



**6<sup>th</sup>** INTERNATIONAL EURASIAN CONFERENCE ON  
**BIOLOGICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**11 - 13 October 2023**  
**Ankara / Turkey**

**(EurasianBioChem2023)**

**[www.eurasianbiochem.org](http://www.eurasianbiochem.org)**

**PROCEEDING BOOK**

**(Abstracts and Full-Texts)**



**EurasianBioChem**

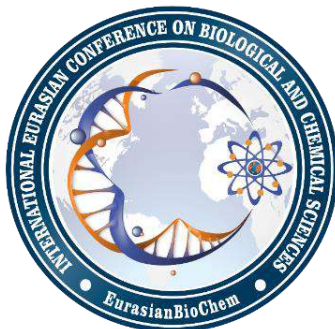


**ISBN : 978-605-72134-2-6**

# 6<sup>th</sup> International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2023)

October 11-13, 2023  
Ankara, Turkey  
www.EurasianBioChem.org

## PROCEEDING BOOK (Abstracts and Full-Texts)



### Editor

Prof. Dr. Muhittin DOĞAN

Copyright © 2023

ISBN: 978-605-72134-2-6

Publication Date: October 2023

### Organized by

Avrasya Araştırma Geliştirme Bilim ve Teknoloji Merkezi

All rights reserved. The right to publish this book belongs to EurasianBioChem 2023. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without permission. This Proceeding Book has been published as an electronic publication (e-book). Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

**Authors are responsible for the contents of their abstracts and full-text papers.**

Conference Web Page: [www.eurasianbiochem.org](http://www.eurasianbiochem.org)

E-mail: [info@eurasianbiochem.org](mailto:info@eurasianbiochem.org)

---

## ORAL PRESENTATION

### Ağır metaller ile kirletilmiş topraklarda yetişen semizotu bitkisinin fitoremediasyon potensiyeli üzerine bir ön çalışma

Elif Duyuşen Güven<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6046-7639>), Serpil Özmıhçı<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4817-7916>), Görkem Akıncı<sup>3</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6288-3812>), Egesu Acar (ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7617-1898>), Erva Nur Poyraz (ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3931-5778>), Atakan Şatır (ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6511-4055>)

<sup>\*1,2,3</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

\*Corresponding author e-mail: [duyusen.kokulu@gmail.com](mailto:duyusen.kokulu@gmail.com)

## Özet

Çalışmada, Portulacaceae familyasına ait semizotu bitkisinin ağır metaller ile kirletilmiş toprakta fitoremediasyon denemesini içermektedir. Çalışma, sonbahar mevsiminde sera koşullarında ve toprak organik madde içeriği %5 olacak şekilde saksı deneyleri şeklinde gerçekleştirilmiş, orta seviyede ağır metallerle kirli toprakta yetiştirilen semizotu bitkilerinin ağırlıkları ve bitkilerin yenilebilir kısımlarına aldığı metal konsantrasyonları değerlendirilmiştir. Birbirine paralel olarak hazırlanan kirli toprak saksılarında süreç sonucunda ortalama %40 oranında çimlenme gözlenirken, herhangi bir kirletici müdahalesi olmamış toprak içeren saksılarda bu oran ortalama %82 oranında gerçekleşmiştir. Serada 55 günlük deney süreci sonucunda, topraktan bitkiye ağır metal geçişleri Cr, Cu, Ni ve Zn için transfer katsayısı 1 den büyük olup, anlamlı bir biçimde geçişi ifade etmektedir. Özellikle hareketliliğinin yüksek olduğu bilinen Zn için bu değer bitki gelişiminin daha kuvvetli olduğu kontrol saksılarında 2,88 ile yüksek bir geçişe işaret etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** : Semizotu, ağır metal, fitoremediasyon, transfer katsayısı

## Abstract

The study includes a phytoremediation trial of purslane plant belonging to the Portulacaceae family in soil contaminated with heavy metals. The study was carried out in the form of pot experiments in greenhouse conditions in the autumn season with a soil organic matter content of 5%, and the weights of purslane plants grown in soil contaminated with moderate levels of heavy metals as well as the metal concentrations in the edible parts of the plants were evaluated. While an average of 40% germination rate was observed as a result of the process in contaminated soil pots prepared in parallel with each other, this rate was 82% on average in pots containing soil without any pollutant intervention. As a result of the 55-day experiment period in the greenhouse, the transfer coefficients for heavy metal transfers from soil to plants for Cr, Cu, Ni and Zn were found to be greater than 1, indicating a significant transfer from soil to plants. Especially for Zn, which is known to have high mobility, this value indicates a high transition with 2.88 in control pots where plant growth is stronger.

