.221	568.743±7.354	581.213±6.002	189.246±3.374	212.898±1.866
	L9	181.179±3.072	183.378±0.675	276.814±1.926	297.864±2.832	511.749±3.525	554.467±3.707	153.935±1.59	156.507±2.76
	Ortalama	250.201±2.372	279.039±2.023	356.258±2.461	384.336±3.598	596.064±5.022	645.832±6.052	193.375±1.74	206.046±2.136

Çizelge 4.69. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde N konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>		Kök		Petiol		Çiçek	
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
N	L1	0.674±0.002	0.704±0.012	0.883±0.002	1.006±0.012	1.125±0.005	1.201±0.012	0.581±0.01	0.591±0.004
%	L2	0.691±0.001	0.729±0.01	0.885±0.016	0.983±0.009	1.153±0.016	1.25±0.016	0.618±0	0.725±0.005
	L3	0.718±0.01	0.764±0.013	0.924±0.011	1.066±0.004	1.228±0.016	1.447±0.004	0.68±0.001	0.727±0.008
	L4	0.942±0.007	1.071±0.013	1.227±0.02	1.298±0.015	1.524±0.013	1.767±0.002	0.876±0.006	0.995±0.016
	L5	0.726±0.007	0.759±0.002	0.965±0.013	1.052±0.005	1.077±0.002	1.192±0.011	0.683±0.008	0.78±0.013
	L6	0.653±0.011	0.705±0.002	0.892±0.004	1.015±0.018	1.059±0.012	1.172±0.01	0.665±0.004	0.787±0.011
	L7	0.632±0.008	0.721±0.008	0.87±0.009	0.934±0.011	1.029±0.01	1.085±0.011	0.633±0.011	0.73±0.012
	L8	0.654±0.005	0.707±0.008	0.875±0.014	0.944±0.006	1.127±0.002	1.202±0.007	0.668±0.007	0.736±0.012
	L9	0.538±0.006	0.579±0.008	0.775±0.003	0.912±0.007	0.977±0.011	1.068±0.001	0.57±0.001	0.642±0.004
	Ortalama	0.692±0.006	0.749±0.008	0.922±0.009	1.023±0.008	1.144±0.01	1.265±0.008	0.664±0.005	0.746±0.008

Çizelge 4.70. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Na konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>		Kök		Petiol		Çiçek	
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Na mg kg ⁻¹	L1	452.832±7.859	469.853±8.099	517.386±5.127	527.689±1.384	834.327±12.047	868.299±8.721	337.453±4.604	346.008±5.145
	L2	480.163±3.483	548.404±0.326	556.091±3.649	594.244±5.075	882.803±6.95	970.103±16.446	362.482±4.012	425.862±3.057
	L3	522.686±8.906	606.28±1.033	572.602±8.428	593.06±10.079	970.639±1.976	1125.404±13.343	371.303±5.998	378.744±0.893
	L4	665.966±2.597	746.882±0.289	729.044±11.382	781.302±7.264	1261.539±21.849	1452.58±7.919	496.046±7.1	547.707±5.895
	L5	462.197±1.779	541.94±1.696	552.625±5.909	592.146±9.377	972.322±14.611	1079.01±17.396	395.227±2.585	416.647±5.575
	L6	414.587±6.518	435.452±7.124	510.962±7.134	533.256±7.952	922.934±6.92	949.896±9.929	358.8±4.178	423.072±4.739
	L7	400.349±5.439	440.807±2.863	521.33±3.052	540.911±1.147	942.686±1.998	1033.195±3.118	355.296±3.555	377.435±1.856
	L8	450.256±6.554	484.961±1.093	566.354±9.128	591.575±6.841	1016.025±3.366	1158.343±17.385	358.084±3.705	398.604±1.082
	L9	626.759±2.23	719.664±10.145	788.13±0.658	803.298±12.047	1451.571±19.775	1689.244±10.527	484.575±3.09	551.278±2.371
	Ortalama	497.311±5.04	554.916±3.63	590.503±6.052	617.498±6.796	1028.316±9.944	1147.341±11.642	391.03±4.314	429.484±3.401

Çizelge 4.71. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Ni konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i>		Kök		Petiol		Çiçek	
		Yaprak Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Ni mg kg ⁻¹	L1	11.324±0.016	13.111±0.056	14.395±0.019	16.453±0.157	21.746±0.023	23.949±0.082	7.665±0.045	8.034±0.059
	L2	12.06±0.008	13.788±0.117	15.679±0.035	16.264±0.053	22.037±0.228	23.12±0.077	8.341±0.014	8.834±0.068
	L3	12.333±0.131	12.769±0.06	15.962±0.089	17.101±0.081	23.458±0.107	24.905±0.354	9.024±0.149	10.693±0.178
	L4	15.878±0.25	18.575±0.237	20.574±0.201	22.492±0.318	30.612±0.135	33.76±0.366	11.646±0.054	13.242±0.195
	L5	11.415±0.181	11.701±0.185	14.268±0.065	16.794±0.204	23.745±0.121	25.409±0.111	8.438±0.13	9.587±0.17
	L6	10.308±0.017	10.677±0.056	13.39±0.238	14.145±0.115	22.841±0.034	26.515±0.236	8.092±0.083	8.781±0.102
	L7	10.248±0.184	11.148±0.165	12.229±0.078	13.11±0.174	22.568±0.253	26.201±0.159	7.645±0.052	7.842±0.003
	L8	10.291±0.127	10.678±0.142	13.32±0.208	14.466±0.012	24.328±0.059	24.635±0.305	8.429±0.034	8.753±0.041
	L9	8.831±0.062	9.191±0.042	11.926±0.145	12.297±0.022	19.548±0.232	22.758±0.288	7.119±0.084	7.862±0.117
	Ortalama	11.41±0.108	12.404±0.118	14.638±0.12	15.902±0.126	23.432±0.132	25.695±0.22	8.489±0.072	9.292±0.104

Çizelge 4.72. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde P konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i> Yaprak		Kök		Petiol		Çiçek	
		Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
P g kg ⁻¹	L1	1.253±0.001	1.463±0.009	1.543±0.022	1.56±0.011	1.973±0.018	2.281±0	0.954±0	1.074±0.005
	L2	1.284±0.01	1.295±0.018	1.641±0.008	1.793±0.028	2.18±0.005	2.565±0.038	1.038±0.005	1.113±0.004
	L3	1.437±0.005	1.477±0.018	1.772±0.017	1.895±0.032	2.264±0.022	2.501±0.041	1.061±0.009	1.077±0.002
	L4	1.761±0.017	1.942±0.028	2.215±0.038	2.235±0.005	2.819±0.022	3.315±0.035	1.362±0.023	1.534±0.004
	L5	1.207±0.016	1.27±0.019	1.599±0.018	1.854±0.032	2.117±0.027	2.152±0.027	1.032±0.011	1.078±0.008
	L6	1.09±0.007	1.236±0.009	1.398±0.013	1.466±0.022	1.855±0.014	2.173±0.038	0.961±0.006	1.03±0.009
	L7	1.016±0.003	1.083±0.004	1.415±0.007	1.544±0.014	1.804±0.02	1.817±0.016	0.992±0.005	1.04±0.002
	L8	1.088±0.001	1.157±0.001	1.591±0.027	1.731±0.004	1.831±0.026	2.122±0.001	1.079±0.006	1.114±0.011
	L9	0.939±0.011	0.944±0.007	1.26±0.004	1.322±0	1.456±0.026	1.639±0.014	0.874±0.014	0.898±0.006
	Ortalama	1.231±0.008	1.319±0.012	1.604±0.017	1.711±0.016	2.033±0.02	2.285±0.023	1.039±0.009	1.106±0.006

Çizelge 4.73. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Pb konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i> Yaprak		Kök		Petiol		Çiçek	
		Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Pb mg kg ⁻¹	L1	20.234±0.012	22.792±0.215	34.567±0.295	36.488±0.101	42.264±0.74	49.615±0.09	13.111±0.145	13.947±0.158
	L2	20.617±0.066	21.62±0.257	36.384±0.373	41.682±0.05	42.416±0.598	43.424±0.342	13.122±0.138	15.467±0.186
	L3	21.89±0.064	22.022±0.097	38.296±0.477	41.668±0.59	46.788±0.7	51.993±0.043	13.422±0.196	14.63±0.257
	L4	27.003±0.309	31.614±0.096	50.428±0.014	55.068±0.337	61.904±1.109	65.251±0.101	17.868±0.21	18.4±0.082
	L5	19.334±0.14	20.245±0.231	35.484±0.016	38.708±0.007	42.093±0.33	46.89±0.787	13.222±0.064	14.407±0.059
	L6	17.536±0.064	18.84±0.234	32.137±0.369	33.912±0.219	37.978±0.514	42.963±0.608	12.444±0.215	13.794±0.184
	L7	16.652±0.033	16.747±0.259	32.395±0.092	37.705±0.48	39.085±0.221	43.365±0.148	11.825±0.167	13.091±0.226
	L8	17.584±0.154	20.337±0.263	33.649±0.509	37.545±0.596	42.784±0.486	44.055±0.061	12.409±0.064	13.181±0.038
	L9	14.271±0.053	15.56±0.107	29.742±0.48	35.017±0.426	37.603±0.12	41.694±0.235	10.056±0.18	10.267±0.126
	Ortalama	19.458±0.099	21.086±0.195	35.898±0.292	39.755±0.312	43.657±0.535	47.695±0.268	13.053±0.153	14.132±0.146

Çizelge 4.74. İstilacı tür *E. crassipes* numunelerinde Zn konsantrasyonları.

Element	Lokasyon	<i>E. crassipes</i> Yaprak		Kök		Petiol		Çiçek	
		Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2	Güz-1	Güz-2
Zn mg kg ⁻¹	L1	53.997±0.063	58.309±0.972	68.49±0.877	74.431±0.088	113.489±0.9	130.718±0.471	34.074±0.33	36.64±0.073
	L2	58.087±0.38	63.929±1.008	73.394±0.474	82.075±1.115	121.061±0.696	130.362±1.608	34.898±0.581	39.446±0.119
	L3	65.144±0.326	70.094±0.334	79.21±1.18	84.513±1.19	133.725±1.655	151.463±1.663	37.704±0.368	37.923±0.029
	L4	79.508±0.158	82.152±0.763	100.732±0.458	112.769±0.942	176.661±1.908	186.299±3.032	49.091±0.441	54.346±0.567
	L5	57.84±0.471	67.671±1.047	74.685±0.222	77.541±0.29	123.407±1.356	142.643±1.505	36.8±0.217	42.972±0.078
	L6	55.25±0.778	57.013±0.149	67.602±0.656	68.006±0.222	107.525±0.862	123.556±0.137	33.925±0.359	38.521±0.143
	L7	55.383±0.272	62.87±0.178	65.84±0.21	68.671±0.43	107.381±1.686	123.668±0.753	31.985±0.066	35.685±0.222
	L8	60.792±0.222	62.958±0.63	71.325±0.342	71.948±0.254	110.381±0.657	117.672±1.692	32.375±0.163	37.855±0.472
	L9	48.91±0.498	56.528±0.862	56.988±0.924	63.281±0.761	94.581±1.479	99.173±0.328	26.729±0.453	30.44±0.371
	Ortalama	59.435±0.352	64.614±0.66	73.141±0.594	78.137±0.588	120.912±1.244	133.95±1.243	35.287±0.331	39.314±0.231

4.5. Araştırma Alanının Su-Toprak-Bitki İlişkileri Yönünden Değerlendirilmesi

Araştırma alanımızı temsil eden Asi Nehri'nden alınan farklı lokasyonlara ait su numunelerinde ölçülen sıcaklık değerleri azalıp artmasına rağmen, herhangi bir olağanüstü anormallik görülmemiştir. Ayrıca su numunelerinde tespit edilen pH değerleri mevsimsel olarak azalıp artmasına rağmen, genellikle kabul edilebilir limit değerler arasındadır. Birbirine yakın değerler olan bu pH değerleri, suyun genellikle hafif alkali özellik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Daha önce yapılmış bir çalışmada, nehir suyunda pH değerlerinin artış göstermesinin, genellikle yağmurların birincil kireçli ve kireçli zemin üzerindeki çözücü etkisine ve zeytinyağı ve deri fabrikalarının aşırı atık sularına bağlanabileceğini; sıcaklığın yüksek olduğu kurak dönemlerde, özellikle de yaz mevsiminde, atmosferde artan SO_x ve NO_x gazları ve buna bağlı asit birikintilerinin daha asidik pH'a neden olabileceği vurgulanmıştır (Odemiş ve Sangun, 2007).

Su numunelerinde tespit edilen NO₂⁻ iyon değerleri, genelde limit değerler arasında olmakla beraber, mevsimsel bazda düzensiz artış ve azalışlar göstermiştir. Özellikle de limit değerleri aşan en yüksek NO₂⁻ değerleri 1. yıl bahar döneminde L1-L2-L3 kodlu lokasyonlarda tespit edilmiştir. Benzer durum, Ozdilek ve Sangun (2007) tarafından yapılan bir çalışmada da ortaya koyulmuştur. Trafik yoğunluğu ve fosil yakıt kullanımı gibi etkilere kaynaklı kirlilikler de yağmur suyunun etkisi ile bağlantılı olarak çevredeki akış ile nehir ekosistemlerine kolaylıkla taşınabilmektedir (Nawrot ve ark., 2021). Hatay ilinin Türkiye'nin en büyük ikinci tır filosuna sahip olması, ayrıca bu lokasyonların (L1-L2-L3 kodlu lokasyonlar) hem Cilvegözü Sınır Kapısına hem de uluslararası karayoluna çok yakın olması nedeniyle, kurak geçen yaz dönemlerinde atmosferde artan SO_x ve NO_x gazlarının yoğun görülme olasılığı artmaktadır. Bu durum Asi Nehri'nin ilgili lokalitelerinde NO₂⁻ değerlerinin de zamanla artış göstermesine katkıda bulunmuş olabilir. Odemiş ve Sangun (2007) tarafından yapılan bir çalışma, bizim bulgularımız ile tutarlılık göstermektedir.

NO₃⁻ iyon değerleri, bazı dönem ve lokasyonlarda belirlenememiş olmakla birlikte, düzensiz artış ve azalışlar göstermiştir. Tasdemir ve Goksu (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, NO₃⁻ yoğunluğunun mevsimsel alg ve bitki gelişimine bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği vurgulanmıştır. Hatta aynı araştırmacılar, mevsimsel en yüksek nitrat yoğunluğunun sonbahar-kış aylarında görülebileceğini, bahar ve yaz aylarında ise alg ve

bitki gelişiminin artış göstermesine paralel olarak, nitrat kullanımının da mevcut bu bitkiler tarafından yüksek oranda kullanılması sonucunda, su ortamında nitrat miktarının düşmesine neden olabileceğini belirtmişlerdir (Tasdemir ve Goksu, 2001). Araştırma alanında, genellikle güz döneminde NO_3^- değerlerinin düşük olması bu durumu doğrulamaktadır. Hatta son yıllarda, yaz aylarında araştırma alanında sıklıkla görülen su sümbülü istilasının artmasının, sudaki NO_3^- değerlerinin önemli derecede düşmesine neden olabileceği de düşünülmektedir. Bu durumdan farklı olarak, sadece 2. yılın güz döneminde L4 ve L9 lokasyonlarında istisnai bir durum sergileyerek NO_3^- değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Nehir kıyısındaki arıtılmamış atıksu deşarjları, hayvancılık faaliyetleri ve çöp boşaltma gibi antropojenik faaliyetler, nehir suyu ve sedimentlerinde organik maddece zengin kirliliğe sebep olabilmektedir (Garcia-Ordiales ve ark., 2016). Bu kapsamda, araştırma alanının L4 lokasyonunda arıtılmamış atıksu deşarjların olması, kanalizasyon çamurunun mevcudiyeti ve organik atık ve çöplerin yoğunluğundan; L9 lokasyonunun ise mezbaha kesim yerine çok yakın olması (hayvan kanı ve işkembe bileşenleri gibi hayvansal atıklar), yoğun seracılık faaliyetlerinden kaynaklı organik atıklar ve nehre yoğun şekilde çöplerin boşaltılması gibi etkiler, NO_3^- değerlerinin zamanla artış göstermesine önemli katkıda bulunmuş olabilir. Benzer durum, Ozdilek ve Sangun (2007) çalışması ile de ortaya konulmuştur.

PO_4^{3-} iyon değerleri, bazı lokasyonlarda belirlenememiş olmakla birlikte, düzensiz artış ve azalışlar göstermiştir. Bazı çalışmalarda, fosfatın ana kaynağının genellikle evsel atıklar, kimyasal gübreler ve hayvan çiftlikleri olduğu bildirilmiştir (Sekar ve ark., 2021; Addouche ve ark., 2022; Lopez Ponte ve ark., 2022). Özellikle de limit değerleri aşan en yüksek PO_4^{3-} değeri 2. yılın bahar döneminde L5 kodlu lokasyonda tespit edilmiştir. L5 lokasyonu, Antakya şehir merkezini temsil etmekte olup, nehrin kenarında konumlanmış şehirleşmenin çok yoğun olduğu bir lokasyondur. Ayrıca bu lokasyon, alış-veriş merkezinin yakınında konumlanması, yoğun dükkanlar ve diğer meskenlerden kaynaklı ticaret hayatının işlek olması nedeniyle çok aktif olan yerleşim yerini temsil etmektedir. Bu nedenle bu lokasyon, endüstriyel atık su ve evsel atık suların yoğunluğu ile, hızlı kentleşmeden de kaynaklı çoklu baskılardan ötürü, PO_4^{3-} değerinin yüksek olmasına sebebiyet vermiştir. Benzer durum, Yang ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada da ortaya konulmuştur.

Nehir ekosistemlerinde hem suda hem de sedimentlerde makro-mikro elementlerin yanında, ağır metallerin dağılımı ve konsantrasyonları hem doğal çevresel faktörlerden hem de antropojenik faktörlerden etkilenir. Doğal faktörler arasında kaya ayrışması, toprak erozyonu ve akış değişiklikleri yer alır. Antropojenik faktörler arasında ise yaygın olarak kanalizasyon deşarjı, endüstriyel ve evsel atık su deşarjı ve tarımsal gübrelerin yıkanması yer alır (Fang ve ark., 2019; Shil ve Singh, 2019). Genel olarak, uygun olmayan tarımsal yöntemler, yasa dışı madencilik, işlenmemiş endüstriyel atıkların boşaltılması ve kentsel akışlar dahil olmak üzere pek çok antropojenik faaliyetler, su kalitesini büyük ölçüde olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Nyantakyi ve ark., 2019). Gerekli çevre düzenlemeleri uygulanmaması ve atık su arıtma teknolojilerinin de sınırlı olduğu durumlar olumsuz etkilerin daha da belirginleşmesine neden olmaktadır (Nkrumah ve ark., 2013).

