

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ KOORDİNATÖRLÜĞÜNE**

Proje Türü : Hızlandırılmış Destek Projesi (HDP)
Proje No : 18H0430002
Proje Yürüttürücüsü : Arş. Gör. Dr. Şeyda Fikirdeşici Ergen
Proje Başlığı : Sahra Tozunun Bir Sucul Bitki Olan *Lemna minor*'ün Büyüme ve Bakır Metalini Sudan Temizleme Kapasitesine Katkısı

Yukarıda bilgileri yazılı olan projemin sonuç raporunun e-kütüphanede yayınlanmasını;

İSTİYORUM

İSTEMİYORUM

GEREKÇESİ:



Şeyda Ergen
18.07.2019

Arş. Gör. Dr. Şeyda Fikirdeşici Ergen
İmza

1946

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ
SONUÇ RAPORU

Sahra Tozunun Bir Sucul Bitki Olan *Lemna minor*'ün Büyüme ve Bakır Metalini Sudan
Temizleme Kapasitesine Katkısı

Proje yürütücüsü

Arş. Gör. Dr. Şeyda FİKİRDEŞİCİ ERGEN

Proje numarası

18H0430002

Başlangıç tarihi

14.05.2018

Bitiş tarihi

14.03.2019

Rapor tarihi

17.05.2019

I. Projenin Türkçe ve İngilizce Adı ve Özeti

Sahra Tozunun Bir Sucul Bitki Olan *Lemna minor*'ün Büyüme ve Bakır Metalini Sudan Temizleme Kapasitesine Katkısı

Özet

Bu çalışmanın amacı, bakırın (CuSO_4) toksik etkisini modellemek ve Cu'nun Sahralı ve Sahrasız ortamdan *Lemna minor* tarafından Cu'yı uzaklaştırma kapasitesini analiz etmektı. Sahralı (S) ve Sahra tozunun olmadığı (WS) iki ayrı test grubu oluşturulmuştur. Bu test grupları üç farklı Cu konsantrasyonuna (0,05, 0,50 ve 5,00 ppm) maruz bırakılmıştır. Zaman, konsantrasyon ve gruba bağlı uzaklaştırma etkinlikleri parametrik olmayan Mann-Whitney U testi ile karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Optimum uzaklaştırma değerleri, S ortamında % 79,6 en yüksek konsantrasyonda (5,00ppm) belirlenmiş ve tüm test grupları için 96 saatin en ideal zaman olduğu gözlenmiştir. En düşük temizleme değeri (% 16) WS ortamında 24 saat 0,50 ppm'de olduğu gözlenmiştir. İki ortam karşılaştırıldığında, tüm test gruplarında Cu, üç farklı konsantrasyonda da (0,05ppm, 0,50ppm, 5,00ppm) S ortamından daha başarılı bir şekilde temizlendiği tespit edilmiştir. Tüm tahmin modelleri için regresyon analizi de test edilmiştir. Farklı modeller gerçekleştirilmiş ve kübik modelin en yüksek öngörülen değerleri gösterdiği bulunmuştur (R^2). Tahmin modellerinin R^2 değerleri, WS ortamında 0,939-0,991 ve S ortamında 0,995-1,000 aralığında bulunmuştur.

Contributions of Saharan Dust to *Lemna minor* which is an Aquatic Plant, Growth and Removal Capacity of Copper Metal from Water

Abstract

In this study, the aim was to model the toxic effect of copper (Cu) and analyse the removal of Cu in aqueous Saharan and non-Saharan media by *Lemna minor*. Two separate test groups were formed: with Saharan dust (S) and without Saharan dust (WS). These test groups were exposed to 3 different Cu concentrations (0.05, 0.50 and 5.00 ppm). Time, concentration, and group-dependent removal efficiencies were compared using the non-parametric Mann-Whitney U test and statistically significant differences were found. The optimum removal values were tested at the highest (5.00ppm) concentration 79.6 % in the S medium and observed on the 4th day for all test groups. The lowest removal value (16%) was observed at 0.50ppm on the 1st day in the WS medium. When the S medium and WS medium were compared, in all test groups Cu was removed more successfully in the S medium than the WS medium contaminated by 3 different concentrations of Cu (0.05ppm, 0.50ppm, 5.00ppm). The regression analysis was also tested for all prediction models. Different models were performed and it was found that cubic models show the highest predicted values (R^2). The R^2 values of the estimation models were found to be at the interval of

0.939-0.991 in the WS medium and 0.995-1.000 in the S medium.