**Key words:** Purslane, heavy metal, phytoremediation, transfer coefficient

## GİRİŞ

Semizotu, *Portulacaceae* familyasına ait tek yıllık, çok yapraklı, sürünen otsu bir bitkidir. Semizotu diğer bitkilere göre yüksek oranda omega-3 yağ asitleri, B-kompleks vitaminleri içerir ve iyi bir C vitamini kaynağıdır. Semizotu demir, fosfor, bakır, çinko, magnezyum, kalsiyum, potasyum ve manganez gibi önemli mineraller açısından da önemli besin değeri olan bir sebzedir (Açak, 2017; Dweck 2001; Turan ve ark., 2003). Bitkinin yabani formları uzun yıllardan beri bilinmesine rağmen insan beslenmesindeki yeri ve önemi yeni yeni anlaşılmaya başlanmıştır. Türkiye'de semizotunun kültür formu ticari olarak Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde üretilmekte olup, yabani formları ise tüm bölgelerde çoğunlukla kullanılmaktadır (Eşiyok, 2012; Yurdağül, 2019). İlkbahar-yaz mevsiminde hızlı bir biçimde büyüdüğü bilinen bitkilerde kuru madde miktarı artmaktadır (Convington, 2004). Bitkinin en iyi gelişme gösterdiği mevsim erken ilkbahar olduğu için yetiştiriciliği genellikle bu dönemde yapılmaktadır. Kullanılan toprak kaliteli ve organik olursa semizotu da bir o kadar besleyici olmaktadır.



Semizotu literatürde pek çok çalışmada fitoremediasyon bitkisi olarak tanımlanabilmektedir. Yedagari tarafından 2017’de yapılan bir çalışmada (Güneybatı İran) semizotu bitkisinin nikel ve kadmiyumla kirlenmiş toprakta ağır metal ayırıcı bir ürün olarak performansı incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, nikelin düşük kadmiyum konsantrasyonu ile daha fazla bitki dokusuna geçtiği, toprakta kadmiyumun 20 mg/kg’dan fazla olmasının nikelin bitkiye taşınmasını azalttığı görülmüştür. Sonuçlar ayrıca *Portulaca oleracea* L. ekstraksiyon içeriğinin toprağın ağır metal özelliğinin farklılaşmasından önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Büyüme mevsimlerinde semizotunda 29,6-30,2 mg/kg kadmiyum ve 85,4- 86,1 mg/kg nikel görülmüştür. Ayrıca mevcut çalışmada aynı zamanda *P. oleracea* 'nin ekstraksiyon içeriğinin, nikelin hareketliliğinden etkilendiği ve nikel ile iletilen kadmiyumun toksisitesinin bitki dokularında mevcut olduğu görülmüştür. Bu çalışma yararlı ağır metallerin etkisi hakkında bilgi vermiş olması ve semizotu bitkisinin fitoremediasyon potansiyelini göstermesi bakımından önem taşımaktadır. Deepa ve ark. (2006), büyük ölçüde, birçok ağır metalin neden olduğu stres koşulları altında bitkilerin büyüme kapasitesinin incelenmesine odaklanmıştır. Araştırmacılar bitki büyümesini etkileyen metallerin toksite sırasını Cd>Cu>Al>Zn>Hg>Se>Pb olarak belirlemişlerdir. Eid ve Shaltout (2016), Mısır’ın kuzeyindeki Nil Deltası’ndaki kanalizasyon çamuru depolama alanında yetişen semizotu bitkisinin Zn ve Mn’yi aşırı biriktirebildiğini kanıtlamıştır.

Mısır’da gerçekleştirilen bir çalışmada, endüstriyel atıksuların toksik etkilerine maruz kalan tarım arazilerinde yetişen semizotu bitkisinin toprakta mevcut Mn(II), Cu(II), Zn(II), Fe(III) ve Pb(II) iyonlarını biriktirme kapasitesi incelenmiştir. Fitoremediasyon verimi zenginleşme faktörü (BCF) olarak Cu (II) için 7.4, Fe(III) için 2.06; Zn(II) için 4.33, Mn(II) için 2.06 ve Pb(II) için 3.89 olarak tespit edilmiştir. Biyoakümülyasyon faktörü (BF) ve translokasyon faktörleri denenilen topraklar ve metal iyonları için 1’in altında bulunmuştur (El-Shami et.al. , 2019).