Antropojenik faaliyetlerin etkisiyle, özellikle de kentsel ve endüstriyel alanlar ve tarımsal uygulamaların neden olduğu (özellikle peptidler ve kimyasal gübreler) birikmiş tortular, kurak dönemlerde özellikle de geçirimsiz yüzeylerde potansiyel kirletici olarak birikebilir. Böylece yağmur suyunun oluşturduğu yüzeysel akış ile tatlısu ekosistemlerine kolaylıkla taşınabilmektedir (Nawrot ve Wojciechowska, 2018; Nawrot ve ark., 2020; Nawrot ve ark., 2021). Ayrıca bu etkiler, arazi kullanımının mekânsal heterojenliği sayesinde, nehir kıyı bölgelerinin ekolojik işlevlerini etkiler ve noktasal olmayan kaynak kirliliğinin oluşmasına neden olur (Hale ve ark., 2015; Xian ve ark., 2016; Liu ve ark., 2019a). Bu kirliliğin nehir ekosistemlerinde hem suda hem de sedimentte zamanla artış gösterecek şekilde taşınması ve birikmesi sonucu kirlilik seviyelerinin çok kritik seviyelere ulaşabileceği kanıtlanmıştır (You ve Liu, 2018).

Araştırma alanında tespit edilen tüm lokasyonlardan alınan su, toprak ve bitki numunelerinde, çalışılan makro-mikro elementler ve ağır metaller, bahar dönemine nazaran güz döneminde daha yüksek konsantrasyonlarda belirlenmiştir.

Nehirlerde yapılan bazı eko-fizyolojik araştırmalarda, kirletici kaynakların karışık etkisiyle yüksek düzeyde ağır metaller bulunabilmektedir (Pandey ve Singh, 2017; Justus Reymond ve Sudalaimuthu, 2023; Sulistyowati ve ark., 2023). Araştırma alanında ağır metal kirliliğe neden olan en yaygın antropojenik kaynaklar endüstriyel atık sular, evsel atık sular, tarımsal faaliyetlerden kaynaklı salınımlar (gübre, pestisitlerin kullanımı, aşırı ve yanlış sulama) ve nehir yatağına atılan katı atıklardır. Bu kirlilik kaynakları, araştırma

alanında tespit edilen birçok lokasyonda yaygın bir şekilde görülmektedir. Buna benzer durum, birçok çalışmada da ortaya konulmuştur (Cai ve ark., 2012; Naveedullah ve ark., 2013; Islam ve ark., 2015; Ali ve ark. 2016; Yadav ve Pandey, 2017; Siddiqui ve Pandey, 2019).

Asi Nehri'nde bazı numune alma noktalarının çevresinde endüstriyel ve evsel atık suların deşarj çıkışlarının çok olması, yeterli arıtma tesislerinin olmaması ve herhangi bir arıtma olmaksızın büyük miktarda atık suyun doğrudan nehir kanalına deşarj edilmesi, nehirdeki metal konsantrasyon değerlerin zamanla artış göstermesine neden olmuştur. Ayrıca sıcaklığın yüksek olduğu yaz mevsiminde su seviyesinin azalmasıyla birlikte, Asi Nehri'nin bazı kesimlerinde nehir yatağı açığa da çıkabilmektedir. Nehirler üzerinde yapılan bazı uluslararası çalışmalarda da buna benzer durum ortaya konulmuştur (Gu ve ark., 2016; Naifar ve ark., 2018; Liu ve ark., 2019).

Bu değerlendirme kapsamında, araştırma alanında arıtılmamış endüstriyel ve evsel atık suların doğrudan nehir kanalına deşarj edilmesinin, nehir suyunda Cu, Ni ve Pb ağır metallerinin artmasına neden olduğunu düşünülmektedir. Benzer durum, Singh ve ark. (1997) ve Siddiqui ve Pandey (2019) tarafından yapılan çalışmalarda da vurgulanmış, Cu, Ni ve Pb konsantrasyonlarındaki yükselme nedeninin, ana drenaj şebekesinden kanalizasyonlar vasıtasıyla nehirlere yoğun olarak aktarılan ağır metaller olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, araştırma alanının biyoiklimsel özelliğinden dolayı, nehre yakın bazı lokasyonlarda hemen hemen her mevsim yoğun bir şekilde tarımsal uygulamalar yapılmaktadır. Böylelikle ürün ve toprak verimliliğini artırmak için bilinçsiz bir şekilde aşırı gübre kullanımı, pestisitlerin kullanımı, aşırı ve yanlış sulama gibi etkilerin nehir suyundaki B ve Cu element konsantrasyon değerlerinin zamanla artış göstermesine neden olduğu düşünülmektedir. Nehir suyundaki B ve Cu elementlerinin büyük ölçüde tarımsal kimya endüstrilerinden, tarım alanlarından ve kentsel kanalizasyondan kaynaklandığı farklı araştırmacılar tarafından ortaya koyulmuştur (Islam ve ark. 2015; Brady ve ark., 2015; Panagos ve ark., 2018; Siddiqui ve Pandey, 2019).

Bu bilgilere ek olarak, Co, Cu ve Ni gibi bazı metal ölçümlerinin çoğu organik bileşikler, karbonatlar ve Fe/Mn oksitler ve Ca bileşikleri ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Segarra ve ark., 2007; Lin ve ark., 2022; Liang ve ark., 2023a). Araştırma alanındaki sedimentlerde yüksek oranda Ca bulunması, bu durum ile açıklanabilir. Ayrıca, Al ve Fe toprak yapısında yaygın olarak bulunan elementler (Massas ve ark.,

2013; Farhat, 2019; El-Amier ve ark., 2020) olup su akışındaki dağılımları, genellikle çelik endüstrisinden, kanalizasyon sularından, demir sülfatlı gübrelerden ve herbisitlerden kaynaklanmaktadır (Farhat ve Ali, 2020; Anh ve ark., 2021; Singh ve ark., 2023). Ni antropojenik faaliyetler yoluyla suya karışan bir element olup, paslanmaz çelik, galvanik kaplamalar, katalizörler, atılmış piller, elektronikler, seramikler ve boyalar dahil olmak üzere mevcut nikel alaşımları potansiyel kaynaklardır (Shil ve Singh, 2019). Cd konsantrasyonu farklı araştırmacılar tarafından genellikle yüksek trafik yoğunluğu ve endüstriyel alanlardan kaynaklı salınımlarla birlikte; gübrelerin, herbisitlerin ve böcek ilaçlarının da yoğun kullanıldığı tarım arazilerinden gelen akıyla ilişkilendirilmiştir (Sun ve ark., 2014; Siddiqui ve Pandey, 2019). Cr ile çevresel kirlenme, tarımsal faaliyetlere, özellikle amonyum gübrelerinin kullanımına ve ayrıca krom kaplama, metal kaplama, deri tabaklama ve boya üretimi gibi endüstriyel işlemlere bağlanabilir (Mills ve Goldhaber, 2012; Chrysochoou, 2016; Siddiqui ve Pandey, 2019; El-Amier ve ark., 2020). Ayrıca tabakhane atıklarının büyük miktarda Cr, Cu ve Pb içerdiği de rapor edilmiştir (Deepali ve Gangwar, 2010; Katiyar, 2011; Dixit ve ark., 2015). Elde ettiğimiz bu bulgular, araştırma alanında ağır metal kirliliğine neden olan en yaygın antropojenik kaynakların, endüstriyel atık sular, evsel atık sular ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklı salınımlar olduğunu göstermiştir.

Pb'nin ana kaynağını genellikle otomobil egzozları ve araba aküleri, endüstriyel atıklar, kanalizasyon çamuru, gübreler ve böcek ilacı uygulaması gibi antropojenik çıktılar temsil etmektedir (Khan ve ark., 2017; Zhang ve ark., 2019). Bu antropojenik kaynaklardan öncelikli ana etkinin fosil yakıtların kullanılması, araba gövdelerinin korozyon ürünleri, lastik aşınması gibi araçlardan kaynaklı emisyonlar oluşturmaktadır (Adamiec ve ark., 2016; Wu ve ark., 2022). Bu nedenle araştırma alanından alınan hem su hem de sediment örneklerinde Pb konsantrasyonunun çok yüksek çıkması, Hatay ilinin Türkiye'nin ikinci en büyük tır filosuna sahip olması, ulusal ve uluslararası tır ve kamyon trafiğinin çok yoğun olması (özellikle de nakliyat firmalarına ait), genellikle nehrin yakınında konumlanan kentsel ve endüstriyel alanlardan ötürü yılın her gününde yüksek araç yoğunluğun olması gibi nedenlerden kaynaklandığını düşündürmektedir. Benzer durum, Ozdilek ve Sangun (2007) tarafından yapılan çalışmada da ortaya konulmuştur.

Metal biriktirme verimliliğinin bir göstergesi olan Biyoakümülyasyon faktörü (BAF), 1'i aştığında, bitki verimli fitoekstrasyon potansiyelini gösterir (Nawrot ve ark.,

2021). Bu çalışmada *P. australis* Cd, Cu, K, Ni, Pb ve Zn; *A. donax* da B, Cd ve K elementleri için fitoekstraksiyon bazında pozitif bir eğilim göstermektedir. *P. australis* ve *A. donax* ağır metaller tarafından temsil edilen farklı çevresel koşullarda yüksek ekolojik esneklik gösterebilir (Zucaro ve ark., 2016; Nawrot ve ark., 2021; Sarma ve ark., 2021). Bu bitkiler, genişleyen doku sistemi ve savunma mekanizmaları nedeniyle yüksek düzeyde iz metal alma yeteneğine de sahiptirler (Obarska-Pempkowiak ve ark., 2015; Huang ve ark., 2018). Köklerde ve rizomlarda aerenkimanın varlığı, tortulardaki anaerobik koşulların ve ilişkili biyojeokimyasal süreçlerin iyileştirilmesinde de hayati bir rol oynayabilir (Nawrot ve ark., 2021). Ayrıca bu türler, sulu çözeltilerden ve tortu ile toprak dahil katı fazlardan önemli miktarlarda eser elementleri absorbe edebilen yüksek miktarda lignin ve selüloz içerir (Shi ve ark., 2018; Nawrot ve ark., 2021). *P. australis*, birden fazla metal için büyük miktarda bünyesinde biriktirme yeteneğine sahiptir. Genelde eser elementlerin bitkilere giden ana yolu toprak altı organlarıdır (Bonanno, 2011). Bununla birlikte, bu bitkinin rizomları ve yaprakları, ağır metalleri kolayca yer değiştirebilme yeteneğine sahiptir (Bonanno, 2011). Araştırma bulgularımız, genellikle *P. australis* ve *A. donax*'ın rizomlarında daha fazla ağır metal birikimi olduğunu doğrulamıştır. Bununla birlikte, incelenen bitkilerin rizomları ve sürgünleri arasındaki ağır metal içeriklerinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Bitki organlarına bağlı olarak önemli farklılıklar, rizomların sediment ile doğrudan temas halinde olmasına bağlanabilir. Ayrıca rizomlar, kortekslerinin geniş hücreler arası boşlukları kapsayan kalın parankima hücreleri nedeniyle daha fazla ağır metal biriktirebilirler (Stroppa ve ark., 2020; Serafini ve ark., 2022). Bu bulgular farklı yazarlar tarafından, makrofitler üzerinde yapılan çalışmalar ile tutarlılık göstermektedir (Obarska-Pempkowiak ve ark., 2015; Bonanno ve Vymazal, 2017). Bonanno ve Giudice (2010), farklı organlardaki ağır metal konsantrasyonlarının rizom>yaprak>gövde şeklinde olduğunu bildirmiştir. Bir başka çalışmada ise, Cicero-Fernandez ve ark. (2016) *P. australis*'in toprakaltı kısımlarının, sürgünlere kıyasla daha yüksek birikim kapasitesine sahip olduğunu bildirmiştir.

P. australis ve *A. donax* için hesaplanan Translokasyon faktör (TF) değerleri genellikle birden azdır, bu da metallerin rizomlar ve gövdeler arasında çok az yer değiştirdiğini gösterir. Ancak şaşırtıcı bir şekilde, her iki türde de gövde ile yaprak arasında incelenen tüm elementler bazında translokasyon faktörü çok yüksek

bulunmuştur. Bu durum translokasyonun esas olarak gövde ve yapraklar arasında gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Her iki türün mevcut bitki kısımlarındaki TF değerleri, sedimentlerden alınan elementlerin rizomlarda depolandığını ve hayati derecede önemli olan fotosentez işlemlerinden sorumlu diğer bitki kısımlarına ise taşınmadığını göstermektedir. Bu kısmen düşük birikimden kaynaklanabileceği gibi, en önemli bitki organlarında görülen metal translokasyonuna karşı etkili koruyucu mekanizmalardan da kaynaklanıyor olabilir. *A. donax* için sadece N ve Zn, *P. australis* için ise N, Cu, Mn, Pb ve Zn diğer bitki kısımlarına aktarılmıştır. Bu durum bitkilerin bu elementlere karşı fizyolojik olarak talebini yansıtmaktadır. Böylelikle yoğun büyüme aşamasında bu elementlerin özellikle de bitki beslenmesi sürecinde biyoyararlanabilir form olarak önemli oldukları sonucuna ulaşılabilir (Yang ve ark., 2017; Nawrot ve ark., 2021). Elde edilen konsantrasyon değerleri incelendiğinde, özellikle petiol organında yoğun olarak ağır metal biriktirebilen ve buna rağmen gelişimini hızla sürdüren *E. crassipes* istilacı türünün fitoremediasyon amaçlı kullanılabileceği anlaşılmaktadır (Garg ve ark., 2022; Moreno-Rubio ve ark., 2023).

Araştırma alanından temin edilen su, sediment ve bitki numunelerinde, çalışılan elementler arasında genellikle yüksek korelasyonlar tespit edilmiştir. Bu durum, elementlerin aynı kirlilik kaynaklarından geldiklerini ve benzer jeokimyasal davranışlar sergilediklerini göstermektedir (Zhuang ve ark., 2018; Kang ve ark., 2020).

4.6. ISSR Analiz Sonuçları ve Ağır Metal Kaynaklı Genotoksisite

Ağır metallerin genetik materyal bütünlüğü üzerindeki zararlı etkilerinin belirlenmesi, moleküler belirteçler kullanılarak toplanan örnek organizmalar arasındaki DNA bant profillerindeki varyasyonların karşılaştırılmasıyla değerlendirilebilir. Örneğin, ağır metal etkilerinin tespitinde çalışma materyali olarak bitkiler kullanılarak yapılan araştırmalarda kullanılan ISSR markörlerinin uygulanmasıyla, yeni bantların ortaya çıkması ve normal bantların kaybı açısından genotoksik aktiviteler için verimli değerlendirmeler yapılabilir veya DNA profillerindeki bant yoğunluklarındaki artışlar/azalmalar hesaplanabilir (Ozyigit ve ark., 2019; Hussein et al., 2022).

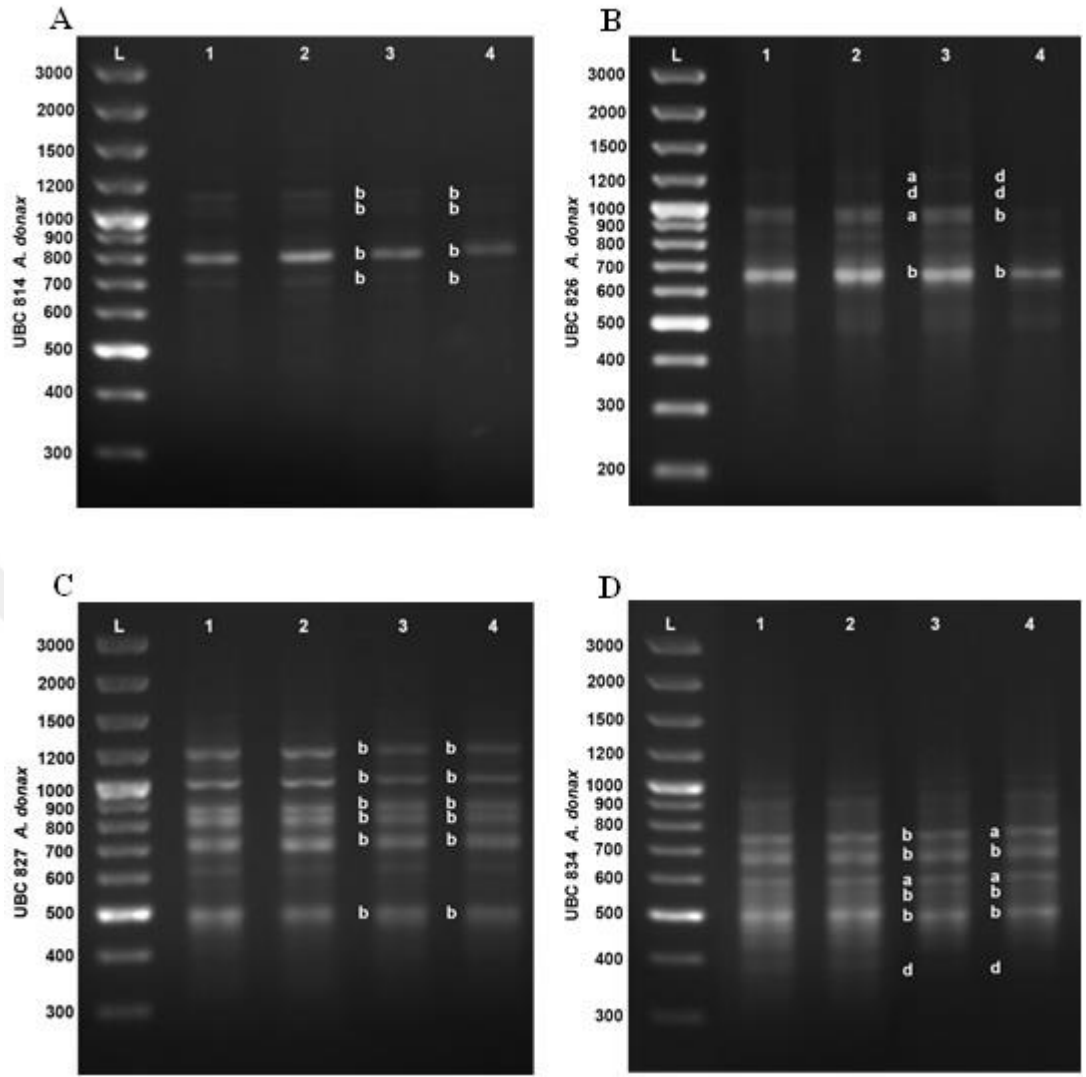
Bu çalışmada kirlilik seviyesi en yüksek olan lokasyondan iki birey ve kirlilik seviyesi en düşük olan lokasyondan yine iki birey alınmıştır. Bu bireylere ait DNA'lar

izole edildikten sonra farklı ISSR primerleri ile çoğaltılıp GelAnalyzer programı kullanılarak DNA band profilleri incelenmiştir. Kullanılan ISSR primerlerinin bilgileri Çizelge 4.75.'te gösterilmiştir. *A. donax* ve *P. australis* örnekleri için aynı 4 primerde (UBC814, UBC826, UBC827 ve UBC834) yorumlanabilir bantlar elde edilmiştir. Diğerlerine göre temiz olarak nitelendirilen lokasyondan alınan bireylerin bantları, diğerlerine göre nispeten kirli lokasyondan alınanlar ile karşılaştırılırken, kirli lokasyondan alınan bitki numunesinin DNA bantlarındaki yoğunluk azalma ve artışları, var olan bantların kaybolmaları ya da temiz lokasyonlardaki bitkilerde görülmeyen yeni bant oluşumları kriter olarak alınmıştır (Şekil 4.4. ve Şekil 4.5.).