II. Amaç ve Kapsam

Günümüzde, ekosistemde giderek artan ağır metal konsantrasyonları önemli bir sorun haline gelmiştir. Ağır metaller atmosferin ve su ortamının kalitesini olumsuz yönden etkilemektedir (Verma ve Dwivedi 2013). Her ne kadar bazı metaller temel besin maddesi olsa da, tüm ağır metallerin aşırı konsantrasyonlarının çeşitli toksik etkilere neden olduğu bilinmektedir (Hejna ve ark. 2018). Bakır (Cu), bitki fizyolojisi açısından önemli bir elementtir. Vitamin, karbonhidrat ve protein sentezinin yanı sıra fotosentez ve solunumdan da sorumludur (Hansch ve Mendel 2009). Bununla birlikte, biyolojik olarak parçalanamayan ve kanserojen olduğu için oldukça toksik etkiye sahiptir. Galvanik ve metal işleme endüstrileri büyük miktarda Cu'yu sucul ortama boşaltma potansiyeline sahiptir. Cu atıklarının, sucul çevre için önemli bir sorun olduğu bildirilmiştir (Parmar ve Thakur 2013).

Granül aktif karbon / nano ölçekli sıfır valent demir (Majlesi ve Hashempour 2017), elektriksiz bakır kaplama işlemi (Thomas ve ark. 2018a), sodyum trithiokarbonat (Thomas ve ark. 2018a), zeolit içeren tüf (Zendelska ve ark. 2018), UV-Fenton yöntemi (Thomas ve ark. 2018c) gibi çeşitli yöntemler kullanılarak kirletici maddelerle ilgili sayısız temizleme çalışmaları bulunmaktadır. Ayrıca tekstil boyası (Deshmukh ve ark. 2016), kalıcı organik kirletici maddeler (Chakraborty ve Das 2016), metaller (Sidhoum ve Fortas 2019), nanopartiküler (Fikirdeşici-Ergen ve Üçüncü-Tunca 2018) ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar (Kuppusamy ve ark. 2016) gibi çeşitli kirletici maddelerin de remediasyonu test edilmiştir. Fitoremediasyon kirli suyun arıtılması için uygun maliyetli bir teknolojidir. Son zamanlarda, kirli suların temizlenmesi çalışmalarında, sucul bitkilerinin kullanımı ön planda yer almaktadır. *Lemna minor* yüksek üreme kapasitesine sahip laboratuvar koşullarına kolayca adapte olabilen bir sucul bitkidir, bu nedenle çok önemli bir fitoremediasyon ajanıdır (Mkandawire ve Dudel 2007; Üçüncü ve ark. 2013). Ağır metallerin *L. minor* tarafından uzaklaştırılmasıyla ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Basile ve ark. 2012; Bokhari ve ark. 2016). Ancak literatürde *L. minor* ile Cu'nun uzaklaştırılmasında Sahra tozunun etkinliğinin kullanıldığı herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Afrika kıtasının kuzeyinde 9.149.000 km²lik yüzölçümüyle Dünya'nın en büyük çölü olma özelliğini taşıyan Sahra Çölü, Türkiye'yi ve çevresinde etkili olan çöl tozlarının büyük bölümünü kaynaklık etmektedir. Bu çölün atmosfere her yıl çeşitli yönlere yayılan 1–1,5 milyar ton toz kattığı bilinmektedir (Laity 2008). Çöllerden kalkan tozların yerde veya havada herhangi bir farkı olmamakta ancak taşınım sürecinde bulut ile temas etmeleri sonucunda ortama indirgenmiş

EK-11 Sonuç Raporu Formати

demir, çeşitli elementler ve amino asitler ile sonuçlanan bir dizi reaksiyon mekanizmasını tetiklediği bilinmektedir (Saydam 2014). Sahra tozunu içeren yağmur kompozisyonunda Ca, K, Mg, Na, P, S gibi makronutrientlerin and Zn, Mn, Cu, Fe gibi mikronutrientlerin bulunduğu belirtilmiştir (Rizzolo ve ark. 2017). Bitki metabolik aktivitelerinde aktif bir rol oynayan demir ($Fe + 2$) taşıma sisteminin (YSL1 ve YSL3) de bitkilerde Cu taşınmasında etkili olduğu belirtilmiştir (Grillet ve ark. 2013).