Prabha v.d. (2015), çeşitli Se konsantrasyonlarında alfisol içinde yetiştirilen semiz otunun gövde kesimleri tarafından selenyum (Se) alımını ve birikimini araştırmışlardır. Hindistan’da gerçekleştirilen çalışmada, 42 günlük kısa bir büyüme döneminde maksimum 63.4  $\mu\text{g g}^{-1}$  kuru ağırlık elde edilmiş ve bitki kısımları arasında Se birikme sırası yapraklar (31,5  $\mu\text{g g}^{-1}$ )> saplar (16,4  $\mu\text{g g}^{-1}$ )> kökler (15,5  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) şeklinde olmuştur. Akümülyasyon potansiyeli, bitkinin temin edilebildiği 15.2  $\mu\text{g g}^{-1}$  Se  $\text{g}^{-1}$  toprak konsantrasyonundan dört kat daha yüksek olmuştur. Bitki dokularında Se biriktirebilmesine rağmen, topraktaki Se konsantrasyonlarının artırılması bitkilerin büyüme hızında artan konsantrasyona bağlı bir azalmaya neden olmuştur (yaprakların yenilenmesi, yaprak sayısı, kök sayısı, kök uzunluğu, gövde uzunluğu ve biyokütle).

Alyazour v.d. (2020) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kirli topraktan potansiyel bir Cr (VI) hiperakümülyatör olarak görülen semizotu bitkisi yetiştirirken, toprak organik içeriği, pH ve sülfat konsantrasyonunun, Cr (VI) fito-ekstraksiyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Semizotu fideleri, (i) üç organik içerik bileşimi, (ii) altı pH seviyesi ve (iii) altı sülfat tuzu konsantrasyonunda 200 ppm Cr (VI) solüsyonları ile sulanmıştır. Farklı bitki dokularındaki krom konsantrasyonu, değişik koşullar altında izlenmiştir. Sonuçlar, *Portulaca oleracea* tarafından Cr (VI) alımının (i) düşük organik içerikli toprakta (% 0.42), (ii) hafif alkali pH aralığında (~8) ve (iii) 300–600 ppm arasında sülfat konsantrasyonunda tercih edildiğini göstermiştir.

Bir başka çalışma Hindistan Gujrat, Vadodra’daki tarla alanlarında yetişen iki semizotu türü bitkilerinin hem endüstriyel atık su ile hem de kuyu suyu ile sulanmasının etkilerini araştırmıştır. Sulanan endüstriyel atık sular ve bununla sulanan toprak, kuyu suyu ve bununla sulanan toprağa kıyasla çok yüksek düzeyde ağır metallere (Fe, Zn, Cd, Cr ve As) sahip olduğu tespit edilen çalışmada, sulanan atık topraklarda yetişen her iki türün bitkileri, maksimum köklerde ve en az çiçeklerde olmak üzere tüm bitki kısımlarında yüksek metal birikimi göstermiştir. *Portulaca*’nın her iki türü birden fazla ağır metal, yani Cd, Cr ve As. *P. tuberosa*’da Cd, Cr ve As’ın toplam sürgün konsantrasyonları ( $\mu\text{g g}^{-1}$  km) sırasıyla 1,571, 7,957 ve 3,118 iken, *P. oleracea*’da bunlar sırasıyla 1,128, 7,552 ve 2,476 olduğu tespit edilmiştir (Tiwari v.d., 2008).

Sivakumar v.d. (2020) *Portulaca oleracea* L.’nin gövde kesimlerinin fitoremediasyon verimliliğini araştırmıştır. Dietilen triamin penta asetik asit (DTPA) ile ekstrakte edilebilen Cu ve Cd seviyeleri tüm topraklarda test edilmiştir. Bitkinin sap kesimleri 30 gün büyütüldükten sonra bitki büyüme parametreleri ve Cd ve Cu birikimi test edilmiştir. DTPA ile ekstrakte edilebilen Cu (8.45 ila 35.34  $\mu\text{g / g}$ ) ve Cd (0.18 ila 3.10

$\mu\text{g} / \text{g}$ ) seviyeleri, bölgeler arasında çok farklılık göstermiş ve Cu seviyeleri tüm topraklarda Cd'den daha yüksek çıkmıştır (3,46 ila 135,92 kat daha yüksek). 30 günlük büyümenin ardından, bitkilerin yaprak sayısında ( $39 \pm 2,0$  ila  $41 \pm 1,5$  yaprak), kök uzunluğunda ( $8,0 \pm 0,7$  ila  $8,7 \pm 0,7$  cm) ve taze ağırlıkta ( $11.40 \pm 0.59$  ile  $11.73 \pm 0.36$  g) Cu birikimi Cd'ninkinden daha yüksektir (2,45 ila 5,92 kat). Hesaplanan birikim faktörü (Cu ve Cd'nin topraktan bitkilere taşınması) Cd için (3.01 ila 39.22) Cu'dan (1.24 ila 4.59) daha yüksektir. Toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu ve Cd, bitkilerde Cu ve Cd birikimi ve hesaplanan birikim faktörü arasında net bir eğilim bulunmamıştır.