Çizelge 4.75. Kullanılan ISSR primerlerinin baz dizilimleri, baz sayıları, Tm sıcaklıkları ve bağlanma sıcaklıkları.

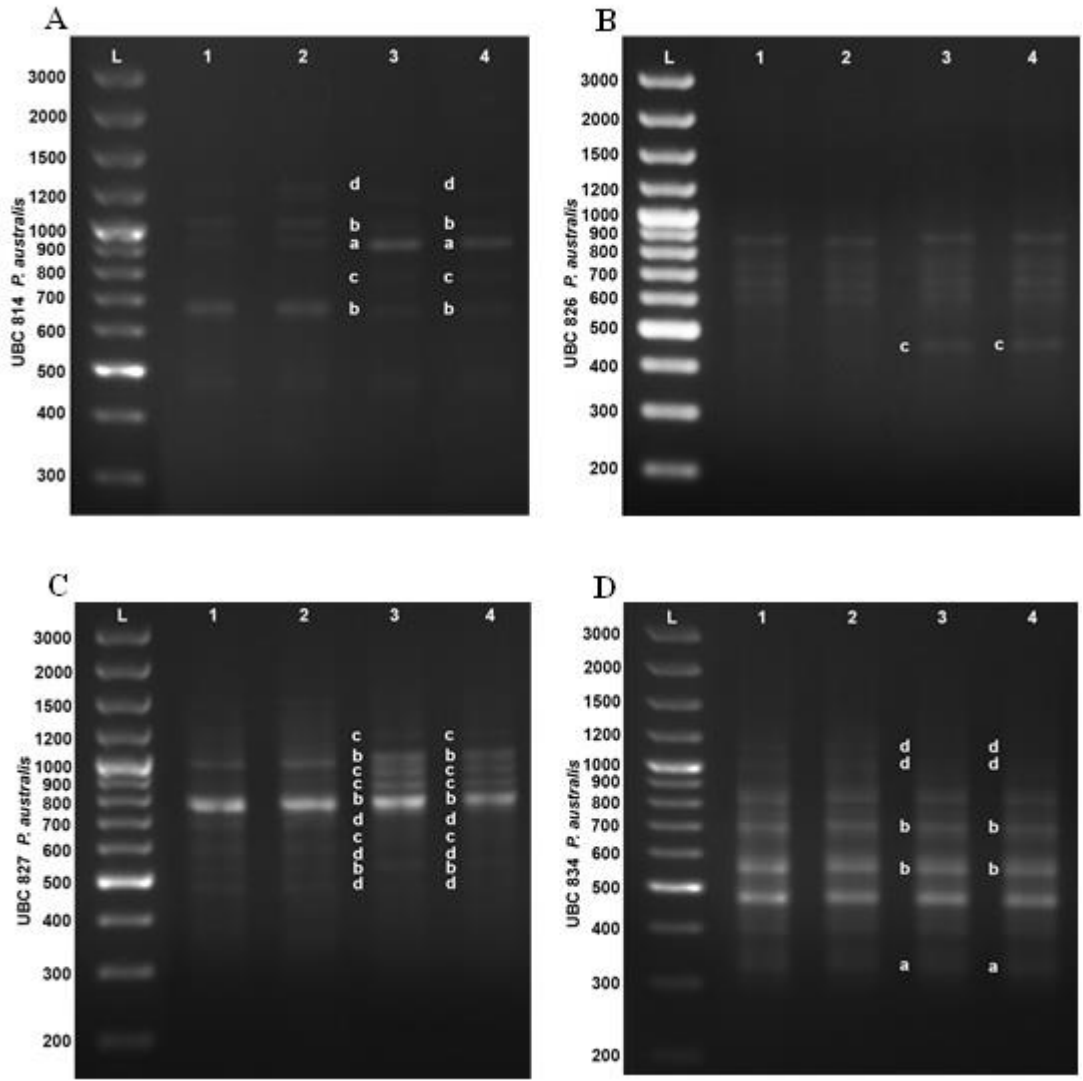
ISSR Primer	Baz dizilimi (5→3')	Baz Sayısı	Tm (°C)	Bağlanma Sıcaklığı (°C)
UBC814	CTCTCTCTCTCTCTCTA	17	44.64	44
UBC826	ACACACACACACACACC	17	47.05	44
UBC827	ACACACACACACACACG	17	47.05	44
UBC834	AGAGAGAGAGAGAGAGYT	18	45.77	44

Buna göre jel üzerinde a: bant yoğunluklarındaki artışı, b: bant yoğunluklarındaki azalmayı, c: yeni bantların oluşumunu ve d: normal bantların kaybolmasını göstermesi bakımından kodlamalar yapılarak ifade edilmiştir. İntensite azalış ve artışları temiz lokasyondan alınan örneklerin her ikisi ile kıyaslandığında bir artış ya da azalış şeklinde ise jel görüntülerinde belirtilmiştir. Diğer durumlar (bir bireyde artış, diğerinde azalış ya da fark olmaması durumları) jele yansıtılmamıştır.



Şekil 4.4. *A. donax*'ın ISSR primerleri DNA bölgelerinin jel görüntüleri. A: UBC814. B: UBC826. C: UBC827. D: UBC834.

[Not: **a**: bant yoğunluklarındaki artış. **b**: bant yoğunluklarındaki azalma. **c**: yeni bantların oluşumu. **d**: normal bantların kaybolması].



Şekil 4.5. *P. australis*'in ISSR primerleri DNA bölgelerinin jel görüntüleri. A: UBC814. B: UBC826. C: UBC827. D: UBC834.

[Not: **a**: bant yoğunluklarındaki artış. **b**: bant yoğunluklarındaki azalma. **c**: yeni bantların oluşumu. **d**: normal bantların kaybolması].

A. donax ve *P. australis* örnekleri için ISSR primerleri kullanılarak elde edilen bantların büyüklükleri ve yoğunlukları sırasıyla Çizelge 4.76. ve Çizelge 4.77.'de belirtilmiştir. *A. donax* için diğer lokasyonlara kıyasla daha düşük ağır metal seviyesine sahip L9-Samandağ sahili ile diğer lokasyonlara kıyasla daha yüksek ağır metal seviyesine sahip L2-Madenboyu lokasyonlarında alınan yaprak numunesine ait DNA bant değerleri (ng) kıyaslandığında; UBC814 primeri için, L2 örneklerinin her ikisinde de 4 adet bantta yoğunluk azalması gözlenmiştir. UBC826 primeri için; L2 birinci örneğinde, 2 adet bant yoğunluğunun artması, 1 adet bant yoğunluğunun azalması ve 1 adet bant kaybı gözlenmiştir. L2 lokasyonundan alınan ikinci örnekte ise, 2 adet bant

yoğunluğu azalması ve 2 adet bant kaybı gözlenmiştir. UBC827 primeri için, L2 lokasyonundan toplanmış örneklerin her ikisinde de 6 adet bantta yoğunluk azalması gözlenmiştir. UBC834 primeri için, L2 lokasyonunun birinci örneğinde, 1 adet bant yoğunluğu artışı, 4 adet bant yoğunluğu azalması ve 1 adet bant kaybı gözlenirken, L2 lokasyonunun ikinci örneğinde 2 adet bant yoğunluğu artışı, 3 adet bant yoğunluğu azalması ve 1 adet bant kaybı gözlenmiştir.

Çizelge 4.76. L9-Samandağ sahili ve L2-Madenboyu bölgesi lokasyonlarında toplanmış *A. donax* için ISSR primerleri kullanılarak elde edilen bantların büyüklükleri (baz çifti) ve yoğunlukları (ng).

Primer Adı	Bant Büyüklüğü	L9-1	L9-2	L2-3	L2-4
UBC814	1140	17.16	17.41	15.01	15.14
	1062	15.77	15.94	15.27	15.25
	800	31.90	39.19	27.54	23.43
	707	16.32	16.64	15.21	15.04
	650	-	14.73	14.65	-
UBC826	1230	3.86	3.89	4.65	-
	1120	3.58	3.61	-	-
	980	8.85	9.73	10.00	4.26
	850	3.99	4.42	4.04	3.53
	660	36.57	41.66	36.50	21.06
	500	4.64	5.36	4.88	6.00
UBC827	1240	28.01	28.55	21.00	21.21
	1034	30.56	29.61	22.16	22.55
	880	23.55	23.11	20.90	19.95
	833	29.19	27.69	22.96	21.88
	727	29.96	31.93	26.34	26.42
	627	18.31	17.45	17.93	17.53
	500	42.07	33.88	31.97	29.57
UBC834	1006	12.48	12.36	12.39	12.76
	903	12.87	13.19	12.61	13.02
	744	19.53	18.69	17.32	19.56
	671	27.75	24.63	23.19	23.16
	591	14.82	14.58	15.51	16.58
	572	13.86	13.52	12.44	12.36
	500	34.45	34.23	27.14	26.74
	441	12.24	12.24	12.24	12.24
	390	12.25	12.27	-	-

P. australis için diğer lokasyonlara kıyasla daha düşük ağır metal seviyesine sahip L1-Demirköprü ile diğer lokasyonlara kıyasla daha yüksek ağır metal seviyesine sahip L4-Sanayi bölgesi lokasyonundan alınan yaprak numunesine ait DNA bant değerleri (ng) kıyaslandığında; UBC814 primeri için, L4 lokasyonundan toplanmış örneklerin her ikisinde de 1 adet bant yoğunluğu artışı, 2 adet bant yoğunluğu azalması, 1 adet yeni bant oluşumu ve 1 adet bant kaybı gözlenmiştir. UBC826 primeri için, L4 lokasyonundan

toplanmış örneklerin her ikisinde de 1 adet yeni bant oluşumu gözlenmiştir. UBC827 primeri için, L4 lokasyonundan toplanmış örneklerin her ikisinde de 3 adet bant yoğunluğu azalması, 4 adet yeni bant oluşumu ve 3 adet bant kaybı gözlenmiştir. UBC834 primeri için, L4 lokasyonundan toplanmış örneklerin her ikisinde de 1 adet bant yoğunluğu artışı, 2 adet bant yoğunluğu azalması ve 2 adet bant kaybı gözlenmiştir.

Çizelge 4.77. L1-Demirköprü ve L4-Sanayi bölgesi lokasyonlarında toplanmış *P. australis* için ISSR primerleri kullanılarak elde edilen bantların büyüklükleri (baz çifti) ve yoğunlukları (ng).

Primer Adı	Bant Büyüklüğü	L1-1	L1-2	L4-3	L4-4
UBC814	1270	16.30	16.94	-	-
	1200	-	16.78	17.17	16.57
	1050	17.81	18.70	16.71	16.33
	950	16.98	17.98	27.03	23.24
	786	-	-	17.05	17.10
	670	23.66	24.58	18.25	17.81
	475	17.52	17.38	18.01	17.43
	860	2.91	2.73	2.87	3.14
UBC826	725	1.72	1.61	1.52	1.66
	664	2.52	2.22	2.21	2.60
	604	1.81	2.06	1.96	1.91
	449	-	-	3.65	3.77
	1552	-	15.05	-	-
UBC827	1225	-	-	15.35	15.32
	1028	19.81	21.42	17.02	17.20
	978	-	-	16.91	16.49
	889	-	-	17.98	16.81
	774	52.83	55.14	49.99	37.77
	697	14.99	14.83	-	-
	634	-	-	14.84	14.84
	594	15.90	16.01	-	-
	538	14.99	14.96	16.52	15.65
	486	15.84	15.90	-	-
	1133	13.62	13.40	-	-
	1019	13.74	13.64	-	-
	813	16.56	16.45	16.44	15.76
	696	22.66	23.74	22.24	21.17
UBC834	555	33.69	32.66	28.99	28.53
	472	37.03	32.22	33.92	33.08
	402	13.19	13.23	13.20	13.19
	332	13.55	13.46	14.05	15.00

Aşırı ağır metal maruziyeti, hücrelerde hidroksil radikallerinin ve diğer reaktif oksijen türlerinin üretilmesine neden olmaktadır (Berni ve ark. 2019; Hosseini ve ark, 2022). Bu durum DNA onarım sistemine doğrudan veya dolaylı olarak müdahale ederek, organizmalar üzerinde zararlı etkilere neden olan nokta mutasyonlarına ve iplikçik kırılmalarına neden olmaktadır (Kumar ve Prasad, 2018; Wang ve ark., 2020; Sachdev ve

Ahmad, 2021). Ayrıca, hücrelerdeki sitozin metilasyon paternlerinin, DNA'nın hipo-veya hiper-metilasyon oluşumunu indükleyen ağır metal iyonlarının etkileri nedeniyle mutasyona uğrayabileceği bilinmektedir (Aigner ve ark., 2022). Bunun yanı sıra, hipometilasyonun, kromozomların kırılmaya karşı savunmasızlığını arttırmasına neden olabileceği de bilinmektedir (dos Santos ve ark., 2021). Ağır metal iyonları stresi yoluyla oluşan genotoksisite, aralarındaki yüksek afinite nedeniyle Cd, Ni ve Pb gibi ağır metaller ile kromatin proteinleri arasındaki etkileşimler olarak ortaya çıkar (Hani ve ark., 2020; Siuksta ve ark., 2019). Kompakt protein-DNA oluşumlarına sahip bölgelerde meydana gelen bu etkileşimler, hücrelerdeki yaşamsal faaliyetler üzerinde olumsuz etkilere neden olabilir. Ağır metal bileşiklerinin DNA ve protein molekülleri arasındaki çapraz bağ oluşumlarını teşvik ettiği bilinmektedir (Dar ve Reshi, 2021). Bu etkileşimlerin ağır metal iyonları ile proteinler arasında ve ağır metal iyonları ile diğer hücre içi moleküller arasında meydana geldiği ve ayrıca gen ifadeleri üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu da ifade edilmektedir (Yang ve ark., 2021; Chahal ve ark., 2022).

DNA bantlarındaki değişiklikler kirlilik kökenli etkiler ile oluşabilmekle birlikte, farklı popülasyonlara ait bireylerde uzun yıllar boyunca oluşmuş ve popülasyonlara ait belirleyici değişiklikler haline gelmiş olabilir. Her iki durumda da bu etkiler ISSR bantlarında farklılıklar olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Bu sebepten dolayı kirli ortamlarda karşımıza çıkan bant profil değişikliklerini (intensite artış/azalışı ve özellikle de yeni bantların oluşumu ya da normal bantların kaybolmaları) direkt olarak ağır metal kökenli genotoksik değişiklikler olarak yorumlamak yeterli olmayabilir. Bu sebepten dolayı da özellikle türlere ait bireylerin yaşam ortamlarında yüksek konsantrasyonda bulunan ağır metallerin kontrollü deneyler ile temiz ortamlarda yetişmiş bireylere belirli süreler ile uygulanması, sonrasında aynı primerler ile tekrardan bant profillerinin elde edilmesi ve incelenmesi değişikliklerin genotoksik olup olmadığı konusunda kesin bir karara varmamızı sağlayacaktır. Yine de yaptığımız bu tez çalışması, kirli ortamlarda yetişen bireyler ile daha temiz ortamlarda yetişen bireyler arasında DNA bant profilleri bakımından, biyoakümülatör özellikleri sayesinde büyük değişimler olmasa da farklar olduğunu bize göstermektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Asi Nehri'nin stratejik önemi kadar ekolojik önemi de bölge için yadsınamaz bir gerçektir. Bu önemli tatlı su ekosistemini temsil eden araştırma alanımızda *A. donax* ve *P. australis*'in marjinal ve sulak alan topraklarının ıslahı için muazzam bir potansiyele sahip olduğu, bu ve buna benzer alanların değerlendirilmesi için alternatif olarak kullanılabileceğini hem ekofizyolojik değerler ile hem de genetik durumu ile ortaya konulmuştur. Ağır metallerin sulak alan ve deniz ya da tatlı su ile bitki topluluklarının birikimini ve dağılımını araştırmak, birincil üreticilerin toksik element girdilerine nasıl tepki verdiğini ve bu tepkilerin belirli kalıpları takip edip etmediğini ortaya çıkarabilmektedir. Bunun, kirlilik kontrolü ve izlenmesi için ve fitoremediasyon gibi ekolojik mühendislik projelerinin uygulanması adına kuşkusuz önemli etkileri vardır. Çalışma, akümüle edilen element birikiminin, *A. donax* ve *P. australis*'in farklı bölgelerinde nispeten yüksek ve değişken olduğunu açıkça göstermektedir. İncelenen bitkiler tarafından akümüle edilen elementlerin çoğu toprak altı kısımlarında olduğu kadar yapraklarında da birikmiştir. İki türünde atıkların yoğun olduğu uç yüzeylerde dahi büyüme kabiliyeti ve vejetatif yayılımı, çok çeşitli ekolojik koşullarda verimli bir şekilde uyum sağlama konusundaki inanılmaz potansiyel yeteneğini doğrulamaktadır. Bu türlerin, farklı ortamlarda ağır metal biyoizlemesinde potansiyel yararlılığını göstermektedir. Çalışma ayrıca bitki içindeki metallerin davranışının ve toksisitesinin sadece toplam konsantrasyonlarının bir fonksiyonu olmadığını, aynı zamanda bitki türlerinden ve belirli metallerin bitki içinde translokasyonunda yer alan mekanizmalardan da etkilendiğini göstermiştir. Yüksek BAF ve TF değerleri (>1) ile birlikte bitki kısımlarında biriken en büyük ağır metal miktarları, *A. donax* ve *P. australis* için atık suların rizofiltrasyonunda ve ağır metallerin varlığı ile kirlenmiş alanların fitostabilizasyonu ve restorasyonunda verimli bir şekilde kullanılabileceğini açıkça göstermektedir. Toprak üstü kısımlardaki metal konsantrasyonu yüksek olduğu için büyüme mevsiminden sonra hasat edilmelidir. Bu, türlerin biyokütle uzaklaştırılmasına ve bitkilerde yüksek konsantrasyonlarda ağır metal bulunması nedeniyle negatif çevresel etkilerin en aza indirilmesine yardımcı olacaktır. Tatlısu ekosistemlerinde ciddi çevresel ve sağlık riskleri oluşturma potansiyeline sahip olan ağır metallerin konsantrasyon değerlerinin azaltılmasında, *A. donax*, *P. australis* ve *E. crassipes* türlerinin ekolojik