Literatürde Sahra tozunun bitkilerin vejetatif organları ve bunların büyümeye, çiçeklenmeye ve meyve verme süreçleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Özsoy ve Örnatekin 2008; Yücekulü ve ark. 2011). Sahra tozunun bitkiler üzerindeki olumlu büyümeye etkileri nedeniyle, *L. minor*'un Cu metalini sudan temizleme kapasitesi bizim için merak konusu olmuştur. Bu sebepten dolayı *L. minor*'un, Sahra tozu (S) ve Sahra tozu olmadan (WS), Cu ile kirletilmiş suları temizleme kapasitesi üzerine bir çalışma planlanmıştır. Cu'nun seçilen organizma üzerindeki toksisite etkileri de her konsantrasyon için modellenmiştir.

III. Materyal ve Yöntem

Bütün çalışmalar kontrollü bir ortamda yapılmıştır. *L. minor* örnekler, Ankara Üniversitesi Biyoloji Bölümünde belirlenen ve göl havuzlarında stok kültürü olarak muhafaza edilen yerel bir gölden toplandı. Havuzlardan toplanan örnekler, 7 gün boyunca 250 mL'lik beher kabında test edilmek üzere iklimlendirildi. *L. minor*'un doğal ortamını simüle etmek için, doğal aydınlatma ve sıcaklık değişimleri altında testler yapıldı ve büyümeye ortamının yerine örneklerin kültür havuzlarından su kullanıldı. Kontrollü ortamındaki sıcaklıklar 11 ila 15 °C arasında değişmiştir ve örnekler günde yaklaşık 10 saat ve ayrıca bir gece döngüsünde 14 saat yaşamıştır. Diğer deney parametreleri aşağıdaki gibi listelenmiştir: pH: $7,55 \pm 0,09$ - $8,88 \pm 0,67$; EC: $409,78 \pm 4,54$ - $523,18 \pm 11,77$; DO: $5,00 \pm 0,23$ - $6,38 \pm 0,21$,

Sahra Tozunun Hazırlanması

Güney Tunus'tan ithal edilen on gram çöl toprağı 1 litre distile suya eklenmiştir. Hazırlanan karışım, güneş ışığında yaklaşık 120 dakika beklemeye bırakıldı. Bu süreçte çamur tabakası dibe çöktü ve üstte berrak bir su kaldı. Bu temiz su deneyde kullanılmıştır.

Büyüme Hızının Hesaplanması

Bütün deneyler, Lemna'nın büyümesi için uygun büyüklükteki inert kaplarda yapıldı. Her deney için kimyasal olarak inert kaplarda 100 mL filtre edilmiş kültür suyu kullanılır (Kültürden alınan

EK-11 Sonuç Raporu Formatı

su numuneleri testten önce 0.45 um'lik bir filtrasyon ünitesi ile süzülür). Ölçüm için sadece iki veya üç yapraklı örnekler kullanıldı ve 7 günlük deney periyodunun sonunda analiz için beher başına toplam 21 yaprak seçildi.

L. minor'un büyümeye hızı, OECD standartlarını takip eden aşağıdaki formülle hesaplandı (OECD, 2006).

$$\mu_{i-j} = \ln(N_j) - \ln(N_i) / t_j - t_i$$

i-j zamanında i'den j'ye spesifik büyümeye hızı, j zamanında test veya kontrol kabında gözlenen N_j sayısı, j anda test veya kontrol kabında gözlenen yaprak sayısı, i zamanında t_i test anında veya kontrol kabında gözlenen yaprak sayısı. T_i deneyin başlama zamanı, t_j bitme anı.

L. minor'un yüzde biyokütle inhibisyon oranları, OECD standartlarını takip eden aşağıdaki formülle hesaplandı.

$$\% I_b = (b_c - b_T / b_c) \times 100$$

Biyokütlede % I_b azalma, kontrol grubu için b_c ln (son biyokütle) eksi ln (başlangıç biyokütle), kontrol grubunda b_T ln (son biyokütle) eksi ln (başlangıç biyokütle).

Remediasyon Testi

Toksisite ve remediasyon testleri aynı şekilde tasarlanmıştır. Testler yedi gün boyunca devam eder ve üç kopya halinde tekrarlanır. Bütün numuneler üç farklı konsantrasyonda (0.05, 0.5 ve 5.0 mg L⁻¹) Cu maruz bırakıldı. Kontrol grupları da (0 mg L⁻¹) aynı şartlarda oluşmuştur. Toksisite çalışmaları için bitki büyümeyeinde toksisiteyi belirlemek için yedi günde her 24 saatte bir yaprak sayıları ve örnekler sayılır. Doku numuneleri, deney süresince sökme çalışmaları için tüm test kaplarından (her gün) alınır. *L. minor* numunelerdeki bakır konsantrasyonları, kuru küllenmeden sonra alevli atomik absorpsiyon spektrometrisi ve ICP MS ile belirlendi ve % 97'lik nitrik asit ile çözüldü.

İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel hesaplamalar SPSS 21.0 istatistik programı (IBM, Portsmouth, UK) ile yapılmıştır.

IV. Analiz ve Bulgular

Sahralı (S) ve Sahrasız (WS) ortamın sıcaklık, pH, EC, DO parametreleri, fitoremediasyon deneyinin başında ve sonunda ölçülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. Deneyin başında ve sonunda ortamların pH, EC, DO ve T (° C) değerleri (7 gün).

Otam		pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	DO (mg L^{-1})	T(°C)
WS	Başlangıç	5,19-6,22	238,2-286,7	2,72-3,31	24
	Final	6,33-6,67	476,1-493,9	2,98-3,62	23
S	Başlangıç	6,55-7,12	309,8-423,2	3,00-4,38	24
	Final	7,62-7,91	512,3-578,9	4,01-4,78	23

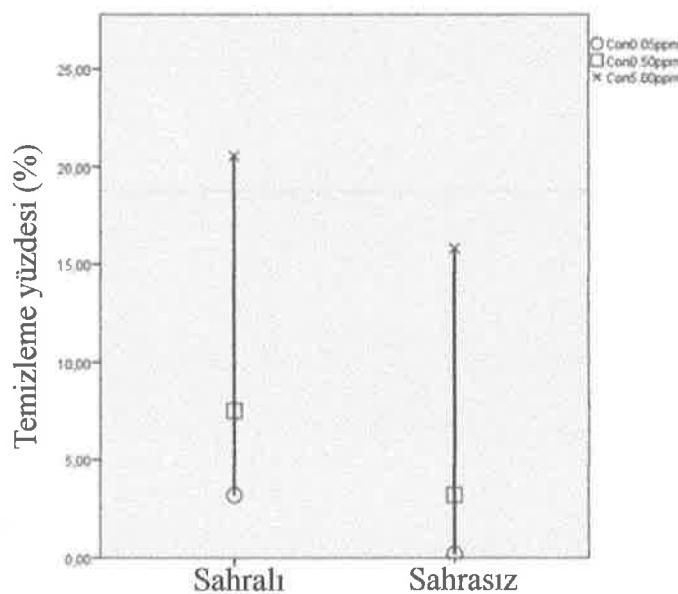
L. minor'un Temizleme Potansiyeli

Bu çalışmada *Lemna minor* sahralı ve sahrasız ortamda CuSO₄ metalinin 3 konsantrasyonuna (0,05ppm, 0,5ppm, 5ppm) 7 gün süresince maruz bırakılmıştır. Giderim verimleri parametrik olmayan testler kullanılarak konsantrasyon ve zaman açısından incelenmiş ve istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre bitki dokusunda birikimin sahralı ve sahrasız deney gruplarının farklı konsantrasyonları (0.05 ppm, 0.50ppm, 5.00ppm) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur (Tablo 2). Dokuda birikim oranlarına göre her iki test grubu için en düşük birikimin en düşük konsantrasyonda (0.05ppm), en fazla birikimin ise en yüksek konsantrasyonda (5.00ppm) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1). Ortamlar için uzaklaştırma oranları aşağıdaki gibidir:

WS: 0,05ppm'de % 24-58, 0,50ppm'de % 16-46, 5,00ppm'de % 26,8-61,6,

S: 0,05ppm'de % 48-76, 0,50ppm'de % 48-74, 5,00ppm'de % 43,8-79,6

Sahralı ve sahrasız ortamda konsantrasyona bağlı dokularda birikim miktarı kıyaslandığında her iki test grubu için de 5.00ppm>0.50ppm>0.05ppm şeklinde bulunmuştur (Tablo 3).



Şekil 1. *L. minor*' ün sahralı ve sahrsız ortamda Cu metalini temizleme verimi (%)

Tablo 2. *L. minor*'un sahralı ve sahrsız ortamındaki Cu metalini temizleme verimliliği arasındaki farklar