Sunulan çalışma, ticari olarak satılan semizotu tohumlarıyla bir fitoremediasyon denemesini içermektedir. Çalışma, semizotunun iyi gelişme göstermediği sonbahar mevsiminde sera koşullarında ve toprak organik madde içeriği %5 olacak şekilde saksı deneyleri şeklinde gerçekleştirilmiş, orta seviyede ağır metallerle kirliliği toprakta yetiştirilen semizotu bitkilerinin ağırlıkları ve bitkilerin yenilebilir kısımlarına aldığı metal konsantrasyonları değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan tohum örnekleri yapılan ön çalışmalar ile çimlenme oranının %50 den yüksek olduğu belirlenen piyasadan temin edilen tohumlardır. Tohumların ekildiği toprak ve organik madde içeriğini yükseltmek amacıyla kullanılan keçi gübresi ve torf ise Ege Bölgesi'nde faaliyet gösteren yerel bir peyzaj firmasından temin edilmiştir.

Deneylerde kullanılan toprak karışımının %5 oranında organik madde içermesi için, başlangıç organik madde içeriği %1.8 olan toprağa sırasıyla %31 ve %74 organik madde içeren torf ve keçi gübresi karışımı ilave edilmiştir. Toprak karışımlarının tarla kapasitesi standart gravimetrik yöntemlere göre ölçülmüştür. (Güven vd., 2022). Deney düzeneği her biri 6 kg toprak karışımı içeren 8 L hacimli plastik deneme saksılarında tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan toprak karışımını ağır metaller açısından kirletmek amacıyla Güney Marmara bölgesi'nde terkedilmiş eski bir maden sahasından alınan pasa örneği kullanılmış, 6 kg lık toprak karışımına homojenize hale getirilmiş 350 gram pasa ilave edilerek yeni karışım sağlanmıştır. Saksılar kirletilmiş ve kirletilmemiş (kontrol) toprak karışımları ile 3'er tekrarlı olacak şekilde hazırlanmış ve Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi'nde bulunan seraya yerleştirilmiştir.

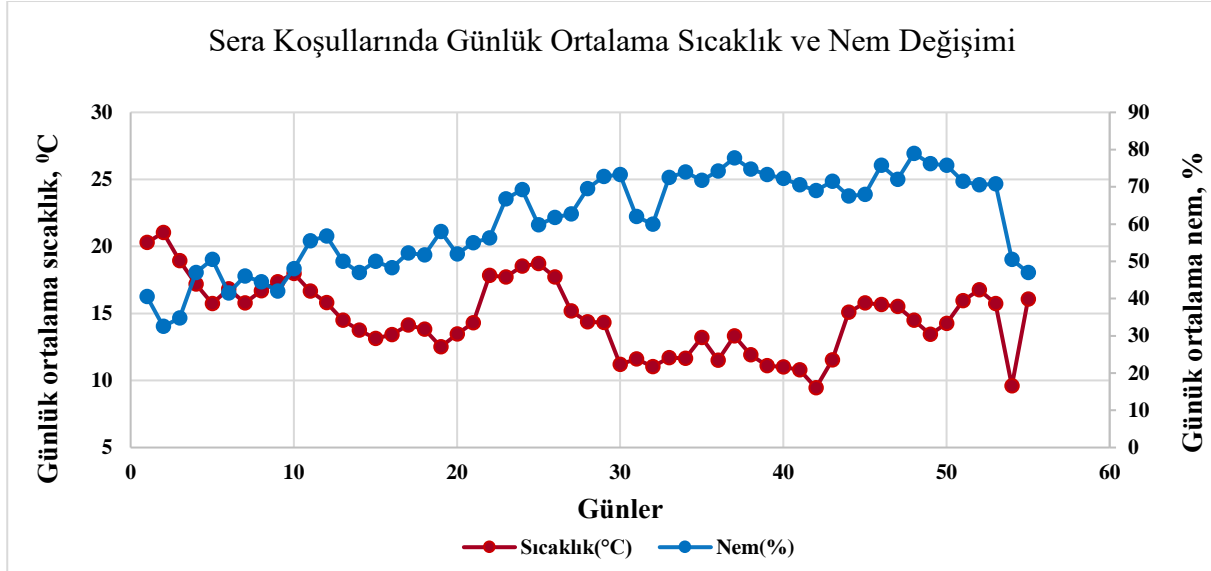
Çalışma Ekim-Aralık 2022 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Saksılar seraya yerleştirdikten sonra her saksıya 20 adet tohum ekilmiştir. Bu tohumlar deneysel ekimde kullanılacağı için önce 1/5 oranında seyreltilmiş ağartıcı ve 1 ml Tween 20 eklenmiş su ile tohumların yüzey sterilizasyonu sağlanarak ekim gerçekleştirilmiştir. Ekim bittikten sonra saksılara can suyu verilerek her gün çimlenme takibi gerçekleştirilmiştir. Çimlenme tamamlandıktan sonra semizotu bitkisi ile kuraklık etkisini araştıran bir çalışmada verim üzerine en etkin sulama miktarı olarak belirlenen %75 tarla kapasitesi ile güneşli sulamalar gerçekleştirilerek bitki büyümeleri değerlendirilmiştir (Güven vd., 2022).