yeteneklerinden yararlanmanın uygulanabilir, verimli bir çözüm olduğu anlaşılmaktadır. Bu içerikte çalışmalar, sürdürülebilir biyoçeşitliliği korumak için önem arz etmektedir. Biyolojik çeşitlilik, ekosistemdeki canlı türlerin, bu türlere ait kalıtsal yani genetik özelliklerin, habitatlarının ve bu habitatlarda ortaya çıkan ekolojik ve eko-fizyolojik ilişkilerin zenginliği anlamına da gelmektedir. Farklı ekosistemlerdeki bileşenlerin listelenmesi, incelenmesi, potansiyel durumlarının belirlenmesi çevresel sürdürülebilirlik ve doğal kaynakların sürekliliğinin sağlanması bakımından önem arz etmektedir. Ekosistemin sürdürülebilir devamlılığını sağlayacak bu faaliyetlerin çevre koruma politikalarıyla birlikte ele alınması gerekmektedir. Küresel çapta çevre koruma faaliyetleri yürütülmeli ve gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yeni ve ilave finansman kaynakları oluşturmasıyla, yarınlara için gerçekçi adımlar atması da gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbasi, S., Lamb, D., Rahman, M. A., Naidu, R., and Megharaj, M., 2021. Response of phosphorus sensitive plants to arsenate. **Environmental Technology and Innovation**, 24, 102008.
- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., ... and Alrawaf, T. I., 2022. Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(19), 12717.
- Abu Salem, F. K., Jurdi, M., Alkadri, M., Hachem, F., and Dhaini, H. R., 2022. Feature selection approaches for predictive modelling of cadmium sources and pollution levels in water springs. **Environmental Science and Pollution Research**, 29(6), 8253-8268.
- Acharya, M., Burner, D. M., Ashworth, A. J., Fritsch, F. B., and Adams, T. C., 2018. Growth rates of giant miscanthus (*Miscanthus× giganteus*) and giant reed (*Arundo donax*) in a low-input system in Arkansas, USA. **American Journal of Plant Sciences**, 9(12), 2371-2384.
- Adamiec, E., Jarosz-Krzemińska, E., and Wieszala, R., 2016. Heavy metals from non-exhaust vehicle emissions in urban and motorway road dusts. **Environmental monitoring and assessment**, 188(6), 1-11.
- Addouche, A., Righi, A., Hamri, M. M., Bengharez, Z., and Zahia, Z., 2022. Water Quality Assessment and Turbidity Prediction Using Multivariate Statistical Techniques: A Case Study of the Cheurfa Dam in Northwestern Algeria. **Applied Chemistry for Engineering**, 33(6), 563-573.
- Agca, N., Dogan, K., and Karanlik, S., 2018. Amik ovasındaki yüzey sularında amonyum, nitrat, fosfor ve ağır metal kirliliğinin belirlenmesi. **Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 23(2), 197-203.
- Agca, N., and Dogan, K., 2020. Asi Nehrinin su kalite parametre düzeylerinin belirlenmesi. **Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, 25(1), 1-9.
- Ahmad, M., Ishaq, M., Shah, W. A., Adnan, M., Fahad, S., Saleem, M. H., ... and Hashem, M., 2022. Managing phosphorus availability from organic and inorganic sources for optimum wheat production in calcareous soils. **Sustainability**, 14(13), 7669.
- Aigner, G. P., Pittl, V., Fiechtner, B., Egger, B., Šrut, M., and Höckner, M., 2022. Common mechanisms cannot explain time-and dose-dependent DNA methylation changes in earthworms exposed to cadmium. **Science of The Total Environment**, 812, 151468.
- Ali, M. M., Ali, M. L., Islam, M. S., and Rahman, M. Z., 2016. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, 5, 27-35.
- Al-Mamun, M., Rafii, M. Y., Misran, A. B., Berahim, Z., Ahmad, Z., Khan, M. M. H., ... and Arolu, F., 2023. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.): A Promising Fiber Crop with Potential for Genetic Improvement Utilizing Both Conventional and Molecular Approaches. **Journal of Natural Fibers**, 20(1), 2145410.
- Alvarez-Robles, M. J., Bernal, M. P., and Clemente, R., 2022. Differential response of *Oryza sativa* L. and *Phragmites australis* L. plants in trace elements contaminated soils under flooded and unflooded conditions. **Environmental Geochemistry and Health**, 44(1), 99-115.

- Amaro Baron, A. C. E., Baron, D., Souza, E. R., Moreira, L. S., Ono, E. O., and Rodrigues, J. D., 2022. Effects of the plant growth regulators, cobalt and molybdenum on the physiology of ‘Crimson Seedless’ grapevines. **Acta Physiologiae Plantarum**, 44(6), 1-12.
- Anh, L. D., Loc, H. H., Irvine, K. N., Thanh, T., and Tuong, L. Q., 2021. The waterscape of groundwater exploitation for domestic uses in District 12, Ho Chi Minh City, Vietnam. **Environment, Development and Sustainability**, 23(5), 7652-7669.
- Anusiya, G., Bharathi, S., Mukesh Praveen, K., and Sainandhini, G., 2020. Extraction and molecular characterization of biological compounds from water hyacinth. **Journal of Medicinal Plants**, 8(5), 14-19.
- Aprile, A., and De Bellis, L., 2020. Editorial for Special Issue “Heavy metals accumulation, toxicity, and detoxification in plants”. **International Journal of Molecular Sciences**, 21(11), 4103.
- Arivendan, A., Jebas Thangiah, W. J., Irulappasamy, S., and N Chrish, B., 2022. Study on characterization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) novel natural fiber as reinforcement with epoxy polymer matrix material for lightweight applications. **Journal of Industrial Textiles**, 15280837211067281.
- Artiola, J. F., Walworth, J. L., Musil, S. A., and Crimmins, M. A., 2019. Soil and land pollution. **In Environmental and pollution science** (pp. 219-235). Academic Press.
- Aster, I., Barth, L. M., Rink, L., and Wessels, I., 2019. Alterations in membrane fluidity are involved in inhibition of GM-CSF-induced signaling in myeloid cells by zinc. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, 54, 214-220.
- Azad, M. A. K., Ahmed, T., Eaton, T. E. J., Hossain, M. M., Haque, M. K., and Soren, E. B., 2021. Yield of wheat (*Triticum aestivum*) and nutrient uptake in grain and straw as influenced by some macro (S and Mg) and micro (B and Zn) nutrients. **Natural Science**, 13(9), 381-391.
- Bagheri, M., Heidari, B., Dadkhodaie, A., Heidari, Z., Daneshnia, N., and Richards, C. M., 2022. Analysis of genetic diversity in a collection of *Plantago* species: application of ISSR markers. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, 25(1), 1-8.
- Bai, L., Liu, X. L., Hu, J., Li, J., Wang, Z. L., Han, G. and Liu, C. Q., 2018. Heavy metal accumulation in common aquatic plants in rivers and lakes in the Taihu Basin. **International journal of environmental research and public health**, 15(12), 2857.
- Bai, G., Zhang, Y., Yan, P., Yan, W., Kong, L., Wang, L., ... and Wu, Z., 2020. Spatial and seasonal variation of water parameters, sediment properties, and submerged macrophytes after ecological restoration in a long-term (6 year) study in Hangzhou west lake in China: Submerged macrophyte distribution influenced by environmental variables. **Water Research**, 186, 116379.
- Bai, Y., Zhou, Y., and Gong, J., 2021. Physiological mechanisms of the tolerance response to manganese stress exhibited by *Pinus massoniana*, a candidate plant for the phytoremediation of Mn-contaminated soil. **Environmental Science and Pollution Research**, 28(33), 45422-45433.
- Baldantoni, D. and Bellino, A., 2021. On the capability of the epigeous organs of *Phragmites australis* to act as metal accumulators in biomonitoring studies. **Sustainability**, 13(14), 7745.
- Barker, A. V., and Pilbeam, D. J., 2015. *Handbook of plant nutrition*. **CRC press**. 1-773.

- Barreca, F., 2012. Use of giant reed *Arundo donax* L. in rural constructions. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, 14(3), 46-52.
- Begum, W., Rai, S., Banerjee, S., Bhattacharjee, S., Mondal, M. H., Bhattarai, A., and Saha, B., 2022. A comprehensive review on the sources, essentiality and toxicological profile of nickel. **RSC advances**, 12(15), 9139-9153.
- Behera, L. M., Sahoo, S. S., Baral, S., Nayak, R., Sahu, A., Dash, R., ... and Pradhan, B., 2022. Role of Phytoremediation in Enhancing Heavy Metals Tolerance: A Novel Biotechnological Approach. **Current Biotechnology**, 11(2), 94-106.
- Berni, R., Luyckx, M., Xu, X., Legay, S., Sergeant, K., Hausman, J. F., ... and Guerriero, G., 2019. Reactive oxygen species and heavy metal stress in plants: Impact on the cell wall and secondary metabolism. **Environmental and Experimental Botany**, 161, 98-106.
- Bhattarai, S., Lundell, S., and Biligetu, B., 2022. Effect of Sodium Chloride Salt on Germination, Growth, and Elemental Composition of Alfalfa Cultivars with Different Tolerances to Salinity. **Agronomy**, 12(10), 2516.
- Bhuiyan, M. A. H., Karmaker, S. C., Bodrud-Doza, M., Rakib, M. A., and Saha, B. B., 2021. Enrichment, sources and ecological risk mapping of heavy metals in agricultural soils of dhaka district employing SOM, PMF and GIS methods. **Chemosphere**, 263, 128339.
- Billah, M., Khan, M., Bano, A., Hassan, T. U., Munir, A., and Gurmani, A. R., 2019. Phosphorus and phosphate solubilizing bacteria: Keys for sustainable agriculture. **Geomicrobiology Journal**, 36(10), 904-916.
- Boaretto, R. M., Hippler, F. W., Ferreira, G. A., Azevedo, R. A., Quaggio, J. A., and Mattos, D., 2020. The possible role of extra magnesium and nitrogen supply to alleviate stress caused by high irradiation and temperature in lemon trees. **Plant and Soil**, 457(1), 57-70.
- Boban, S., Maurya, S., and Jha, Z., 2022. DNA fingerprinting: an overview on genetic diversity studies in the botanical taxa of Indian Bamboo. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 1-30.
- Bonanno, G., and Giudice, R. L., 2010. Heavy metal bioaccumulation by the organs of *Phragmites australis* (common reed) and their potential use as contamination indicators. **Ecological Indicators**, 10(3), 639-645.
- Bonanno, G., 2011. Trace element accumulation and distribution in the organs of *Phragmites australis* (common reed) and biomonitoring applications. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 74(4), 1057-1064.
- Bonanno, G., 2013. Comparative performance of trace element bioaccumulation and biomonitoring in the plant species *Typha domingensis*, *Phragmites australis* and *Arundo donax*. **Ecotoxicology and environmental safety**, 97, 124-130.
- Bonanno, G., and Vymazal, J., 2017. Compartmentalization of potentially hazardous elements in macrophytes: insights into capacity and efficiency of accumulation. **Journal of Geochemical Exploration**, 181, 22-30.
- Brady, J. P., Ayoko, G. A., Martens, W. N., and Goonetilleke, A., 2015. Development of a hybrid pollution index for heavy metals in marine and estuarine sediments. **Environmental Monitoring and Assessment**, 187(5), 1-14.
- Brahimi, A., Landschoot, S., Bekaert, B., Hajji, L., Hajjaj, H., Audenaert, K., ... and Mazouz, H., 2022. Exploring the genetic and phenotypic diversity within and between onion (*Allium cepa* L.) ecotypes in Morocco. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, 20(1), 1-13.

- Braman, C. A., Lambert, A. M., Özsoy, A. Z., Hollstien, E. N., Sheehy, K. A., McKinnon, T., ... and Dudley, T. L., 2021. Biology of an adventive population of the armored scale *Rhizaspidiotus donacis*, a biological control agent of *Arundo donax* in California. **Insects**, 12(7), 588.
- Bubara, M. L., Tahir, A. M., and RI, S., 2017. The micronutrients boron its influence on growth and development of plants and factors affecting availability: **A. Journal of Agriculture and Veterinary Science**, 10(12), 10-13.
- Cai, L., Xu, Z., Ren, M., Guo, Q., Hu, X., Hu, G., ... and Peng, P., 2012. Source identification of eight hazardous heavy metals in agricultural soils of Huizhou, Guangdong Province, China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 78, 2-8.
- Cai, Z., and Wang, Z., 2022. Evaluation of solution anode glow discharge as a vapor generator in ICP-OES procedures: Application to highly sensitive determination of Cd and Hg. **Analytica Chimica Acta**, 1203, 339724.
- Can, H., Ozyigit, I. I., Can, M., Hocaoglu-Ozyigit, A., and Yalcin, I. E., 2022. Multidimensional scaling of the mineral nutrient status and health risk assessment of commonly consumed fruity vegetables marketed in Kyrgyzstan. **Biological Trace Element Research**, 200(4), 1902-1916.
- Cao, L., Zheng, J., Tsukada, H., Pan, S., Wang, Z., Tagami, K., and Uchida, S., 2016. Simultaneous determination of radiocesium (¹³⁵Cs, ¹³⁷Cs) and plutonium (²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu) isotopes in river suspended particles by ICP-MS/MS and SF-ICP-MS. **Talanta**, 159, 55-63.
- Caparros, P. G., Ozturk, M., Gul, A., Batool, T. S., Pirasteh-Anosheh, H., Unal, B. T., ... and Toderich, K. N., 2022. Halophytes have potential as heavy metal phytoremediators: A comprehensive review. **Environmental and Experimental Botany**, 193, 104666.
- Chahal, G. K., Ghai, M., and Kaur, J., 2022. Stress mechanisms and adaptations in plants. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 11(2), 109-114.
- Chalbi, A., Sghaier-Hammami, B., Baazaoui, N., Hammami, S. B., Hatem, B. J., Garcia-Caparros, P., ... and Abdelly, C., 2021. Comparative study of the effect of salt stress, *Alternaria alternata* attack or combined stress on the *Cakile maritima* growth and physiological performance. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, 49(3), 12446-12446.
- Chen, M., Li, F., Tao, M., Hu, L., Shi, Y. and Liu, Y., 2019. Distribution and ecological risks of heavy metals in river sediments and overlying water in typical mining areas of China. **Marine pollution bulletin**, 146, 893-899.
- Chen, J., Kan, M., Ratnasekera, P., Deol, L. K., Thakkar, V., and Davison, K. M., 2022. Blood Chromium Levels and Their Association with Cardiovascular Diseases, Diabetes, and Depression: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2015–2016. **Nutrients**, 14(13), 2687.
- Chechet, O. M., Shulyak, S. V., Shevchenko, L. V., Mykhalska, V. M., Gaidei, O. S., Miahka, S., ... and Boyarchuk, S. V., 2021. Effectiveness of inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP OES) in macro and microelements assessment in water. **Ukrainian Journal of Ecology**, 197-203.
- Chrysochoou, M., Theologou, E., Bompoti, N., Dermatas, D., and Panagiotakis, I., 2016. Occurrence, origin and transformation processes of geogenic chromium in soils and sediments. **Current Pollution Reports**, 2(4), 224-235.
- Cicero-Fernandez, D., Peña-Fernández, M., Expósito-Camargo, J. A., and Antizar-Ladislao, B., 2016. Role of *Phragmites australis* (common reed) for heavy metals

- phytoremediation of estuarine sediments. **International Journal of Phytoremediation**, 18(6), 575-582.
- Cicero-Fernandez, D., Peña-Fernández, M., Expósito-Camargo, J. A., and Antizar-Ladislao, B., 2017. Long-term (two annual cycles) phytoremediation of heavy metal-contaminated estuarine sediments by *Phragmites australis*. **New Biotechnology**, 38, 56-64.
- Closset, M., Cailliau, K., Slaby, S. and Marin, M., 2021. Effects of Aluminium Contamination on the Nervous System of Freshwater Aquatic Vertebrates: A Review. **International Journal of Molecular Sciences**, 23(1), 31.
- Cristaldi, A., Conti, G. O., Cosentino, S. L., Mauromicale, G., Copat, C., Grasso, A. and Ferrante, M., 2020. Phytoremediation potential of *Arundo donax* (Giant Reed) in contaminated soil by heavy metals. **Environmental research**, 185, 109427.
- Collin, M. S., kumar Venkataraman, S., Vijayakumar, N., Kanimozhi, V., Arbaaz, S. M., Stacey, R. S., ... and Swamiappan, S., 2022. Bioaccumulation of lead (Pb) and its effects on human: A review. **Journal of Hazardous Materials Advances**, 100094.
- Cuda, J., Skálová, H., Meyerson, L. A., and Pyšek, P., 2021. Regeneration of *Phragmites australis* from rhizome and culm fragments: an experimental test of environmental effects, population origin and invasion status. **Preslia**, 93(3), 237-254.
- Da Ros, L. M., Soolanayakanahally, R. Y., Guy, R. D., and Mansfield, S. D., 2018. Phosphorus storage and resorption in riparian tree species: Environmental applications of poplar and willow. **Environmental and Experimental Botany**, 149, 1-8.
- Dameto, L. S., Moraes, L. A., and Moreira, A., 2022. Effects of boron sources and rates on grain yield, yield components, nutritional status, and changes in the soil chemical attributes of soybean. **Journal of Plant Nutrition**, 1-12.
- Danelli, T., Laura, M., Savona, M., Landoni, M., Adani, F., and Pilu, R., 2020. Genetic Improvement of *Arundo donax* L.: Opportunities and Challenges. **Plants**, 9(11), 1584.
- Danelli, T., Sepulcri, A., Masetti, G., Colombo, F., Sangiorgio, S., Cassani, E., ... and Pilu, R., 2021. *Arundo donax* L. biomass production in a polluted area: Effects of two harvest timings on heavy metals uptake. **Applied Sciences**, 11(3), 1147.
- Daniel, A. J., Enzo, E. R., Juliana, M. S., Stefanie, B. C. G., Analia, A., Claudia, S. B., and Marta, A. P., 2022. The current approach to soil remediation: A review of physicochemical and biological technologies, and the potential of their strategic combination. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 107141.
- Dar, M. A., and Reshi, Z. A., 2021. Induced genotoxicity and oxidative stress in plants: An overview. **Induced Genotoxicity and Oxidative Stress in Plants**, 1-27.
- Das, K. K., Reddy, R. C., Bagoji, I. B., Das, S., Bagali, S., Mullur, L., ... and Biradar, M. S., 2019. Primary concept of nickel toxicity—an overview. **Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology**, 30(2), 141-152.
- Das, J., Dangar, T. K., and Panigrahy, M., 2022. Bioremediation of Heavy Metals: A Substantive Potential for Clean Earth. **Journal of Sustainable Materials Processing and Management**, 2(1), 80-89.
- Dawood, M. A., 2022. Dietary copper requirements for aquatic animals: A review. **Biological Trace Element Research**, 1-10.
- de Bang, T. C., Husted, S., Laursen, K. H., Persson, D. P., and Schjoerring, J. K., 2021. The molecular–physiological functions of mineral macronutrients and their