Grup	Konsantrasyon (mg L ⁻¹)	Mean Rank	Sum of Ranks	Test Statistics ^a
Sahrasız	0.05	28,39	1192,50	Mann-Whitney U 289,500
	0.50	56,61	237,50	Wilcoxon W 1192,50
				Z -5,303
				Asymp. Sig. (2-tailed) ,000
				Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)] ,000
	0.05	21,50	903,00	Mann-Whitney U ,000
	5.00	63,50	2667,00	Wilcoxon W 903,000
				Z -7,892
				Asymp. Sig. (2-tailed) ,000
				Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)] ,000
	0.50	24,52	1030,00	Mann-Whitney U 127,000
	5.00	60,48	2540,00	Wilcoxon W 1030,00
				Z -6,756
				Asymp. Sig. (2-tailed) ,000
				Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)] ,000
Sahralı	0.05	21,50	903,00	Mann-Whitney U ,000
	0.50	63,50	2667,00	Wilcoxon W 903,000
				Z -7,976
				Asymp. Sig. (2-tailed) ,000
				Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)] ,000
	0.05	21,50	903,00	Mann-Whitney U ,000
	5.00	63,50	2667,00	Wilcoxon W 903,000
				Z -7,976
				Asymp. Sig. (2-tailed) ,000
				Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)] ,000
	0.50	21,62	908,00	Mann-Whitney U 5,000
	5.00	63,38	2662,00	Wilcoxon W 903,000
				Z -7,974
				Asymp. Sig. (2-tailed) ,000
				Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)] ,000

a. Grouping Variable: Lemna

Literatürdeki bazı çalışmalar, konsantrasyon arttıkça uzaklaştırma oranının arttığını göstermektedir (Üçüncü ve ark. 2014; Hanks ve ark. 2015; Mohammed 2016); ancak bu çalışmamız bu çalışmada gözlenmedi ve sonuçlarımızı destekleyen bazı çalışmalar da literatürde mevcuttur (John ve ark. 2008; Zhang ve ark. 2015).

Cu, WS ve S ortamlarından 1. ve 4. günler arasında verimli bir şekilde temizlenmiştir. Bu sonuç, zamanın, metal temizleme işleminde ortam kadar önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca optimum Cu gideriminin de S ortamında olduğu tespit edilmiştir. Yaptığımız çalışma neticesinde *L. minor*'un Cu'yu 4. güne kadar ortamlardan uzaklaştırmaya devam ettiği tespit edilmiştir. Daha önceki çalışmalar incelendiğinde, sudan metal temizlemenin *L. minor* için farklı zamanlarda tamamlandığını göstermektedir. Axtell ve ark. (2003), Ucuncu ve ark. (2013) ve Aggoun ve Benmaamar (2019), metal temizleme işleminin çoğunlukla ilk 24 saat içinde tamamlandığını bildirmiştir. Fikirdeşici-Ergen ve ark. (2017), temizleme işleminin çoğunlukla 2. gündə tamamlandığını gözlemlemiştir. Bu çalışmada, WS ve S ortamında 4. gündə sırasıyla % 61,6 ve % 79,6 Cu'nun *L. minor* tarafından sudan alındığı gözlemledi. Temizleme çalışmalarında, bitki tarafından kirleticilerin alımını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlardan bazıları; kirleticinin çözünürlüğü, maruz kalma süresi, maruz kalma konsantrasyonu, organizmanın türü ve absorbanttır (Skjolding ve ark. 2014; Fikirdeşici-Ergen ve Üçüncü-Tunca 2018). Fitoremediasyonda kullanılan ortamlar karşılaştırıldığında, tüm test gruplarında ve tüm konsantrasyonlarda (0,05ppm, 0,50ppm, 5,00ppm) Sahralı ortamın Sahrasız ortamdan daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Temizleme çalışmasından sonra, S ve WS ortamlarındaki sudaki Cu konsantrasyonunun miktarları (7 gün) (ppm)

	Başlangıç	1. gün	2. gün	3. gün	4. gün	5. gün	6. gün	7. gün
WS	0,05	0,038±0,0 06	0,030±0,0 06	0,026±0,0 03	0,021±0,0 06	0,023±0,0 04	0,026±0,0 06	0,027±0,0 04
S	0,05	0,026±0,0 05	0,021±0,0 05	0,015±0,0 05	0,012±0,0 01	0,012±0,0 02	0,013±0,0 03	0,014±0,0 04
WS	0,50	0,42±0,05	0,39±0,06	0,34±0,06	0,27±0,06	0,28±0,02	0,31±0,02	0,34±0,03
S	0,50	0,26±0,02	0,20±0,05	0,17±0,03	0,13±0,03	0,14±0,03	0,16±0,07	0,18±0,06
WS	5,00	3,66±0,70	3,08±0,62	2,49±0,37	1,92±0,24	2,34±0,32	2,50±0,38	2,56±0,33
S	5,00	2,81±0,32	2,06±0,41	1,42±0,21	1,02±0,26	1,18±0,16	1,28±0,16	1,65±0,12