Bitki büyümeleri, bitki sayısı ve bitki ağırlığı ile değerlendirilmiştir. Bitki yetiştirmeden önce toprak örneklerinde ağır metallerin enstrümental analizi için örnekleri asit ile parçalama esasına dayanan ön işlem gerçekleştirilmiştir. Modifiye edilmiş EPA 3050 B Yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen parçalama işleminde Perkin Elmer Sample Preparation Block 50-48 kullanılmıştır. Bunun için 0.5 gram toprak örnekleri sırasıyla 5 ml %50 HNO<sub>3</sub>, 2.5ml derişik HNO<sub>3</sub>, 1.5 ml %30 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (oksidasyon sonuna dek 5 ml yi geçmeyecek şekilde ilaveler ile), ve nihayetinde 5 ml derişik HCl ile muamele edilmiştir. Farklı sürelerde 120 °C ve 95 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilen bu parçalama sürecinin sonucunda ekstraktlar seyreltilerek okunmaya alınmıştır (USEPA, 1996). Bitki örneklerinde ağır metallerin enstrümental analizi için aynı blok parçalayışı kullanılmış, hava ile kurutularak öğütülen bitki organlarına dair örnekler 0.2 gram olacak şekilde tartılarak konulmuştur. Tüplere 5 ml konsantr HNO<sub>3</sub> eklenmiş ve önceden 110 °C ye ısıtılmış blok parçalayıcıda 2 saat süreyle ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda soğumaya alınan tüplere, sonrasında 1ml %30 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenerek 1 saat daha parçalanmaya bırakılmıştır. İşlem sonunda soğuyan numuneler 50 ml'ye seyreltilerek 0.45  $\mu\text{m}$  filtre kağıdından süzölmüş ve analizleri gerçekleştirilene kadar +4 °C de saklanmıştır (Ashrafi vd., 2015)



## TARTIŞMA

Sera içerisindeki sıcaklık ve nem ölçümleri 27 Ekim – 21 Aralık 2023 tarihleri arasında 55 gün olmak üzere, 30 dakika aralıklarla günde 48 veri alınarak belirlenmiş ve günlük ortalama sıcaklıklar Şekil 1 ile ifade edilmiştir. Bu süre zarfında sera koşullarında en yüksek sıcaklık 36,3 °C ile 3 Kasım 2023 günü öğle saatleri, en düşük sıcaklık ise 4 °C ile 21 Aralık 2023 günü sabaha karşı kaydedilmiştir. Benzer şekilde ölçülen nem oranlarına göre, sera koşullarında en yüksek nem oranı %83 ile 14 Aralık 2023 günü belirlenirken, en düşük nem oranı ise %13 ile 28 Ekim 2023 günü kaydedilmiştir (Şekil 1).



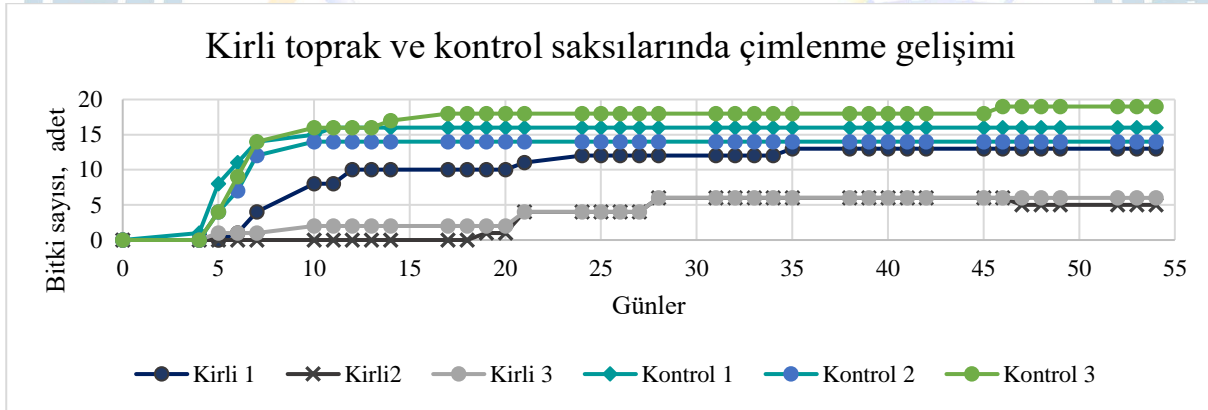
Şekil 1. Deney süreci boyunca değişen sıcaklık ve nem salınımı