- consequences for deficiency symptoms in plants. **New Phytologist**, 229(5), 2446-2469.
- de Oliveira, M. R., 2020. Carnosic acid and carnosol: Neuroprotection and the mitochondria. **In Oxidative Stress and Dietary Antioxidants in Neurological Diseases** (pp. 217-230). Academic Press.
- Deepali, K. K., and Gangwar, K., 2010. Metals concentration in textile and tannery effluents, associated soils and ground water. **New York Science Journal**, 3(4), 82-89.
- Deka, K., Kalita, T., Acharjee, B., Ahmed, R., and Sarma, R., 2022. Macrophyte diversity and their uses with special reference to freshwater wetland ecosystem Barbilabeel of Nalbari district, Assam, India. **Bulletin of Pure and Applied Sciences-Zoology**, 41(1), 106-119.
- Degaga, A. H., 2018. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) biology and its impacts on ecosystem, biodiversity, economy and human wellbeing. **Journal of Life Science and Biomedicine**, 8(6), 94-100.
- Delplace, G., Schreck, E., Pokrovsky, O. S., Zouiten, C., Blondet, I., Darrozes, J., and Viers, J., 2020. Accumulation of heavy metals in phytoliths from reeds growing on mining environments in Southern Europe. **Science of the Total Environment**, 712, 135595.
- Dewangani, H. G. N., Jayawardena, B. M., Chandrasekara, N. V., and Wijayagunaratne, H. D. S. P., 2021. Effect of common culinary methods practiced in sri lanka on the nutrient composition of commonly consumed vegetables and other foods. **International Journal of Food Science**, 5537683, 1-13.
- Dey, M. and Singh, R. K., 2022. Neurotoxic effects of aluminium exposure as a potential risk factor for Alzheimer's disease. **Pharmacological Reports**, 1-12.
- Di Bucchianico, S., Gliga, A. R., Åkerlund, E., Skoglund, S., Wallinder, I. O., Fadeel, B., and Karlsson, H. L., 2018. Calcium-dependent cyto-and genotoxicity of nickel metal and nickel oxide nanoparticles in human lung cells. **Particle and Fibre Toxicology**, 15(1), 1-14.
- Diez-Tercero, L., Delgado, L. M., Bosch-Rué, E. and Perez, R. A., 2021. Evaluation of the immunomodulatory effects of cobalt, copper and magnesium ions in a pro inflammatory environment. **Scientific reports**, 11(1), 1-13.
- Dione, C. T., Ndiaye, M., Delhomme, O., Diebakate, C., Ndiaye, B., Diagne, I., ... and Millet, M., 2022. Pollution of water in Africa: a review of contaminants and fish as biomonitors and analytical methodologies—the case of Senegal. **Environmental Science and Pollution Research**, 1-18.
- Dixit, S., Yadav, A., Dwivedi, P. D., and Das, M., 2015. Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: a review. **Journal of Cleaner Production**, 87, 39-49.
- Dogan, I., Ozyigit, I. I., Kidiraliyeva, B., Cekirov, K., Kurmanbekova, G., Ucar, B., ... and Solak, A. O., 2021. Assessment of pollution at the former uranium waste dumpsite near kaji-Say Village/Kyrgyzstan: a genetic and physiological investigation. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, 14(1), 280-294.
- Dong, Z. H., Low, W., K Srivastava, A., Liu, X. D., Riaz, M., Tan, Q. L., ... and Hu, C. X., 2021. Association between plant nutrients, the development of Huanglongbing and abnormal growth symptoms in navel orange. **Plant Biology**, 23(6), 1167-1176.

- Dora, S., Terrett, O. M., and Sánchez-Rodríguez, C., 2022. Plant–microbe interactions in the apoplast: communication at the plant cell wall. **The Plant Cell**, 34(5), 1532-1550.
- dos Santos, B. D. M. S., Silva, M. S. D. R. D. A., Chavez, D. W. H., and Rigobelo, E. C., 2021. 'Bacillus subtilis'-capacity for enzymatic degradation, resistance to trace elements, antagonisms and siderophore production. **Australian Journal of Crop Science**, 15(5), 787-795.
- dos Santos, L. W. O., da Silva Ribeiro, J. E., Lopes, A. S., Targino, V. A., dos Anjos Neto, A. P., de Azevedo Soares, V., ... and Dias, T. J., 2022. Effect of Nitrogen: Potassium Fertilization Ratios and Biostimulant Application on Broccoli Plants. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, 22(4), 4857-4867.
- Doyle, J. J., 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. **Phytochemical Bulletin**, 19, 11-15.
- Doyle, J. J., 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, 12, 13-15.
- Dykes, J., Johnson, K., Cousins, J., Simpson, L., and Hull, I., 2021. DNA Fingerprinting of “*Brassica rapa*” Using SRAP--Sequence-Related Amplified Polymorphism DNA Fingerprinting: An Experiment for Use in a College Biology Course. **Bioscene: Journal of College Biology Teaching**, 47(1), 59-63.
- Eid, E. M., Shaltout, K. H., Moghanm, F. S., Youssef, M. S., El-Mohsnawy, E., and Haroun, S. A., 2019. Bioaccumulation and translocation of nine heavy metals by *Eichhornia crassipes* in Nile Delta, Egypt: perspectives for phytoremediation. **International journal of phytoremediation**, 21(8), 821-830.
- Ejaz, A., Ahmad, K., Khan, Z. I., Akhtar, S., Sultana, R., Nadeem, M., ... and Elshikh, M. S., 2022. Assessment of cobalt in wheat grains as affected by diverse fertilizers: implications for public health. **Environmental Science and Pollution Research**, 29(23), 34558-34574.
- El-Amier, Y. A., Bonanomi, G., Al-Rowaily, S. L., and Abd-ElGawad, A. M., 2020. Ecological risk assessment of heavy metals along three main drains in Nile Delta and potential phytoremediation by macrophyte plants. **Plants**, 9(7), 910-928.
- Eldiehy, K. S., Bardhan, P., Borah, D., Gohain, M., Rather, M. A., Deka, D., and Mandal, M., 2022. A comprehensive review on microalgal biomass production and processing for biodiesel production. **Fuel**, 324, 124773.
- El Omari, R., Rueda-López, M., Avila, C., Crespillo, R., Nhiri, M., and Cánovas, F. M., 2010. Ammonium tolerance and the regulation of two cytosolic glutamine synthetases in the roots of sorghum. **Functional Plant Biology**, 37(1), 55-63.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), **National Recommended Water Quality Criteria**, United States, 2004. Available at: <http://water.epa.gov/>.
- Erikson, K. M., and Aschner, M., 2019. Manganese: its role in disease and health. **Met Ions Life Sci**, 19, 253-266.
- Fang, X., Peng, B., Wang, X., Song, Z., Zhou, D., Wang, Q., ... and Tan, C., 2019. Distribution, contamination and source identification of heavy metals in bed sediments from the lower reaches of the Xiangjiang River in Hunan province, China. **Science of the Total Environment**, 689, 557-570.
- Farhat, H. I., 2019. Impact of drain effluent on surficial sediments in the Mediterranean Coastal Wetland: Sedimentological characteristics and metal pollution status at Lake Manzala, Egypt. **Journal of Ocean University of China**, 18(4), 834-848.
- Farhat, S. M., and Ali, M., 2020. Concentration of Aluminum in Drinking Water of Pakistan and Its Implications on Human Health. **Life and Science**, 1(2), 1-5.

- Fatima, H., Tahir, M., and Saleem, M. A., 2021. Evaluating the effect of foliar applied manganese, iron, zinc and boron at different growth stages of Mash bean [*Vigna mungo* (L.) Hepper]. **Journal of Pure and Applied Agriculture**, 6(2), 34-42.
- Ferreira, L. M., Cunha-Oliveira, T., Sobral, M. C., Abreu, P. L., Alpoim, M. C. and Urbano, A. M., 2019. Impact of carcinogenic chromium on the cellular response to proteotoxic stress. **International journal of molecular sciences**, 20(19), 4901.
- Ferreira, A. D., Queiroz, H. M., Barcellos, D., Otero, X. L., Nóbrega, G. N., Bernardino, Â. F., and Ferreira, T. O., 2022. Screening for natural manganese scavengers: Divergent phytoremediation potentials of wetland plants. **Journal of Cleaner Production**, 365, 132811.
- Ferreira, N., Henriques, B., Viana, T., Carvalho, L., Tavares, D., Pinto, J., ... and Pereira, E., 2023. Validation of a methodology to quantify macro, micro, and potentially toxic elements in food matrices. **Food Chemistry**, 404, 134669.
- Gajalakshmi, R., Chitdeshwari, T., Maragatham, S., and Ravikesavan, R., 2022. Seed priming with different levels and sources of zinc on the seed germination and seedling growth of barnyard millet (*Echinocola frumentacea*). **Journal of Applied and Natural Science**, 14(3), 876-884.
- Galeriani, T. M., Neves, G. O., Santos Ferreira, J. H., Oliveira, R. N., Oliveira, S. L., Calonego, J. C., and Crusciol, C. A. C., 2022. Calcium and Boron Fertilization Improves Soybean Photosynthetic Efficiency and Grain Yield. **Plants**, 11(21), 2937.
- Garcia-Ordiales, E., Esbrí, J. M., Covelli, S., López-Berdonces, M. A., Higuera, P. L., and Loredó, J., 2016. Heavy metal contamination in sediments of an artificial reservoir impacted by long-term mining activity in the Almadén mercury district (Spain). **Environmental Science and Pollution Research**, 23(7), 6024-6038.
- Garg, A., Yadav, B. K., Das, D. B., and Wood, P. J., 2022. Biomonitoring and Phytoremediation of Cr (VI) Contaminated Water: Study on Bioaccumulation and Morphological Responses in *Eichhornia crassipes*. **Journal of Environmental Engineering**, 148(12), 04022075.
- Gavrilescu, M., 2022. Enhancing phytoremediation of soils polluted with heavy metals. **Current Opinion in Biotechnology**, 74, 21-31.
- Genchi, G., Carocci, A., Lauria, G., Sinicropi, M. S., and Catalano, A., 2020. Nickel: Human health and environmental toxicology. **International journal of environmental research and public health**, 17(3), 679.
- Geng, G., Cakmak, I., Ren, T., Lu, Z., and Lu, J., 2021. Effect of magnesium fertilization on seed yield, seed quality, carbon assimilation and nutrient uptake of rapeseed plants. **Field Crops Research**, 264, 108082.
- Gerard, D. and Gray, S. K., 2015. Special issue on aluminium plasmonics. **Journal of Physics. D, Applied Physics**, 48(18).
- Glinska, S., Gapińska, M., Michlewska, S., Skiba, E., and Kubicki, J., 2016. Analysis of *Triticum aestivum* seedling response to the excess of zinc. **Protoplasma**, 253(2), 367-377.
- Goncalves, D. A., de Souza, I. D., Rosa, A. C. G., Melo, E. S. P., Goncalves, A. M. B., de Oliveira, L. C. S., and do Nascimento, V. A., 2019. Multi-wavelength calibration: determination of trace toxic elements in medicine plants by ICP OES. **Microchemical Journal**, 146, 381-386.
- Gu, C., Liu, Y., Liu, D., Li, Z., Mohamed, I., Zhang, R., ... and Chen, F., 2016. Distribution and ecological assessment of heavy metals in irrigation channel

- sediments in a typical rural area of south China. **Ecological Engineering**, 90, 466-472.
- Guo, Q., Majeed, S., Xu, R., Zhang, K., Kakade, A., Khan, A., ... and Li, X., 2019. Heavy metals interact with the microbial community and affect biogas production in anaerobic digestion: A review. **Journal of environmental management**, 240, 266-272.
- Gurbuz, O. A., 2020. Endemic fishes in transboundary river basins in Turkey. **Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences**, 3(2), 138-142.
- Hafez, R. M., El-Bana, M., Ibrahim, A. H., Bous, E. and Mahmoud, M., 2022. Efficacy of *Phragmites australis* in the removal of heavy metals from the contaminated El-Qabouty junction canal of Lake Manzala, Egypt. **Alfarama Journal of Basic and Applied Sciences**, 3(2), 253-272.
- Hairom, N. H. H., Soon, C. F., Mohamed, R. M. S. R., Morsin, M., Zainal, N., Nayan, N., ... and Harun, N. H., 2021. A review of nanotechnological applications to detect and control surface water pollution. **Environmental Technology and Innovation**, 24, 102032.
- Hale, R. L., Grimm, N. B., Vörösmarty, C. J., and Fekete, B., 2015. Nitrogen and phosphorus fluxes from watersheds of the northeast US from 1930 to 2000: Role of anthropogenic nutrient inputs, infrastructure, and runoff. **Global Biogeochemical Cycles**, 29(3), 341-356.
- Handa, N., Kohli, S. K., Sharma, A., Thukral, A. K., Bhardwaj, R., Abd_Allah, E. F. and Ahmad, P., 2019. Selenium modulates dynamics of antioxidative defence expression, photosynthetic attributes and secondary metabolites to mitigate chromium toxicity in *Brassica juncea* L. plants. **Environmental and Experimental Botany**, 161, 180-192.
- Hani, U., Mansoor, S., Hassan, M., and Farheen, J., 2020. Genotoxicity of heavy metals on mung bean (*Vigna radiata*) seedlings and its alleviation by priming with their lower concentrations. **Cytologia**, 85(3), 239-244.
- Harada, M., Honma, Y., Yoshizumi, T., Kumamoto, K., Oe, S., Harada, N. and Shibata, M., 2020. Idiopathic copper toxicosis: is abnormal copper metabolism a primary cause of this disease?. **Medical Molecular Morphology**, 53(1), 50-55.
- Hardestyariki, D., and Fitria, S., 2022. Effectiveness and Adaptability of Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) Mart. Solm in its Role in Reducing COD and BOD Levels in Petroleum Liquid Waste. **Journal of Ecological Engineering**, 23(5), 26-29.
- Hassan, M. U., Chattha, M. U., Khan, I., Chattha, M. B., Aamer, M., Nawaz, M., ... and Khan, T. A., 2019. Nickel toxicity in plants: reasons, toxic effects, tolerance mechanisms, and remediation possibilities—a review. **Environmental Science and Pollution Research**, 26(13), 12673-12688.
- Hedberg, Y. S., 2020. Chromium and leather: a review on the chemistry of relevance for allergic contact dermatitis to chromium. **Journal of Leather Science and Engineering**, 2(1), 1-15.
- Herlihy, J. H., Long, T. A., and McDowell, J. M., 2020. Iron homeostasis and plant immune responses: Recent insights and translational implications. **Journal of Biological Chemistry**, 295(39), 13444-13457.
- Higginson, W., Cobb, A., Tschierschke, A., and Dyer, F., 2022. The Role of Environmental Water and Reedbed Condition on the Response of *Phragmites australis* Reedbeds to Flooding. **Remote Sensing**, 14(8), 1868.

- Hossain, J., Khan, A., and Uddin, M. A., 2018. Antimicrobial efficacy and phytochemical analysis of three aquatic plant species in Bangladesh. **Bangladesh journal of microbiology**, 35(1), 7-11.
- Hosseini, S., Zare, N., Sheikhzadeh, P., and Abootalebi, S., 2022. The effect of nano-silicone on biochemical characteristics of European borage (*Borago officinalis* L.) under the cadmium stress. **Environmental Stresses in Crop Sciences**, 15(3), 817-829.
- Hossini, H., Shafie, B., Niri, A. D., Nazari, M., Esfahlan, A. J., Ahmadpour, M., ... and Hoseinzadeh, E., 2022. A comprehensive review on human health effects of chromium: insights on induced toxicity. **Environmental Science and Pollution Research**, 1-20.
- Huang, X., Wang, L., Zhu, S., Ho, S. H., Wu, J., Kalita, P. K., and Ma, F., 2018. Unraveling the effects of arbuscular mycorrhizal fungus on uptake, translocation, and distribution of cadmium in *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 149, 43-50.
- Huang, L., Wang, Q., Zhou, Q., Ma, L., Wu, Y., Liu, Q., ... and Feng, Y., 2020. Cadmium uptake from soil and transport by leafy vegetables: A meta-analysis. **Environmental Pollution**, 264, 114677.
- Huang, W. W., Chen, X. J., Fan, Y. R., and Li, Y. P., 2022. Management of Drinking Water Source in Rural Communities under Climate Change. **Journal of Environmental Informatics**, 39(2), 136-151.
- Huo, K., Shangguan, X., Xia, Y., Shen, Z. and Chen, C., 2020. Excess copper inhibits the growth of rice seedlings by decreasing uptake of nitrate. **Ecotoxicology and environmental safety**, 190, 110105.
- Hussein, Z. S., Hegazy, A. K., Mohamed, N. H., El-Desouky, M. A., Ibrahim, S. D., and Safwat, G., 2022. Eco-physiological response and genotoxicity induced by crude petroleum oil in the potential phytoremediator *Vinca rosea* L. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, 20(1), 1-21.
- Hyun, J., Yoon, C., and Kim, J. H., 2020. The report on the taxonomic characters, ecological risk and weed risk assessment of putative invasive alien plants which are designated in law by the Ministry of Environment in Korea as environmentally harmful species (II). **Korean Journal of Plant Resources**, 33(3), 200-219.
- Ibanez, T. B., Santos, L. F. D. M., Lapaz, A. D. M., Ribeiro, I. V., Ribeiro, F. V., Reis, A. R. D. and Heinrichs, R., 2020. Sulfur modulates yield and storage proteins in soybean grains. **Scientia Agricola**, 78.
- Idziak, K., Czakiert, T., Krzywanski, J., Zylka, A., Kozłowska, M., and Nowak, W., 2020. Safety and environmental reasons for the use of Ni-, Co-, Cu-, Mn-and Fe-based oxygen carriers in CLC/CLOU applications: An overview. **Fuel**, 268, 117245.
- Igbokwe, I. O., Igwenagu, E. and Igbokwe, N. A., 2019. Aluminium toxicosis: a review of toxic actions and effects. **Interdisciplinary toxicology**, 12(2), 45-70.
- Iqbal, M., Shahzad, R., Shahzad, R., Bilal, K., Qaisar, R., Nisar, A., ... and Bhatti, M., 2021. DNA fingerprinting of crops and its applications in the field of plant breeding. **J. Agric. Res**, 59(1), 13-28.
- Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M., and Islam, M. K., 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: a preliminary assessment of an urban river in a developing country. **Ecological Indicators**, 48, 282-291.