Temizleme verimliliğini etkileyen önemli durumlardan biri, mevcut metalin ortamındaki absorbant için hücresel olarak işlevsel olmasıdır. Absorbant gönüllü olarak metal alımına göre, organizmanın taşıyıcıları ve metal miktarını taşıma yolları temizlenmiş metal oranlarında değişikliklere neden olabilir. Cu metali, oksidatif stres tepkilerine, mitokondriyal solunum, fotosentetik elektron taşıma sistemi, hücre duvarı metabolizması ve hormon sinyallerine katılmak için düzenleyici proteinlerin bir üyesi olarak görev yapmaktadır (Yruela 2005; Garcia-Molina ve ark. 2011; Ruiz ve ark. 2016). Cu, Cu / Zn süperoksit dismutaz (SOD), sitokrom c oksidaz ve amino oksidaz gibi birçok enzimin kofaktörü olarak da görev yapar ve ayrıca hücresel seviyede oksidatif fosforilasyon ve demir mobilizasyonunda temel bir rolü vardır (Yruela 2005; Lee 2018). Cu bitkiler için temel bir mikro besin maddesimasına rağmen, yüksek Cu maruziyeti bitkiler için çok toksiktir. Yüksek Cu konsantrasyonlarına maruz kalan bitkilerde klorozis, nekrozis, büyümeye sapması, renk kaybı ve kök büyümesinin inhibisyonu gibi semptomlar gözlenebilmektedir (Fontanilla ve Cuevas 2010; Andresen ve ark. 2018).

Hücresel seviyede, metal iyonlarının alımından ve salgılanmasından belirli taşıyıcılar sorumludur. Buna göre, canlı organizmalarda metal birikimine olan talep, ortamındaki kirletici madde için in-vivo nakıl yolları ve taşıyıcıların düşük veya çok sayıda taşıyıcısı, metallerin birikim oranlarında değişikliklere neden olabilir. Bitkilerde Cu taşınmasında rol oynayan taşıyıcılar mevcuttur. Cu'nun homeostaz kontrolünün yapıldığı yer de hücreye alındığı yer de hücre zarıdır (Yuan ve ark. 2011; Puig 2014). Cu alımına aracılık eden farklı tipte taşıyıcı proteinler bildirilmiştir. COPT (Bakır Taşıyıcı) / Ctr (Bakır taşıyıcı) proteinleri, farklı organizmalarda çeşitli protein ailelerine ait temel Cu taşıma grupları olarak bilinir (Yuan ve ark. 2011; Puig 2014).

Cu'yu bitkilerde sitosolden organellere taşıyan diğer taşıyıcı tipi P tipi adenozin trifosfat pompasıdır (Williams ve Mills 2005). Ayrıca diğer metal taşıyıcıların Cu'yu hücrelere taşıdığı da bildirilmiştir. Örneğin, OPT / YSL demir (Fe) taşıma ailesinden YSL1 ve YSL3, Cu'yu *Arabidopsis*' in yapraklarından tohumlara taşıdığı bildirilmiştir (Waters ve ark 2006; Grillet ve ark. 2013) ve ayrıca ZIP2 ve ZIP4 çinko (Zn) taşıma ailesinin de, Cu taşıdığı bildirilmiştir (Puig ve ark. 2007; Milner ve ark. 2013). Cu, birçok enzim ve proteinin yapısal ve katalitik bileşenleri açısından önemli bir metaldir (Osredkar ve Sustar 2011; Hashimoto ve Kambe 2015). Bu sebeple, bitkideki Cu taşıyıcılarının sayısının fazla olması nedeniyle, remediasyon oranı da artabilir.

Çölden çıkan toz zeminde veya havada farklı değildir. Bununla birlikte, taşıma işlemi sırasında toz bulutlarla temas halinde olduğu için, bazı reaksiyon mekanizmaları, demir, amino asitler ve

EK-11 Sonuç Raporu Formatı

diğer çeşitli elementlerin azalmasına neden olabilmektedir (Saydam 2014). Bu nedenle, Sahra Çölü'nün atmosferik olarak taşınan tozu biyolojik olarak önemli besin maddelerinin yüzey sularına ve topraklara verilmesine olanak sağlamaktadır (Saydam 2014). Sahra toz parçacıkları demir (Fe) içerir ve bu besin biyolojik olarak kullanılabilir. Toz ve dolayısıyla demir, okyanusa ve denize dökülür ve demir metali fitoplankton tarafından fotosentetik aktivitede kullanılır (Johnson ve Meskhidze 2013; Schoffman ve ark. 2016). Fotosentez işleminden sorumlu olan klorofil pigmentinin sentezi için Fe gereklidir. Bitki içindeki metabolik aktivitelerde aktif rol oynayan Fe, Fe (II)' dir. Doğanın kullanıma hazır demir elementi olan Fe (II), yağmurda Sahra tozıyla dünyaya ulaşır (Rout ve Sahoo 2015; Rizzolo ve ark. 2017). Fe aynı zamanda bir eser metaldir. Bitkilerin redoks kimyasındaki rolleri için Fe'ye ihtiyacı vardır. Fe, fotosentez, mitokondriyal solunum, oksidatif stres koruması ve çeşitli metabolik yollar gibi birbirine benzemeyen işlemlerde yer alan birçok enzim için aktif bölge oluşturur (Pilon ve ark. 2011; Gomez-Casati ve ark. 2018).