Saksılardaki ağır metal içeriği Tablo 1 ile ifade edilmektedir. Buna göre kirli saksılarda ortalama Al içeriği 8744 mg/kg iken, kontrol saksılarında bu değer ortalama 8922 mg/kg olarak görülmektedir. Bu durum, yer kabuğundaki doğal Al seviyesinin ortalama 82.300 mg/kg olması sebebiyle kirlilik olarak kabul edilmemektedir. Benzer şekilde, kontrol saksılarındaki Mn seviyesinin ortalama 446 mg/kg konsantrasyonunda olması, bu elementin doğal seviyesinin ortalama 950 mg/kg olması sebebiyle kontrol saksılarında kirliliği ifade etmemektedir (CRC, 2016). Diğer elementler dikkate alındığında, As seviyesi, kirli saksılarda ortalama 25 mg/kg olarak bulunurken kontrol saksılarında 12 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu durum kontrol saksılarında da As kontaminasyonu olduğunu göstermektedir. Cd elementi kirli saksıda 2.28 mg/kg ile kirliliği ifade ederken, kontrol saksısında 0.14 mg/kg ile kontaminasyon olmadığını göstermektedir. Cr değerleri saksılarda ortalama 44 mg/kg seviyesinde olup doğal konsantrasyon olan 102 mg/kg altındadır. Cu konsantrasyonları (kirli toprakta ortalama 69 mg/kg ve kontrol saksılarında ortalama 23.4 mg/kg) maden pasası ile müdahale edilmiş toprakta bu elemente dair önemli bir kontaminasyonu ifade etmemektedir. Benzer şekilde Ni açısından da kontaminasyon söz konusu değildir. Pb konsantrasyonları, kontamine saksılarda ortalama 229 mg/kg ile ciddi bir kurşun kirliliğine işaret etmektedir. Zn ise ortalama 404.7 mg/kg lık seviyelerde kirliliği ifade etmektedir. Çalışmada kullanılan pas örneklerinin terk edilmiş Pb-Zn maden sahasından geldiği dikkate alındığında, kontamine saksılarda yüksek Pb-Zn değerleri beklenen bir durumdur.

**Tablo 1.** Kontamine edilmiş (kirli= ve müdahale görmemiş (Kontrol) topraklardaki ağır metal değişimleri

	Kirli 1	Kirli 2	Kirli 3	Kirli Ortalama $\pm$ SS	Kontrol 1	Kontrol 2	Kontrol 3	Kontrol Ortalama $\pm$ SS
Al (mg/kg)	8331,67	9063,17	8838,53	8744.45 $\pm$ 374.71	8685,18	8832,54	9249,07	8922,26 $\pm$ 292,6
As (mg/kg)	25,07	26,72	23,29	25.028 $\pm$ 1.72	11,65	11,68	12,59	11.97 $\pm$ 0.53
Cd (mg/kg)	1,95	2,87	2,02	2.28 $\pm$ 0.51	0,27	0,21	0,14	0.21 $\pm$ 0.07
Cr (mg/kg)	42,97	45,19	43,53	43.90 $\pm$ 1.16	44,34	43,73	46,21	44.76 $\pm$ 1.30
Cu (mg/kg)	63,9	72,83	70,13	68.96 $\pm$ 4.58	23,79	23,83	22,59	23.41 $\pm$ 0.70
Mn (mg/kg)	1222,09	1597,98	1248,69	1356.26 $\pm$ 209.77	439,96	440,65	458,78	446.47 $\pm$ 10.67
Ni (mg/kg)	38,25	47,66	44,55	43.49 $\pm$ 4.80	45,39	42,75	46,85	44.99 $\pm$ 2.08
Pb (mg/kg)	201,73	276,44	208,37	228.85 $\pm$ 41.35	9,97	9,61	11,02	10.20 $\pm$ 0.73
Zn (mg/kg)	373,33	458,93	381,85	404.70 $\pm$ 47.16	56,03	53,91	56,82	55.59 $\pm$ 1.50

Saksılardaki çimlenmeler deney süreci boyunca düzenli olarak takip edilmiş olup Şekil 2 ile ifade edilmektedir. Buna göre birbirine paralel olarak hazırlanan kirli toprak saksılarında süreç sonucunda %25-65 (ortalama %40) oranında çimlenme gözlenirken, herhangi bir kirletici müdahalesi olmamış toprak içeren saksılarda bu oran %70-95 (ortalama %82) oranında gerçekleşmiştir. Bu durum, ağır metal varlığının bitki gelişimindeki olumsuz etkisini ifade etmektedir.