- Jabborova, D., Sulaymanov, K., Sayyed, R. Z., Alotaibi, S. H., Enakiev, Y., Azimov, A., ... and Datta, R., 2021. Mineral fertilizers improves the quality of turmeric and soil. **Sustainability**, 13(16), 9437.
- Jaiswal, A. K., Kumar, R., Thakur, A., Puri, P., Kumar, R. and Kanojia, R., 2019. Cobalt toxicity/poisoning with analytical aspects and its management. **Int J Med Lab Res**, 4(3), 29-36.
- Jamil, S., Shahzad, R., Iqbal, M. Z., Yasmeen, E., and Rahman, S. U., 2021. DNA fingerprinting and genetic diversity assessment of GM cotton genotypes for protection of plant breeders rights. **Int. J. Agric. Biol**, 25(4), 768-776.
- Jamshaid, M., Khan, A. A., Ahmed, K., and Saleem, M., 2018. Heavy metal in drinking water its effect on human health and its treatment techniques-a review. **Int. J. Biosci**, 12(4), 223-240.
- Jana, S., Datta, P., Das, H., Jaiswal, S., Ghosh, P. R., Lahiri, D., ... and Nandi, S. K., 2022. Copper and cobalt doped bioactive glass-fish dermal collagen electrospun mat triggers key events of diabetic wound healing in full-thickness skin defect model. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials**, 134, 105414.
- Jena, R. C., and Chand, P. K., 2022. DNA marker-based auditing of genetic diversity and population structuring of Indian mango (*Mangifera indica* L.) elites. **Genetic Resources and Crop Evolution**, 69(4), 1595-1626.
- Jiang, A., Gong, L., Ding, H. and Wang, M., 2021. Cancer mortality and long-term environmental exposure of cadmium in contaminated community based on a third retrospective cause of death investigation of residents living in the Guangdong Province from 2004 to 2005. **Biological trace element research**, 199(12), 4504-4515.
- Jucherski, A., Walczowski, A., Bugajski, P., Józwiakowski, K., Rodziewicz, J., Janczukowicz, W., ... and Mielcarek, A., 2022. Long-term operating conditions for different sorption materials to capture phosphate from domestic wastewater. **Sustainable Materials and Technologies**, 31, e00385.
- Jung, M. Y., Kang, J. H., Choi, Y. S., Lee, J. Y., and Park, J. S., 2019. Analytical features of microwave plasma-atomic emission spectrometry (MP-AES) for the quantitation of manganese (Mn) in wild grape (*Vitis coignetiae*) red wines: Comparison with inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES). **Food chemistry**, 274, 20-25.
- Justus Reymond, D., and Sudalaimuthu, K., 2023. Geospatial visualization and seasonal variation of heavy metals in river sediments. **Global Journal of Environmental Science and Management**, 9(2), 309-322.
- Kabata-Pendias, A., and Pendias, H., 2001. Trace Elements in Soils and Plants, 3rd ed. **CRC Press**: Boca Raton, New York, Washington, D.C. 1-432.
- Kang, M., Tian, Y., Zhang, H., and Lan, Q., 2020. Distribution, ecological risk assessment, and source identification of heavy metals in river sediments from Hai River and its Tributaries, Tianjin, China. **Water, Air, & Soil Pollution**, 231(2), 1-14.
- Karahan, F., Ozyigit, I. I., Saracoglu, I. A., Yalcin, I. E., Ozyigit, A. H., and Ilcim, A., 2020. Heavy metal levels and mineral nutrient status in different parts of various medicinal plants collected from eastern Mediterranean region of Turkey. **Biological Trace Element Research**, 197(1), 316-329.

- Karthika, K. S., Philip, P. S., and Neenu, S., 2020. Brassicaceae plants response and tolerance to nutrient deficiencies. **In The Plant Family Brassicaceae** (pp. 337-362). Springer, Singapore.
- Karouach, F., Ben Bakrim, W., Ezzariai, A., Sobeh, M., Kibret, M., Yasri, A., ... and Kouisni, L., 2022. A Comprehensive Evaluation of the Existing Approaches for Controlling and Managing the Proliferation of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*). **Frontiers in Environmental Science**, 9, 767871.
- Katiyar, S., 2011. Impact of tannery effluent with special reference to seasonal variation on physico-chemical characteristics of river water at Kanpur (UP), India. **J Environ Anal Toxicol**, 1(117), 4.
- Kaya, C., Ashraf, M., Alyemeni, M. N. and Ahmad, P., 2020. Nitrate reductase rather than nitric oxide synthase activity is involved in 24-epibrassinolide-induced nitric oxide synthesis to improve tolerance to iron deficiency in strawberry (*Fragaria × annassa*) by up-regulating the ascorbate-glutathione cycle. **Plant physiology and biochemistry**, 151, 486-499.
- Kayode, A. A., Akram, M., Laila, U., Al-Khashman, O. A., Omowumi, T., and Elbossaty, W. F. M., 2021. Biological implications of atmospheric and pedospheric levels of heavy metals. **Advances in Toxicology and Toxic Effects**, 5(1), 001-004.
- Khalilzadeh, R., Pirzad, A., Sepehr, E., Khan, S. and Anwar, S., 2022. Efficiency of *Phragmites australis* under different times of wastewater irrigation in the soil–plant–water system. **International Journal of Environmental Science and Technology**, 19(3), 1957-1976.
- Khan, M. Z. H., Hasan, M. R., Khan, M., Aktar, S., and Fatema, K., 2017. Distribution of heavy metals in surface sediments of the Bay of Bengal Coast. **Journal of Toxicology**, 2017, 1-7.
- Khan, S. R., Sharma, B., Chawla, P. A., and Bhatia, R. 2021. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES): a powerful analytical technique for elemental analysis. **Food Analytical Methods**, 15(3), 666-688.
- Khan, N. M., Khalil, T. M., Rehan, R., and Zeb, I., 2022. Phytoremediation of heavy metals from irrigation water—case study of Hayatabad Peshawar. **Pakistan Journal of Agricultural Research**, 35(1), 227-239.
- Khokhar, A., Sharma, V., Singh, M. J., Yousuf, A., Sandhu, P. S., Kumar, V., and Bhat, M. A., 2022. Effect of potassium and magnesium application on growth, yield and nutrient uptake of rainfed maize in the sub-montaneous region of Punjab, India. **Journal of Plant Nutrition**, 1-11.
- Khoury, L., and Al-Moufti, M. B., 2022. Selection of suitable aggregation function for estimation of water quality index for the Orontes River. **Ecological Indicators**, 142, 109290.
- Kilic, E., and Can, M. F., 2017. Determination of spatiotemporal variations in heavy metal concentration through Orontes River. **Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology**, 5(9), 1086-1093.
- Kim, Y. X., Kwon, M. C., Lee, S., Jung, E. S., Lee, C. H., and Sung, J., 2020. Effects of nutrient and water supply during fruit development on metabolite composition in tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L.) grown in magnesium excess soils. **Frontiers in plant science**, 11, 562399.
- Kohli, S. K., Handa, N., Bali, S., Khanna, K., Arora, S., Sharma, A., and Bhardwaj, R., 2019. Current scenario of Pb toxicity in plants: unraveling plethora of physiological

- responses. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, 249, 153-197.
- Kudikala, H., Jogam, P., Sirikonda, A., Mood, K., and Allini, V. R., 2020. In vitro micropropagation and genetic fidelity studies using SCoT and ISSR primers in *Annona reticulata* L.: an important medicinal plant. **Vegetos**, 33(3), 446-457.
- Kumar, A., and Prasad, M. N. V., 2018. Plant-lead interactions: transport, toxicity, tolerance, and detoxification mechanisms. **Ecotoxicology and environmental safety**, 166, 401-418.
- Kumar, V., Pandita, S., Sidhu, G. P. S., Sharma, A., Khanna, K., Kaur, P. and Setia, R., 2021. Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants: a comprehensive review. **Chemosphere**, 262, 127810.
- Kumar, P., Singh, S., Sharma, A., Kaur, G., Kaur, R., and Singh, A. N., 2021. *Arundo donax* L.: An overview on its traditional and ethnomedicinal importance, phytochemistry and pharmacological aspects. **Journal of Herbmed Pharmacology**, 10(3), 269-280.
- Kumari, V. V., Banerjee, P., Verma, V. C., Sukumaran, S., Chandran, M. A. S., Gopinath, K. A., ... and Awasthi, N. K., 2022. Plant nutrition: An effective way to alleviate abiotic stress in agricultural crops. **International Journal of Molecular Sciences**, 23(15), 8519.
- Lakhani, S., Acharya, D., Sakariya, R., Sharma, D., Patel, P., Shah, M., and Prajapati, M., 2022. A comprehensive study of bioremediation for pharmaceutical wastewater treatment. **Cleaner Chemical Engineering**, 4, 100073.
- Landi, M., Tattini, M., and Gould, K. S., 2015. Multiple functional roles of anthocyanins in plant-environment interactions. **Environmental and Experimental Botany**, 119, 4-17.
- Leghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., HafeezLaghari, A., MustafaBhabhan, G., HussainTalpur, K., ... and Lashari, A. A., 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. **Advances in Environmental Biology**, 10(9), 209-219.
- Levina, A. and Lay, P. A., 2008. Chemical properties and toxicity of chromium (III) nutritional supplements. **Chemical research in toxicology**, 21(3), 563-571.
- Leyssens, L., Vinck, B., Van Der Straeten, C., Wuyts, F. and Maes, L., 2017. Cobalt toxicity in humans, A review of the potential sources and systemic health effects. **Toxicology**, 387, 43-56.
- Li, J., Du, Z., Zou, C. B., Dai, Z., Du, D. and Yan, C., 2018. The mutual restraint effect between the expansion of *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb and cadmium mobility in aquatic environment. **Ecotoxicology and environmental safety**, 148, 237-243.
- Li, Z., Jiang, H., Qin, Y., Yan, H., Jiang, X., and Qin, Y., 2021. Nitrogen deficiency maintains the yield and improves the antioxidant activity of *Coreopsis tinctoria* Nutt. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, 85(6), 1492-1505.
- Liang, J., Liu, Z., Tian, Y., Shi, H., Fei, Y., Qi, J., and Mo, L., 2023. Research on health risk assessment of heavy metals in soil based on multi-factor source apportionment: A case study in Guangdong Province, China. **Science of The Total Environment**, 858, 159991.
- Liang, R. Z., Gu, Y. G., Li, H. S., Han, Y. J., Niu, J., Su, H., ... and Jiang, S. J., 2023a. Multi-index assessment of heavy metal contamination in surface sediments of the Pearl River estuary intertidal zone. **Marine Pollution Bulletin**, 186, 114445.

- Lin, C. Y., Ali, B. N. M., Tair, R., Musta, B., Abdullah, M. H., Cleophas, F., ... and Yusoff, I., 2022. Distance impacts toxic metals pollution in mining affected river sediments. **Environmental Research**, 214, 113757.
- Lischka, A., Lacoue-Labarthe, T., Bustamante, P., Piatkowski, U., and Hoving, H. J. T., 2020. Trace element analysis reveals bioaccumulation in the squid *Gonatus fabricii* from polar regions of the Atlantic Ocean. **Environmental Pollution**, 256, 113389.
- Liu, M., Han, Z. and Yang, Y., 2019. Accumulation, temporal variation, source apportionment and risk assessment of heavy metals in agricultural soils from the middle reaches of Fenhe River basin, North China. **RSC advances**, 9(38), 21893-21902.
- Liu, S., Pan, G., Zhang, Y., Xu, J., Ma, R., Shen, Z., and Dong, S., 2019a. Risk assessment of soil heavy metals associated with land use variations in the riparian zones of a typical urban river gradient. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 181, 435-444.
- Liu, D., 2021. Root developmental responses to phosphorus nutrition. **Journal of Integrative Plant Biology**, 63(6), 1065-1090.
- Lopez Ponte, W. M., Zamora Talaverano, N., Oscanoa Huaynate, A., Cafferata, E. A., and Cervantes Gallegos, M., 2022. Efficiency of microalgae cultures for nutrient removal from domestic wastewater. **Advances in Environmental Technology**, 8(1), 73-81.
- Lorrai, R., and Ferrari, S., 2021. Host Cell Wall Damage during Pathogen Infection: Mechanisms of Perception and Role in Plant-Pathogen Interactions. **Plants**, 2021, 10, 399.
- Lyu, X., Liu, Y., Li, N., Ku, L., Hou, Y., and Wen, X., 2022. Foliar applications of various nitrogen (N) forms to winter wheat affect grain protein accumulation and quality via N metabolism and remobilization. **The Crop Journal**, 10(4), 1165-1177.
- Ma, S., Khayatnezhad, M., and Minaeifar, A. A., 2021. Genetic diversity and relationships among *Hypericum* L. species by ISSR Markers: A high value medicinal plant from Northern of Iran. **Caryologia**, 74(1), 97-107.
- Majdoub, N., el Guendouz, S., Carlier, J., Costa, C., Guerrero, C. A. C., Duarte, J., and Migue, M. G., 2021. Leaf mineral element content and soil characteristics on in vitro antioxidant and enzymatic inhibitory activities of aqueous fennel extracts. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 73-86.
- Majumdar, S., Long, R. W., Kirkwood, J. S., Minakova, A. S., and Keller, A. A., 2021. Unraveling metabolic and proteomic features in soybean plants in response to copper hydroxide nanowires compared to a commercial fertilizer. **Environmental Science & Technology**, 55(20), 13477-13489.
- Mahdiani, S., Omidkhoda, N., Heidari, S., Hayes, A. W., and Karimi, G., 2022. Protective effect of luteolin against chemical and natural toxicants by targeting NF- κ B pathway. **BioFactors**, 48(4), 744-762.
- Malik, M., Chan, K. H., and Azimi, G., 2021. Quantification of nickel, cobalt, and manganese concentration using ultraviolet-visible spectroscopy. **RSC advances**, 11(45), 28014-28028.
- Manniello, C., Cillis, G., Statuto, D., Di Pasquale, A., and Picuno, P., 2022. Concrete Blocks Reinforced with *Arundo donax* Natural Fibers with Different Aspect Ratios for Application in Bioarchitecture. **Applied Sciences**, 12(4), 2167.

- Marcotuli, I., Colasuonno, P., Hsieh, Y. S., Fincher, G. B., and Gadaleta, A., 2020. Non-starch polysaccharides in durum wheat: a review. **International journal of molecular sciences**, 21(8), 2933.
- Maredova, N., Altman, J., and Kaštovský, J., 2021. The effects of macrophytes on the growth of bloom-forming cyanobacteria: Systematic review and experiment. **Science of The Total Environment**, 792, 148413.
- Marengo, M., Fullgrabe, L., Fontaine, Q., Boissery, P., Cancemi, M., Lejeune, P., and Gobert, S., 2023. Ecological and human health risk assessment of potentially toxic element contamination in waters of a former asbestos mine (Canari, Mediterranean Sea): implications for management. **Environmental Monitoring and Assessment**, 195(1), 1-24.
- Martins, A. C., Krum, B. N., Queirós, L., Tinkov, A. A., Skalny, A. V., Bowman, A. B., and Aschner, M., 2020. Manganese in the diet: bioaccessibility, adequate intake, and neurotoxicological effects. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 68(46), 12893-12903.
- Massas, I., Kalivas, D., Ehaliotis, C., and Gasparatos, D., 2013. Total and available heavy metal concentrations in soils of the Thriassio plain (Greece) and assessment of soil pollution indexes. **Environmental Monitoring and Assessment**, 185(8), 6751-6766.
- Masullo, L. S., Derisso, V. D., Manarim, G. R., de Vicente Ferraz, A., Rocha, J. H. T., de Ávila, P. A., ... and de Moraes Goncalves, J. L., 2022. Modulation of structural carbohydrates, phenol compounds and lignin content in *Eucalyptus urophylla* cuttings grown under boron, copper and zinc induced-deficiency. **New Forests**, 53(2), 337-352.
- Matveeva, V. A., Alekseenko, A. V., Karthe, D., and Puzanov, A. V., 2022. Manganese Pollution in Mining-Influenced Rivers and Lakes: Current State and Forecast under Climate Change in the Russian Arctic. **Water**, 14(7), 1091.
- Maya, S., Prakash, T., Madhu, K. D. and Goli, D., 2016. Multifaceted effects of aluminium in neurodegenerative diseases: A review. **Biomedicine and Pharmacotherapy**, 83, 746-754.
- Meguekam, L. T., Zamfirache, M. M., Taffouo, V. D., and Jităreanu, C. D., 2022. Effect of sodium chloride on physiological, biochemical traits, and mineral nutrition inhibition of peanut varieties in large temperature fluctuations. **Plant Stress**, 6, 100123.
- Metsoviti, M. N., Katsoulas, N., Karapanagiotidis, I. T., and Papapolymerou, G., 2019. Effect of nitrogen concentration, two-stage and prolonged cultivation on growth rate, lipid and protein content of *Chlorella vulgaris*. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, 94(5), 1466-1473.
- Miah, M. R., Ijomone, O. M., Okoh, C. O., Ijomone, O. K., Akingbade, G. T., Ke, T., ... and Aschner, M., 2020. The effects of manganese overexposure on brain health. **Neurochemistry international**, 135, 104688.
- Milke, J., Gałczyńska, M., and Wróbel, J., 2020. The importance of biological and ecological properties of *Phragmites australis* Trin. Ex Steud., in phytoremediation of aquatic ecosystems—the review. **Water**, 12(6), 1770.
- Mills, C. T., and Goldhaber, M. B., 2012. Laboratory investigations of the effects of nitrification-induced acidification on Cr cycling in vadose zone material partially derived from ultramafic rocks. **Science of The Total Environment**, 435, 363-373.

- Mohan, I., Gorla, K., Dhar, S., Kothari, R., Bhau, B. S., and Pathania, D., 2021. Phytoremediation of heavy metals from the biosphere perspective and solutions. **Pollutants and Water Management: Resources, Strategies and Scarcity**, 95-127.
- Molina, L., and Segura, A., 2021. Biochemical and metabolic plant responses toward polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals present in atmospheric pollution. **Plants**, 10(11), 2305.
- Momenpour, A., Dehestani Ardakani, M., Shirmardi, M., Gholamnezhad, J., Ahmadi, F., and Jamaati, Z., 2022. Salinity tolerance evaluation of twelve selected pomegranate (*Punica granatum*) genotypes to achieve tolerant cultivars and rootstocks. **Journal of Horticulture and Postharvest Research**, 363-378.
- Mondal, S., and Bose, B., 2019. Impact of micronutrient seed priming on germination, growth, development, nutritional status and yield aspects of plants. **Journal of Plant Nutrition**, 42(19), 2577-2599.
- Moreno-Rubio, N., Ortega-Villamizar, D., Marimon-Bolívar, W., Bustillo-Lecompte, C., and Tejeda-Benítez, L. P., 2023. Potential of *Lemna minor* and *Eichhornia crassipes* for the phytoremediation of water contaminated with Nickel (II). **Environmental Monitoring and Assessment**, 195(1), 1-16.
- Moradi, S., Rasouli-Sadaghiani, M. H., Sepehr, E., Khodaverdiloo, H., and Barin, M., 2019. Soil nutrients status affected by simple and enriched biochar application under salinity conditions. **Environmental monitoring and assessment**, 191(4), 1-13.
- Muche, H., Mucheye, T., and Tadesse, D., 2020. Water quality and transpiration responses of *Eichhornia crassipes* at Lake Tana, Ethiopia. **Sustainable Water Resources Management**, 6(3), 1-7.
- Munene, R., Changamu, E., Korir, N. and Joseph, G. O., 2017. Effects of different nitrogen forms on growth, phenolics, flavonoids and antioxidant activity in amaranth species. **Trop. Plant Res**, 4(1), 81-89.
- Munir, N., Jahangeer, M., Bouyahya, A., El Omari, N., Ghchime, R., Balahbib, A., ... and Shariati, M. A., 2021. Heavy metal contamination of natural foods is a serious health issue: a review. **Sustainability**, 14(1), 161.
- Nabaei, M., and Amooaghaie, R., 2019. Interactive effect of melatonin and sodium nitroprusside on seed germination and seedling growth of *Catharanthus roseus* under cadmium stress. **Russian Journal of Plant Physiology**, 66(1), 128-139.
- Nabi, M., 2021. Heavy metals accumulation in aquatic macrophytes from an urban lake in Kashmir Himalaya, India. **Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management**, 16, 100509.
- Nabuyanda, M. M., Kelderman, P., van Bruggen, J., and Irvine, K., 2022. Distribution of the heavy metals Co, Cu, and Pb in sediments and *Typha* spp. and *Phragmites mauritianus* in three Zambian wetlands. **Journal of Environmental Management**, 304, 114133.
- Naifar, I., Pereira, F., Zmemla, R., Bouaziz, M., Elleuch, B., and Garcia, D., 2018. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in marine sediments of the southern coast of Sfax, Gabes Gulf, Tunisia. **Marine Pollution Bulletin**, 131, 53-62.
- Najmi, A., Javed, S. A., Al Bratty, M., and Alhazmi, H. A., 2022. Modern approaches in the discovery and development of plant-based natural products and their analogues as potential therapeutic agents. **Molecules**, 27(2), 349.