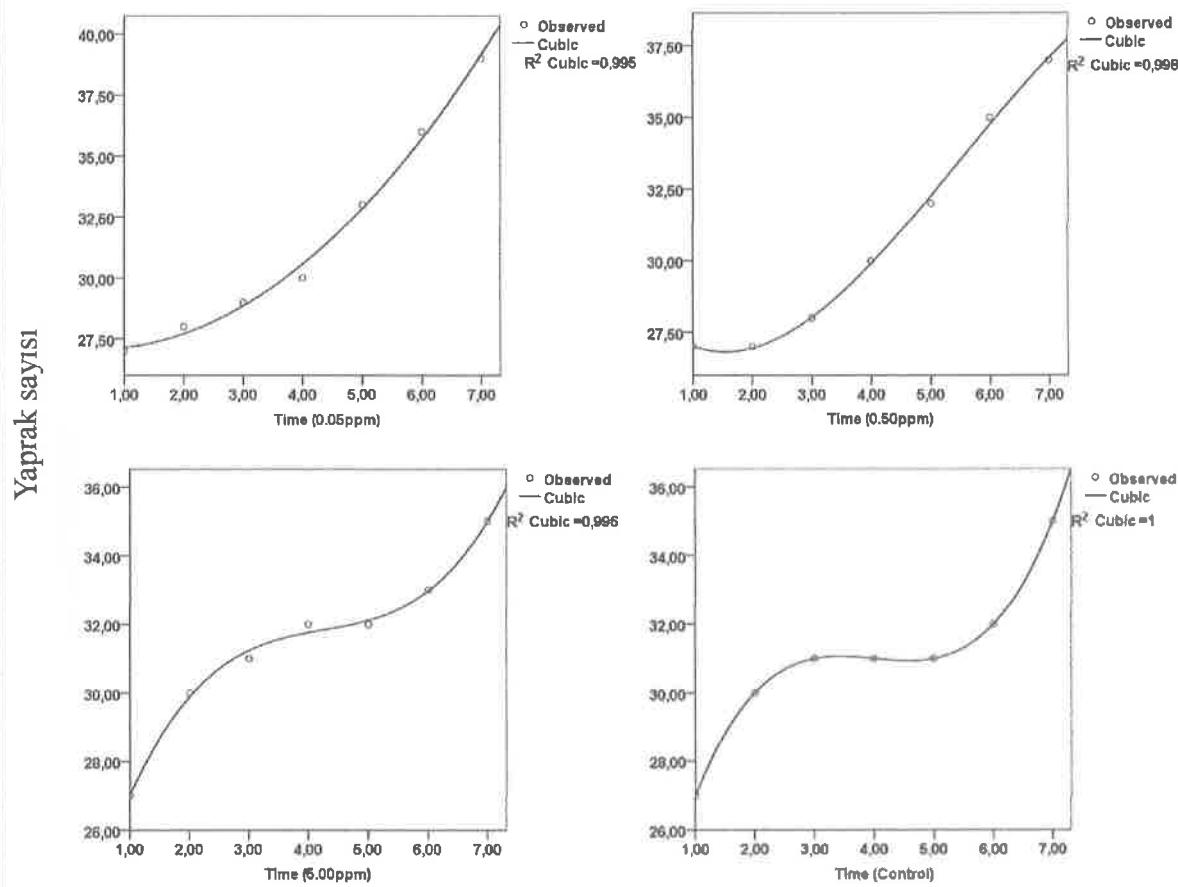
0,05 ve 5,00 ppm konsantrasyonlu deneylerde, sudaki Fe miktarı 0,50 ppm'deki Fe miktarından daha yüksek tespit edildi (Tablo 3). Bu Cu iyileştirme başarısının 0,05 ve 5,00 ppm'de 0,50 ppm'den daha iyi olmasından kaynaklanıyor olabilir. Önceki raporlar Fe ve Cu arasında karmaşıma olabileceğini göstermiştir. Waters ve Armbrust (2013) bu iki metalin yapraklardaki Fe ve/veya Cu birikimini artttırmak veya azaltmak için etkileşime girmesi gerektiğini açıklamışlar ve Fe talebinin bir göstergesi olan Ferrik redüktaz aktivitesinin engellendiğini tespit etmişlerdir. Bu, OPT / YSL demir (Fe) taşıma ailesinden YSL1 ve YSL3'ün, bitkilerde Cu metalini de taşıyabildiği gerçeğiyle de açıklanabilir (Waters ve ark. 2006; Grillet ve ark. 2013).