**Şekil 2.** Saksılardaki çimlenme sayıları

Çalışmada mevsime bağlı olarak bitki gelişimi zayıf gözlemlenmiş olup, kirletilmemiş topraktaki bitki gelişimi kirli toprağa göre daha belirgindir. Aynı zamanda mevsimin sonbahar-kış geçişine denk gelmiş olması ve iklim koşulları bitki gelişiminin olumsuzluğu üzerinde en önemli faktördür.

Bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonları Tablo 3 ile ifade edilmektedir. Çizelge aynı zamanda, bitkilerin içerdiği ağır metal seviyeleri ile bu metallerin bitkinin yetiştiği topraktaki konsantrasyonları dikkate alınarak hesaplanan n toprak-bitki transfer katsayıları (TC) nı da içermektedir. Transfer katsayısı bir elementin toprak ortamındaki mobilitesini ve biyoelverişliliğini gösteren önemli bir indikatördür (Chen ve Ma, 2001) Bu değer  $TC = \frac{\text{Bitki dokusundaki ağır metal konsantrasyonu}}{\text{Topraktaki ağır metal konsantrasyonu}}$  ile hesaplanmaktadır (Pascual vd., 2004). Bu değerlere göre, As bitkilerde gözlemlenmemiş olup, topraktan bitkiye geçişi yoktur. Al elementinin kirli toprakta transfer katsayısı 0,21 iken yakın Al konsantrasyonuna sahip temiz saksılarda bu katsayı 494 mg/kg Al ile 0,06 olarak bulunmuştur. Cd elementinin kirletilmiş toprakta yetişen bitkide 2,1 ppm seviyesinde bulunması, 0,93 transfer katsayısına denk gelmektedir. Cr, kirletilmiş toprakta 1,07 transfer katsayısı ile yüksek bir birikime işaret ederken kirletilmemiş toprakta bu değer 0,37 dir. Cu, her iki toprak türünde de 1,63 ve 1,92 TC ile bitkiye geçişi ifade eder. Mn geçişleri düşük

oranda seyredirken (kirlı toprakta 0,19 ve temiz toprakta 0,34), Ni kirlı toprakta 56,6mg/kg ile 1,3 TC olarak bulunmuştur. Kirleticinin asıl bileşeni olan Pb ve Zn sonuçları değerlendirildiğinde ise, Pb kirlı ve temiz topraklarda sırasıyla 0,19 ve 0,64 transfer katsayıları ile bitki bünyelerinde birikim göstermektedir. Diğer yandan kirlı toprakta yetişen bitkide 528,1 mg/kg (1,3 TC) olarak ölçülürken, temiz toprakta bulunan Zn, bitkide 160,4 mg/kg birikerek 2,88 TC ye ulaşmıştır.

**Tablo 2.** Bitkilerde biriken ağır metal seviyeleri ve transfer katsayıları

	Kirletilmiş toprakta yetişen bitki (mg/kg)	Transfer katsayısı	Kontrol saksılarında yetişen bitki (mg/kg)	Transfer katsayısı
Al	1824.1	0.21	494.35	0.06
As	0.0	0.00	0	0
Cd	2.1	0.93	0	0
Cr	47.0	1.07	16.70	0.37
Cu	112.2	1.63	45.01	1.92
Mn	264.3	0.19	150.44	0.34
Ni	56.6	1.30	23.69542	0.53
Pb	43.4	0.19	6.525376	0.64
Zn	528.1	1.30	160.3968	2.88

## SONUÇ

Çalışma, ülkemizde de yoğun olarak yetişen ve tüketilen semizotu bitkisinin madden pasa atığı ile kirletilmiş toprakta ağır metalleri bünyesine alabilme kapasitesi üzerine bir ön değerlendirme çalışmasıdır. 55 günlük çalışma sonucunda, kirlı toprağın bitki büyümesini olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Toprakta bitkiye ağır metal geçişleri Cr, Cu, Ni ve Zn için transfer katsayısı 1 den büyük olup, anlamlı bir biçimde geçişi ifade etmektedir. Özellikle hareketliliğinin yüksek olduğu bilinen Zn için bu değer bitki gelişiminin daha kuvvetli olduğu kontrol saksılarında 2,88 ile yüksek bir geçişe işaret etmektedir. Çalışmanın sonbahar-kış döneminde gerçekleşmiş olması, ve buna bağlı bitki gelişiminin nispeten zayıf olmasına rağmen elde edilen bitkiye geçiş katsayıları, semizotu bitkisinin gelişimi daha yüksek olan bahar-yaz dönemlerinde kirletilmiş topraklardan fitoremediasyon yolu ile bitkiye ağır metal geçişinin geçerli bir arıtma yöntemi olarak kullanılabilirliğini belirtmektedir.