- Naqqash, T., Aziz, A., Babar, M., Hussain, S. B., Haider, G., Shahid, M., ... and Radicetti, E., 2022. Lead-Resistant *Morganella morganii* Rhizobacteria Reduced Lead Toxicity in *Arabidopsis thaliana* by Improving Growth, Physiology, and Antioxidant Activities. **Agriculture**, 12(8), 1155.
- Natasha, N., Shahid, M., Bibi, I., Iqbal, J., Khalid, S., Murtaza, B., ... and Arshad, M., 2022. Zinc in soil-plant-human system: A data-analysis review. **Science of The Total Environment**, 808, 152024.
- Navedullah, Hashmi, M. Z., Yu, C., Shen, H., Duan, D., Shen, C., Lou, L., and Chen, Y., 2013. Risk assessment of heavy metals pollution in agricultural soils of siling reservoir watershed in Zhejiang province, China. **BioMed Research International**, 2013, 1-10.
- Nawrot, N., and Wojciechowska, E., 2018. Assessment of trace metals leaching during rainfall events from building rooftops with different types of coverage—case study. **Journal of Ecological Engineering (Inżynieria Ekologiczna)**, 19(3), 45-51.
- Nawrot, N., Wojciechowska, E., Rezaia, S., Walkusz-Miotk, J., Pazdro, K., 2020. The effects of urban vehicle traffic on heavy metal contamination in road sweeping waste and bottom sediments of retention tanks. **Science of The Total Environment**, 749, 141511.
- Nawrot, N., Wojciechowska, E., Pazdro, K., Szmagliński, J., and Pempkowiak, J., 2021. Uptake, accumulation, and translocation of Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, and Cr by *P. australis* seedlings in an urban dredged sediment mesocosm: Impact of seedling origin and initial trace metal content. **Science of The Total Environment**, 768, 144983.
- Nayak, S. S., Pradhan, S., Sahoo, D., and Parida, A., 2020. De novo transcriptome assembly and analysis of *Phragmites karka*, an invasive halophyte, to study the mechanism of salinity stress tolerance. **Scientific Reports**, 10(1), 1-12.
- Nezbrytska, I., Usenko, O., Konovets, I., Leontieva, T., Abramiuk, I., Goncharova, M., and Bilous, O., 2022. Potential Use of Aquatic Vascular Plants to Control Cyanobacterial Blooms: A Review. **Water**, 14(11), 1727.
- Nguyen, T. Q., Sesin, V., Kisiala, A., and Emery, R. N., 2021. Phytohormonal roles in plant responses to heavy metal stress: Implications for using macrophytes in phytoremediation of aquatic ecosystems. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 40(1), 7-22.
- Niemeier, R. T., Maier, A., and Reichard, J. F., 2022. Rapid review of dermal penetration and absorption of inorganic lead compounds for occupational risk assessment. **Annals of work exposures and health**, 66(3), 291-311.
- Nkrumah, F. K., Acheampong, M. A., Ansah, E. D. O., and Adiyiah, J., 2013. Wastewater quality assessment of a petroleum refinery in Ghana. **Journal of Environmental Science and Engineering, B2: Formerly part of Environmental Science and Engineering**, 514–520.
- Noor, S., Muhammad, A., Shahazad, A., Hussain, I., Zeshan, M., Ali, K., ... and Ali, G. M., 2022. Inter Simple Sequence Repeat-Based Genetic Divergence and Varietal Identification of Banana in Pakistan. **Agronomy**, 12(12), 2932.
- Nwamo, R. D., Ajonina, G. N., Pride Ndasi Ngwasiri, B. F., Moudingo, E. J. H., and Bamenda, P. O., 2022. Problems of Invasive Species of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) in Cameroon with Special Reference to Its

- Eradication and Valorization: A Bibliographical Review. **Energy and Environment Research**, 12(1), 1-56.
- Nyantakyi, A. J., Akoto, O., and Fei-Baffoe, B., 2019. Seasonal variations in heavy metals in water and sediment samples from River Tano in the Bono, Bono East, and Ahafo Regions, Ghana. **Environmental Monitoring and Assessment**, 191(9), 1-14.
- Obarska-Pempkowiak, H., Gajewska, M., Wojciechowska, E., and Pempkowiak, J., 2015. Treatment wetlands for environmental pollution control (p. 169). New York, NY, USA: **Springer International Publishing**.
- Odemis, B., and Sangun, M. K., 2007. Temporal Variations in Water Quantity and Quality of. **Asian Journal of Chemistry**, 19(1), 711-723.
- Ozdilek, H., and Sangun, M., 2007. Monitoring surface water quality of Asi river during the 2006 Muslim Sacrifice Holiday. **Asian Journal of Chemistry**, 19(1):701-705.
- Ozturk, M., Metin, M., Altay, V., Kawano, T., Gul, A., Unal, B. T., ... and Shahzadi, A., 2023. Aluminum Toxicity: A Case Study on Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). **Phyton-International Journal of Experimental Botany**, 92(1), 165-192.
- Ozyigit, I. I., Kaval, A., Altundag Cakir, E., and Vardar, F., 2019. DNA fingerprinting and assessment of some physiological changes in Al-induced *Bryophyllum daigremontianum* clones. **Molecular biology reports**, 46(3), 2703-2711.
- Ozyigit, I. I., Karahan, F., Yalcin, I. E., Hocaoglu-Ozyigit, A., and Ilcim, A., 2022. Heavy metals and trace elements detected in the leaves of medicinal plants collected in the southeast part of Turkey. **Arabian Journal of Geosciences**, 15(1), 1-21.
- Panagos, P., Ballabio, C., Lugato, E., Jones, A., Borrelli, P., Scarpa, S., ... and Montanarella, L., 2018. Potential sources of anthropogenic copper inputs to European agricultural soils. **Sustainability**, 10(7), 2380.
- Pandey, J., and Singh, R., 2017. Heavy metals in sediments of Ganga River: up-and downstream urban influences. **Applied Water Science**, 7(4), 1669-1678.
- Pasichna, O. O., Gorbatiuk, L. O., and Godlevska, O. O., 2021. Regularities of the Accumulation of Heavy Metals by Aquatic Macrophytes and Prospects of Their Use for Biomonitoring and Phytoremediation. **Hydrobiological Journal**, 57(1), 64-77.
- Pathak, J., Ahmed, H., Kumari, N., Pandey, A., and Sinha, R. P., 2020. Role of calcium and potassium in amelioration of environmental stress in plants. **Protective Chemical Agents in the Amelioration of Plant Abiotic Stress: Biochemical and Molecular Perspectives**, 535-562.
- Patra, D. K., Acharya, S., Pradhan, C. and Patra, H. K., 2021. Poaceae plants as potential phytoremediators of heavy metals and eco-restoration in contaminated mining sites. **Environmental Technology and Innovation**, 21, 101293.
- Pei, Y., Prepas-Strobeck, N. S., Payne, S. J., and She, Z., 2022. Considerations for new manganese analytical techniques for drinking water quality management. **AWWA Water Science**, 4(3), e1285.
- Peng, W. X., Yue, X., Chen, H., Ma, N. L., Quan, Z., Yu, Q., ... and Sonne, C., 2022. A Review of Plants Formaldehyde Metabolism: Implications for Hazardous Emissions and Phytoremediation. **Journal of Hazardous Materials**, 129304.
- Pereira, T. C. B., Campos, M. M. and Bogo, M. R., 2016. Copper toxicology, oxidative stress and inflammation using zebrafish as experimental model. **Journal of Applied Toxicology**, 36(7), 876-885.
- Peterson, P. M., Hosni, H. A., and Shams, E. K., 2020. A key to the grasses (Poaceae) of Egypt. **Webbia. Journal of Plant Taxonomy and Geography**, 75(2), 329-353.

- Petrini, R., Ghezzi, L., Arrighi, S., Genovesi, L., Frassi, C., and Pandolfi, L., 2022. Trace Elements in Soil and Urban Groundwater in an Area Impacted by Metallurgical Activity: Health Risk Assessment in the Historical Barga Municipality (Tuscany, Italy). **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(20), 13419.
- Petrov, D. S., Korotaeva, A. E., Pashkevich, M. A., and Chukaeva, M. A., 2023. Assessment of heavy metal accumulation potential of aquatic plants for bioindication and bioremediation of aquatic environment. **Environmental Monitoring and Assessment**, 195(1), 1-15.
- Philpott, C. C., 2018. The flux of iron through ferritin in erythrocyte development. **Current opinion in hematology**, 25(3), 183.
- Pillay, L., 2020. Simple experiment assisting students with identification of spectral interference and selection emission lines for ICP-OES analysis using soil samples. **Journal of Chemical Education**, 97(5), 1460-1464.
- Pohanka, M., 2019. Copper and copper nanoparticles toxicity and their impact on basic functions in the body. **Bratisl Lek Listy**, 120(6), 397-409.
- Poirier, Y., Jaskolowski, A., and Clúa, J., 2022. Phosphate acquisition and metabolism in plants. **Current Biology**, 32(12), R623-R629.
- Polutchko, S. K., Glime, G. N., and Demmig-Adams, B., 2021. Synergistic action of membrane bound and water soluble antioxidants in neuroprotection. **Molecules**, 26(17), 5385.
- Prica, M., Andrejić, G., Šinžar-Sekulić, J., Rakić, T. and Dželetović, Ž., 2019. Bioaccumulation of heavy metals in common reed (*Phragmites australis*) growing spontaneously on highly contaminated mine tailing ponds in Serbia and potential use of this species in phytoremediation. **Botanica Serbica**, 43(1), 85-95.
- Putra, R. S., and Hastika, F. Y., 2018. Removal of heavy metals from leachate using electro-assisted phytoremediation (EAPR) and up-take by water hyacinth (*Eichornia crassipes*). **Indonesian Journal of Chemistry**, 18(2), 306-312.
- Raj, A., Jhariya, M. K., Khan, N., and Banerjee, A., 2022. Bioremediation of Problematic Soil for Sustainability. **Microbial Biotechnology: Role in Ecological Sustainability and Research**, 201-223.
- Rashedy, A. A., Abd-ElNafea, M. H., and Khedr, E. H., 2022. Co-application of proline or calcium and humic acid enhances productivity of salt stressed pomegranate by improving nutritional status and osmoregulation mechanisms. **Scientific Reports**, 12(1), 1-10.
- Rehan, I., Gondal, M. A., Aldakheel, R. K., Almessiere, M. A., Rehan, K., Khan, S., ... and Khan, M. Z., 2022. Determination of nutritional and toxic metals in black tea leaves using calibration free LIBS and ICP: AES technique. **Arabian Journal for Science and Engineering**, 47(6), 7531-7539.
- Rezania, S., Park, J., Rupani, P. F., Darajeh, N., Xu, X., and Shahrokhishahraki, R., 2019. Phytoremediation potential and control of *Phragmites australis* as a green phytomass: an overview. **Environmental Science and Pollution Research**, 26(8), 7428-7441.
- Riedo, J., Herzog, C., Banerjee, S., Fenner, K., Walder, F., Van der Heijden, M. G., and Bucheli, T. D., 2022. Concerted Evaluation of Pesticides in Soils of Extensive Grassland Sites and Organic and Conventional Vegetable Fields Facilitates the Identification of Major Input Processes. **Environmental science and technology**, 56(19), 13686-13695.

- Rodrigues, V. A., Crusciol, C. A. C., Bossolani, J. W., Moretti, L. G., Portugal, J. R., Mundt, T. T., ... and Lollato, R. P., 2021. Magnesium foliar supplementation increases grain yield of soybean and maize by improving photosynthetic carbon metabolism and antioxidant metabolism. **Plants**, 10(4), 797.
- Rufchaei, R., Abbas-Mohammadi, M., Mirzajani, A., and Nedaei, S., 2022. Evaluation of the Chemical Compounds and Antioxidant and Antimicrobial Activities of the Leaves of *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth). **Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products**, 17(1), e101436.
- Sabir, M., Baltrėnaitė-Gedienė, E., Ditta, A., Ullah, H., Kanwal, A., Ullah, S., and Faraj, T. K., 2022. Bioaccumulation of heavy metals in a soil–plant system from an open dumpsite and the associated health risks through multiple routes. **Sustainability**, 14(20), 13223.
- Sachdev, S., and Ahmad, S., 2021. Role of Nanomaterials in Regulating Oxidative Stress in Plants. In **Nanobiotechnology** (pp. 305-326). Springer, Cham.
- Saleem, M. H., Wang, X., Ali, S., Zafar, S., Nawaz, M., Adnan, M., ... and Ali, S., 2021. Interactive effects of gibberellic acid and NPK on morpho-physio-biochemical traits and organic acid exudation pattern in coriander (*Coriandrum sativum* L.) grown in soil artificially spiked with boron. **Plant Physiology and Biochemistry**, 167, 884-900.
- Saloner, A., and Bernstein, N., 2022. Effect of Potassium (K) Supply on Cannabinoids, Terpenoids and Plant Function in Medical Cannabis. **Agronomy**, 12(5), 1242.
- Sanajou, S., Sahin, G., and Baydar, T., 2021. Aluminium in cosmetics and personal care products. **Journal of Applied Toxicology**, 41(11), 1704-1718.
- Santoro, D. F., Sicilia, A., Testa, G., Cosentino, S. L. and Lo Piero, A. R., 2022. Global leaf and root transcriptome in response to cadmium reveals tolerance mechanisms in *Arundo donax* L. **BMC genomics**, 23(1), 1-18.
- Sardans, J., and Penuelas, J., 2021. Potassium control of plant functions: ecological and agricultural implications. **Plants**, 10(2), 419.
- Sardar, R., Ahmed, S., Shah, A. A., and Yasin, N. A., 2022. Selenium nanoparticles reduced cadmium uptake, regulated nutritional homeostasis and antioxidative system in *Coriandrum sativum* grown in cadmium toxic conditions. **Chemosphere**, 287, 132332.
- Sarma, H., Islam, N. F., Prasad, R., Prasad, M. N. V., Ma, L. Q., and Rinklebe, J., 2021. Enhancing phytoremediation of hazardous metal (loid) s using genome engineering CRISPR–Cas9 technology. **Journal of Hazardous Materials**, 414, 125493.
- Satarug, S., 2018. Dietary cadmium intake and its effects on kidneys. **Toxics**, 6(1), 15.
- Schillaci, M., Kehelpannala, C., Martinez-Seidel, F., Smith, P. M., Arsova, B., Watt, M., and Roessner, U., 2021. The metabolic response of brachypodium roots to the interaction with beneficial bacteria is affected by the plant nutritional status. **Metabolites**, 11(6), 358.
- Segarra, M. J., Szefer, P., Wilson, M. J., Bacon, J., and Bolalek, J., 2007. Chemical Forms and Distribution of Heavy Metals in Core Sediments from the Gdańsk Basin, Baltic Sea. **Polish Journal of Environmental Studies**, 16(4), 505-515.
- Sekar, R., Jin, X., Liu, S., Lu, J., Shen, J., Zhou, Y., ... and Li, W., 2021. Fecal Contamination and High Nutrient Levels Pollute the Watersheds of Wujiang, China. **Water**, 2021, 13, 457.

- Sentenac, H., Loyau, A., Leflaive, J., and Schmeller, D. S., 2022. The significance of biofilms to human, animal, plant and ecosystem health. **Functional Ecology**, 36(2), 294-313.
- Serafini, R. J. M., Arreghini, S., Troiani, H. E., and de Iorio, A. R. F., 2022. Copper, zinc, and chromium accumulation in aquatic macrophytes from a highly polluted river of Argentina. **Environmental Science and Pollution Research**, 1-14.
- Shahid, M., Shamshad, S., Rafiq, M., Khalid, S., Bibi, I., Niazi, N. K. and Rashid, M. I., 2017. Chromium speciation, bioavailability, uptake, toxicity and detoxification in soil-plant system: A review. **Chemosphere**, 178, 513-533.
- Shahid, M. A., Sarkhosh, A., Khan, N., Balal, R. M., Ali, S., Rossi, L., ... and Garcia-Sanchez, F., 2020. Insights into the physiological and biochemical impacts of salt stress on plant growth and development. **Agronomy**, 10(7), 938.
- Shahzad, H., Ullah, S., Iqbal, M., Bilal, H. M., Shah, G. M., Ahmad, S., ... and Ahmad, I., 2019. Salinity types and level-based effects on the growth, physiology and nutrient contents of maize (*Zea mays*). **Italian Journal of Agronomy**, 14(4), 199-207.
- Sharma, I., 2020. ICP-OES: an advance tool in biological research. **Open Journal of Environmental Biology**, 5(1), 027-033.
- Sharma, N., Singh, V. K., Lee, Y., Kumar, S., Rai, P. K., Pathak, A. K., and Singh, V. K., 2020. Analysis of mineral elements in medicinal plant samples using LIBS and ICP-OES. **At Spectrosc**, 41(6), 234-241.
- Shetty, R., Vidya, C. S. N., Prakash, N. B., Lux, A., and Vaculik, M., 2021. Aluminum toxicity in plants and its possible mitigation in acid soils by biochar: A review. **Science of the Total Environment**, 765, 142744.
- Shi, S. L., Lv, J. P., Liu, Q., Nan, F. R., Jiao, X. Y., Feng, J., and Xie, S. L., 2018. Application of *Phragmites australis* to remove phenol from aqueous solutions by chemical activation in batch and fixed-bed columns. **Environmental Science and Pollution Research**, 25(24), 23917-23928.
- Shi, Q., Luo, X., Huang, Z., Midgley, A. C., Wang, B., Liu, R. and Wang, K., 2019. Cobalt-mediated multi-functional dressings promote bacteria-infected wound healing. **Acta Biomaterialia**, 86, 465-479.
- Shil, S., and Singh, U. K., 2019. Health risk assessment and spatial variations of dissolved heavy metals and metalloids in a tropical river basin system. **Ecological Indicators**, 106, 105455.
- Siddiqui, E. and Pandey, J., 2019. Assessment of heavy metal pollution in water and surface sediment and evaluation of ecological risks associated with sediment contamination in the Ganga River: a basin-scale study. **Environmental Science and Pollution Research**, 26(11), 10926-10940.
- Sidhu, M. K., Raturi, H. C., Kachwaya, D. S., and Sharma, A., 2019. Role of micronutrients in vegetable production: A review. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, 8(1S), 332-340.
- Silva, F. L., Matos, W. O., and Lopes, G. S., 2015. Determination of cadmium, cobalt, copper, lead, nickel and zinc contents in saline produced water from the petroleum industry by ICP OES after cloud point extraction. **Analytical Methods**, 7(23), 9844-9849.
- Singh, M., Ansari, A. A., Müller, G., and Singh, I. B., 1997. Heavy metals in freshly deposited sediments of the Gomati River (a tributary of the Ganga River): effects of human activities. **Environmental Geology**, 29(3), 246-252.