## TEŞEKKÜR

Çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından kabul edilen FBA-2022-2896 kodlu ve ve “İklim Değişikliğine Uyum Kapsamında Toprak Sağlığı Araştırmaları Canlı Laboratuvarı (LivingLab)” isimli proje ile Avrupa Birliği tarafından desteklenen Prima 2019-11, PRIMA/0009/2019, P2P/PRIMA/1218/0006, 01DH20006, Prima2019-12, STDF Valuefarm projesi tarafından mali olarak desteklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Alam MS, Kaur G, Javed K, Athar M 2007. *Eruca sativa* seeds possess antioxidant activity and exert a protective effect on mercuric chloride induced renal toxicity. Food and Chemical Toxicology, 45: 910-920.
- Açak, 2017. Gıda bilinci < <https://gidabilinci.com/author/emir-kaboglu> , Erişim Tarihi: 24.05.2022
- Alyazouri A., Jewsbury R., Tayim H., Humphreys P., Al-Sayah M. H., 2020, Uptake of Chromium by *Portulaca Oleracea* from Soil: Effects of Organic Content, pH, and Sulphate Concentration, Applied and Environmental Soil Science, V:2020, Article ID 3620726 | <https://doi.org/10.1155/2020/3620726>
- Ashrafi A, Zahedi M, Soleimani M 2015. Effect of Co-planted Purslane (*Portulaca Oleracea* L.) on Cd Accumulation by Sunflower in Different Levels of Cd Contamination and Salinity: A Pot Study. International Journal of Phytoremediation, 17:9, 853-860.



- Chen M, Ma LQ 2001. Comparison of three aqua regia digestion methods for twenty Florida soils, Soil Science Society of America Journal, 65:491–499
- Covington, MB 2004. Omega-3 Fatty Acids. American Family Physician Journal, 70(1): 133-140.
- CRC, 2016, Abundance of elements in the earth's crust and in the sea, CRC Handbook of Chemistry and Physics, 97th edition (2016–2017), p. 14-17
- Dweek A C 2001. Purslane (Portulaca oleracea). The Global Panacea, Personal Care Magazine, 4 (2): 7-15.
- El-Shamy M , Heikal Y, Bonanomi G, 2019. Phytoremediation Efficiency of Portulaca oleracea L. Naturally Growing in some Industrial Sites, Dakahlia District, Egypt; Chemosphere 225: , DOI:10.1016/j.chemosphere.2019.03.099
- Eşiyok D. 2012. Kışlık ve Yazlık Sebze Yetiştiriciliği, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, s:408
- Güven ED, Özmiççi S, Akinci G, Tümer B, Uyar M 2022. Cultivation of Purslane (Portulaca oleracea) under Soil Stress Conditions. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10(sp2), 3014–3021
- Pascual I, Antolin MC, Garcia C, Polo A, Sanchez-Diaz M 2004. Plant availability of heavy metals in a soil amended with high dose of sewage sludge under drought conditions, Biology and Fertility of Soils, 40:291-299.
- Prabha D, Sivakumar S, Subbhuraam CV, Son HK, 2015, Responses of Portulaca oleracea Linn. to selenium exposure, Toxicology and Industrial Health, 31:5; <https://doi.org/10.1177/0748233713475502>
- Sivakumar S, Prabha D, Velmurugan P, Honga SC, Yi PI, Jang SH, Suh JM, 2020. Phytoremediation of Cu and Cd-contaminated roadside soils by using stem cuttings of Portulaca oleracea L, Environmental Chemistry and Ecotoxicology, 2:201-204.
- Tiwari KK, Dwivedi S, Mishra S, Srivastava S, Tripathi RD, Singh NK, Chakraborty S. 2008, Phytoremediation efficiency of Portulaca tuberosa rox and Portulaca oleracea L. naturally growing in an industrial effluent irrigated area in Vadodra, Gujrat, India, Environmental Monitoring and Assessment 147:15–22.
- U.S. EPA. 1996. “Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils,” Revision 2. Washington, DC.
- Yurdagül, 2019. Yabani Ve Kültür Semizotu (Portulaca Oleracea L.) Bitkisinin Antioksidan Özelliklerinin İncelenmesi. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, 90