- Singh, A. K., Meena, M. K., and Upadhyaya, A., 2012. Effect of sulphur and zinc on rice performance and nutrient dynamics in plants and soil of Indo Gangetic plains. **Journal of Agricultural Science**, 4(11), 162.
- Singh, N., Kumar, A., Gupta, V. K., and Sharma, B., 2018. Biochemical and molecular bases of lead-induced toxicity in mammalian systems and possible mitigations. **Chemical Research in Toxicology**, 31(10), 1009-1021.
- Singh, A., Bakshi, M., Brar, A. S., and Singh, S. K., 2019. Effect of micro-nutrients in Kinnow mandarin production: A review. **International Journal of Chemical Studies**, 7(3), 5161-5164.
- Singh, R., 2020. Calcium in plant biology: nutrient and second messenger. **International Journal of Biological Innovations**, 2(1), 31-35.
- Singh, D., Sharma, N. L., Singh, C. K., Yerramilli, V., Narayan, R., Sarkar, S. K. and Singh, I., 2021. Chromium (VI)-induced alterations in physio-chemical parameters, yield, and yield characteristics in two cultivars of mungbean (*Vigna radiata* L.). **Frontiers in plant science**, 2059.
- Singh, S., Paswan, S. K., Kumar, P., Singh, R. K., and Kumar, L., 2023. Heavy metal water pollution: an overview about remediation, removal and recovery of metals from contaminated water. **Metals in Water**, 263-284.
- Siuksta, R., Bondzinskaitė, S., Kleizaitė, V., Žvingila, D., Taraškevičius, R., Mockeliūnas, L., ... and Čėsniienė, T., 2019. Response of Tradescantia plants to oxidative stress induced by heavy metal pollution of soils from industrial areas. **Environmental Science and Pollution Research**, 26(1), 44-61.
- Srivastava, P., Bolan, N., Casagrande, V., Benjamin, J., Adejumo, S. A., and Sabir, M., 2022. Cobalt in soils: sources, fate, bioavailability, plant uptake, remediation, and management. **In Appraisal of Metal (Loids) in the Ecosystem** (pp. 81-104). Elsevier.
- Souza, J. P., Boff, J. L., Rodrigues, L. F., Moraes, D. P., and Pereira, J. S. F., 2022. Microwave-induced combustion for petroleum coke digestion: a promising sample preparation strategy for subsequent elemental determination. **Analytical Methods**, 14(12), 1285-1290.
- Su, R., Wang, Y., Huang, S., Chen, R., and Wang, J., 2022. Application for ecological restoration of contaminated soil: **Phytoremediation**. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(20), 13124.
- Sulistyowati, L., Nurhasanah, N., Riani, E., and Cordova, M. R., 2023. Heavy metals concentration in the sediment of the aquatic environment caused by the leachate discharge from a landfill. **Global Journal of Environmental Science and Management**, 9(2), 323-336.
- Sun, W., Yu, J., Xu, X., Zhang, W., Liu, R., and Pan, J., 2014. Distribution and sources of heavy metals in the sediment of Xiangshan Bay. **Acta Oceanologica Sinica**, 33(4), 101-107.
- Stambulska, U. Y., Bayliak, M. M. and Lushchak, V. I., 2018. Chromium (VI) toxicity in legume plants: modulation effects of rhizobial symbiosis. **BioMed research international**, 2018.
- Stricker, A., Bergfeldt, T., Fretwurst, T., Addison, O., Schmelzeisen, R., Rothweiler, R., ... and Gross, C., 2022. Impurities in commercial titanium dental implants—A mass and optical emission spectrometry elemental analysis. **Dental Materials**, 38(8), 1395-1403.

- Stroppa, N., Onelli, E., Hejna, M., Rossi, L., Gagliardi, A., Bini, L., ... and Moscatelli, A., 2020. *Typha latifolia* and *Thelypteris palustris* behavior in a pilot system for the refinement of livestock wastewaters: A case of study. **Chemosphere**, 240, 124915.
- Suganya, A., Saravanan, A., and Manivannan, N., 2020. Role of zinc nutrition for increasing zinc availability, uptake, yield, and quality of maize (*Zea mays* L.) grains: An overview. **Commun. Soil Sci. Plant Anal**, 51(15), 2001-2021.
- SWQRT (**Surface Water Quality Regulations of Turkey**), 2015. Available at: <http://mevzuat.gov.tr/>.
- Tantray, A. Y., Hazzazi, Y., and Ahmad, A., 2022. Physiological, Agronomical, and Proteomic Studies Reveal Crucial Players in Rice Nitrogen Use Efficiency under Low Nitrogen Supply. **International Journal of Molecular Sciences**, 23(12), 6410.
- Tasdemir, M., and Goksu, Z. L., 2001. Asi Nehri'nin (Hatay, Türkiye) Bazı Su Kalite Özellikleri. **Su Ürünleri Dergisi**, 18(1-2): 55-64.
- Tian, X. Y., He, D. D., Bai, S., Zeng, W. Z., Wang, Z., Wang, M., ... and Chen, Z. C., 2021. Physiological and molecular advances in magnesium nutrition of plants. **Plant and Soil**, 468(1), 1-17.
- Timalsina, H., Gyawali, T., Ghimire, S. and Paudel, S. R., 2022. Potential application of enhanced phytoremediation for heavy metals treatment in Nepal. **Chemosphere**, 306, 135581.
- Tinkov, A. A., Gritsenko, V. A., Skalnaya, M. G., Cherkasov, S. V., Aaseth, J. and Skalny, A. V., 2018. Gut as a target for cadmium toxicity. **Environmental Pollution**, 235, 429-434.
- Turan, F., Eken, M., Ozyilmaz, G., Karan, S., and Uluca, H., 2020. Heavy metal bioaccumulation, oxidative stress and genotoxicity in African catfish *Clarias gariepinus* from Orontes river. **Ecotoxicology**, 29(9), 1522-1537.
- Turkmen, M., and Caliskan, E., 2011. Seasonal and spatial distributions of the metals in the water from the River Asi in Southern East Mediterranean Area of Turkey. **Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi**, 2(1), 35-42.
- Ullah, N., Ansir, R., Muhammad, W., and Jabeen, S., 2020. Mechanistic approaches and current trends in the green synthesis of cobalt oxide nanoparticles and their applications. **Asian Journal of Green Chemistry**, 4(3), 340-354.
- Vincent, J. B., 2017. New evidence against chromium as an essential trace element. **The Journal of nutrition**, 147(12), 2212-2219.
- Vincent, J. B. (2019). Effects of chromium supplementation on body composition, human and animal health, and insulin and glucose metabolism. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, 22(6), 483-489.
- Wakeel, A., Ali, I., Wu, M., Kkan, A. R., Jan, M., Ali, A. and Gan, Y., 2019. Ethylene mediates dichromate-induced oxidative stress and regulation of the enzymatic antioxidant system-related transcriptome in *Arabidopsis thaliana*. **Environmental and experimental botany**, 161, 166-179.
- Wang, X., and Song, N., 2019. An improved biotic ligand model (BLM) for predicting Co (II)-toxicity to wheat root elongation: The influences of toxic metal speciation and accompanying ions. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 182, 109433.
- Wang, H. Q., Sun, L. P., Wang, L. X., Fang, X. W., Li, Z. Q., Zhang, F. F., ... and He, J. M., 2020. Ethylene mediates salicylic-acid-induced stomatal closure by controlling reactive oxygen species and nitric oxide production in *Arabidopsis*. **Plant Science**, 294, 110464.

- Wang, B., Wang, Y., Sun, Y., Yu, L., Lou, Y., Fan, X., ... and Xu, G., 2022. Watermelon responds to organic fertilizer by enhancing root-associated acid phosphatase activity to improve organic phosphorus utilization. **Journal of Plant Physiology**, 279, 153838.
- Wang, F., Wang, F., Yang, H., Yu, J., and Ni, R., 2023. Ecological risk assessment based on soil adsorption capacity for heavy metals in Taihu basin, China. **Environmental Pollution**, 316, 120608.
- Warrier, R. R., Joshi, G., and Arunkumar, A. N., 2019. DNA fingerprinting in industrially important medicinal trees. **Ann Phytomed**, 8(1), 19-35.
- Weerahewa, J., and Dayananda, D., 2023. Land use changes and economic effects of alternative fertilizer policies: A simulation analysis with a bio-economic model for a Tank Village of Sri Lanka. **Agricultural Systems**, 205, 103563.
- Wu, Z., Chen, Y., Yang, Z., Liu, Y., Zhu, Y., Tong, Z., and An, R., 2022. Spatial distribution of lead concentration in peri-urban soil: Threshold and interaction effects of environmental variables. **Geoderma**, 116193.
- Xian, C., Ouyang, Z., Li, Y., Xiao, Y., and Ren, Y., 2016. Variation in nitrate isotopic signatures in sewage for source apportionment with urbanization: a case study in Beijing, China. **Environmental Science and Pollution Research**, 23(22), 22871-22881.
- Xiao, F., Liu, Z., Liang, T., Yang, R., Li, J., and Luo, P. 2021. Establishing the interface layer on the aluminum surface through the self-assembly of tannic acid (TA): Improving the ignition and combustion properties of aluminum. **Chemical Engineering Journal**, 420, 130523.
- Xie, L., Jespersen, E., Ye, S., Pei, L., Song, H., Guo, X., ... and Eller, F., 2021. Intraspecific differences of Asian/Australian *Phragmites australis* subgroups reveal no potentially invasive traits. **Hydrobiologia**, 848(14), 3331-3351.
- Xu, T., Nan, F., Jiang, X., Tang, Y., Zeng, Y., Zhang, W. and Shi, B., 2020. Effect of soil pH on the transport, fractionation, and oxidation of chromium (III). **Ecotoxicology and environmental safety**, 195, 110459.
- Xu, Z., Xu, X., Yu, Y., Yao, C., Tsang, D. C. and Cao, X., 2021. Evolution of redox activity of biochar during interaction with soil minerals: Effect on the electron donating and mediating capacities for Cr (VI) reduction. **Journal of Hazardous Materials**, 414, 125483.
- Xu, J., Zhang, R., Xie, X., Ma, Z., Liu, J., and Wang, X., 2022. Copper accumulation process and rhizosphere mechanism under different water conditions in riparian wetland of Poyang Lake, China. **Plant and Soil**, 1-16.
- Yadav, A., and Pandey, J., 2017. Contribution of point sources and non-point sources to nutrient and carbon loads and their influence on the trophic status of the Ganga River at Varanasi, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, 189(9), 1-19.
- Yalcin, I. E., Ozyigit, I. I., Dogan, I., Demir, G., and Yarci, C., 2020. Using the Turkish red pine tree to monitor heavy metal pollution. **Polish Journal of Environmental Studies**, 29(5), 3881-3889.
- Yang, J., Zheng, G., Yang, J., Wan, X., Song, B., Cai, W., and Guo, J., 2017. Phytoaccumulation of heavy metals (Pb, Zn, and Cd) by 10 wetland plant species under different hydrological regimes. **Ecological Engineering**, 107, 56-64.

- Yang, H., Wang, Z., Wang, J., Lv, B., Wu, Z., Tian, J., and Yang, J., 2021. Cadmium-induced oxidative stress and transcriptome changes in the wolf spider *Pirata subpiraticus*. **Science of The Total Environment**, 785, 147364.
- Yang, J., Sun, Y., Wang, Z., Gong, J., Gao, J., Tang, S., ... and Duan, Z., 2022. Heavy metal pollution in agricultural soils of a typical volcanic area: Risk assessment and source appointment. **Chemosphere**, 304, 135340.
- Yaashikaa, P. R., Kumar, P. S., Jeevanantham, S., and Saravanan, R., 2022. A review on bioremediation approach for heavy metal detoxification and accumulation in plants. **Environmental Pollution**, 119035.
- Yauger, Y. J., Bermudez, S., Moritz, K. E., Glaser, E., Stoica, B., and Byrnes, K. R., 2019. Iron accentuated reactive oxygen species release by NADPH oxidase in activated microglia contributes to oxidative stress in vitro. **Journal of Neuroinflammation**, 16(1), 1-15.
- Yilmaz, N., Ozyigit, I. I., Demir, H. H., and Yalcin, I. E., 2021. Assessment on phytoplankton composition and heavy metal pollution in a drinking water resource: Lake Terkos (Istanbul, Turkey). **Desalination and Water Treatment**, 225, 265-274.
- You, X., and Liu, J., 2018. Modeling the spatial and temporal dynamics of riparian vegetation induced by river flow fluctuation. **Ecology and Evolution**, 8(7), 3648-3659.
- Yousaf, M., Bashir, S., Raza, H., Shah, A. N., Iqbal, J., Arif, M., ... and Hu, C., 2021. Role of nitrogen and magnesium for growth, yield and nutritional quality of radish. **Saudi Journal of Biological Sciences**, 28(5), 3021-3030.
- Zafar-ul-Hye, M., Naeem, M., Danish, S., Khan, M. J., Fahad, S., Datta, R. and El-Esawi, M. A., 2020. Effect of cadmium-tolerant rhizobacteria on growth attributes and chlorophyll contents of bitter melon under cadmium toxicity. **Plants**, 9(10), 1386.
- Zahedi, S. M., Abolhassani, M., Hadian-Deljou, M., Feyzi, H., Akbari, A., Rasouli, F., ... and Gohari, G., 2022. Proline-functionalized graphene oxide nanoparticles (GO-Pro NPs): A new engineered nanoparticle to ameliorate salinity stress on grape (*Vitis vinifera* L. cv Sultana). **Plant Stress**, 100128.
- Zalyhina, V., Cheprasova, V., Belyaeva, V., and Romanovski, V., 2021. Pigments from spent Zn, Ni, Cu, and Cd electrolytes from electroplating industry. **Environmental Science and Pollution Research**, 28(25), 32660-32668.
- Zamora-Ledezma, C., Negrete-Bolagay, D., Figueroa, F., Zamora-Ledezma, E., Ni, M., Alexis, F., and Guerrero, V. H., 2021. Heavy metal water pollution: A fresh look about hazards, novel and conventional remediation methods. **Environmental Technology and Innovation**, 22, 101504.
- Zhang, F., Wang, X., Yin, D., Peng, B., Tan, C., Liu, Y., ... and Wu, S., 2015. Efficiency and mechanisms of Cd removal from aqueous solution by biochar derived from water hyacinth (*Eichornia crassipes*). **Journal of Environmental Management**, 153, 68-73.
- Zhang, Y., Wang, Y., Ding, Z., Wang, H., Song, L., Jia, S., and Ma, D., 2017. Zinc stress affects ionome and metabolome in tea plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, 111, 318-328.
- Zhang, S., Bai, J., Wang, W., Huang, L., Zhang, G. and Wang, D., 2018. Heavy metal contents and transfer capacities of *Phragmites australis* and *Suaeda salsa* in the Yellow River Delta, China. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, 104, 3-8.

- Zhang, Y., Hou, D., O'Connor, D., Shen, Z., Shi, P., Ok, Y. S., ... and Luo, M., 2019. Lead contamination in Chinese surface soils: Source identification, spatial-temporal distribution and associated health risks. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, 49(15), 1386-1423.
- Zhang, J., Chen, J., Huang, Q., MacKinnon, B., Nekouei, O., Liu, H. and St-Hilaire, S. (2021). Copper/Carbon Core/Shell Nanoparticles: a potential material to control the fish pathogen *Saprolegnia parasitica*. **Frontiers in Veterinary Science**, 8, 689085.
- Zhang, Q., Liu, H., Liu, F., Ju, X., Dinis, F., Yu, E., and Yu, Z., 2022. Source identification and superposition effect of heavy metals (HMs) in agricultural soils at a high geological background area of Karst: A case study in a typical watershed. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(18), 11374.
- Zhao, H., Guan, J., Liang, Q., Zhang, X., Hu, H. and Zhang, J., 2021. Effects of cadmium stress on growth and physiological characteristics of sassafras seedlings. **Scientific Reports**, 11(1), 1-11.
- Zhokhova, E. V., Rodionov, A. V., Povydysh, M. N., Goncharov, M. Y., Protasova, Y. A., and Yakovlev, G. P., 2019. Current state and prospects of DNA barcoding and DNA fingerprinting in the analysis of the quality of plant raw materials and plant-derived drugs. **Biology Bulletin Reviews**, 9(4), 301-314.
- Zhou, Y., and Zheng, Z., 2022. Genetic diversity and inter-relationship among *Stellaria* L. (Caryophyllaceae) species by ISSR markers. **Genetika**, 54(1), 119-130.
- Zhu, C., Yue, H., Chu, L., and Rueping, M., 2020. Recent advances in photoredox and nickel dual-catalyzed cascade reactions: pushing the boundaries of complexity. **Chemical Science**, 11(16), 4051-4064.
- Zhuang, Q., Li, G., and Liu, Z., 2018. Distribution, source and pollution level of heavy metals in river sediments from South China. **Catena**, 170, 386–396.
- Zucaro, A., Forte, A., Basosi, R., Fagnano, M., and Fierro, A., 2016. Life cycle assessment of second generation bioethanol produced from low-input dedicated crops of *Arundo donax* L. **Bioresource Technology**, 219, 589-599.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, lise öğrenimini Çapa Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamladı. Marmara Üniversitesi, Atatürk Eğitim Fakültesi, Biyoloji Eğitimi Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalından 2013 yılında Yüksek Lisans derecesiyle mezun oldu.