Tablo 3. Fe miktarları (S ortamında deneyin başlangıcında ve deneyin süresinde)

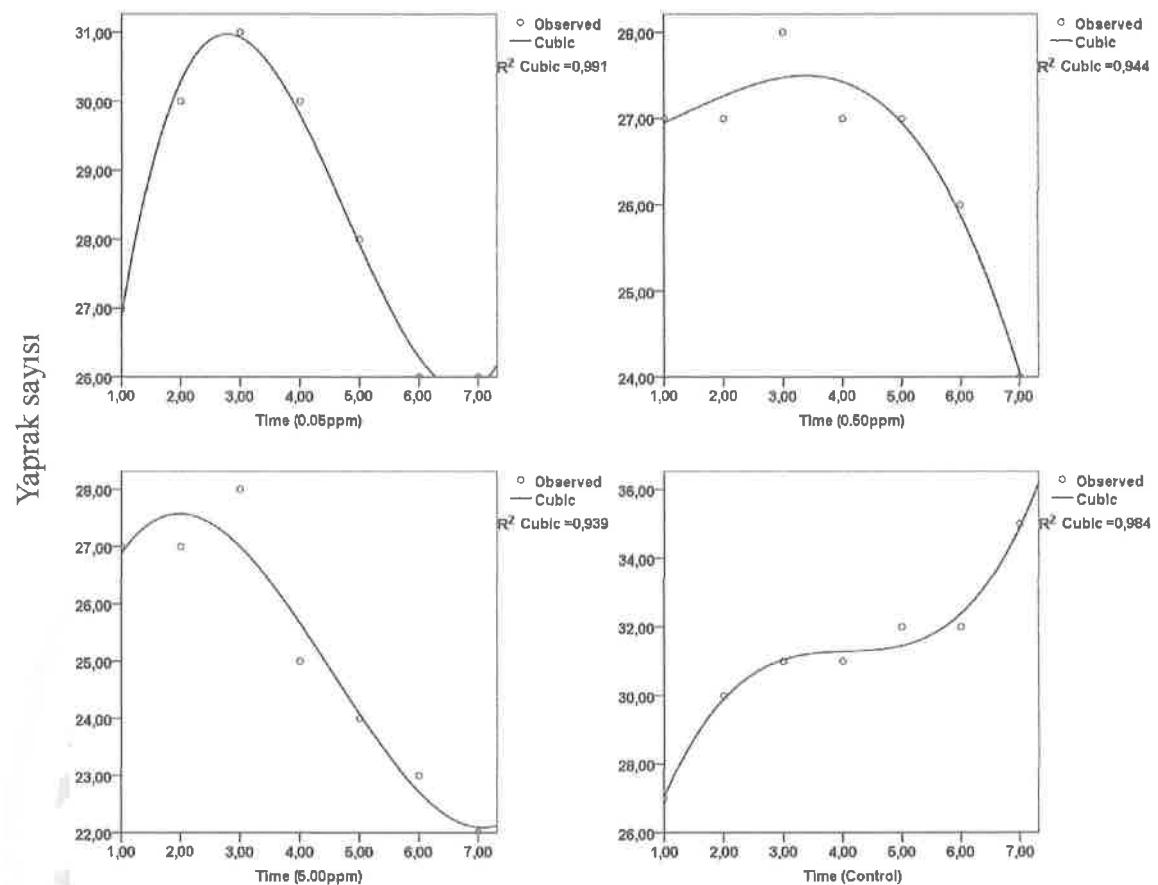
Başlangıç Cu	Başlangıç Fe	1. gün	2. gün	3. gün	4. gün	5. gün	6. gün	7. gün
0.05ppm	0.6ppm	0.52	0.48	0.36	0.33	0.28	0.31	0.26
0.50ppm	0.6ppm	0.42	0.38	0.17	0.12	0.09	0.16	0.21
5.00ppm	0.6ppm	0.56	0.51	0.44	0.35	0.46	0.48	0.50

Büyüme oranı

Çalışmada Cu'nun *L. minor* üzerindeki toksik etkisi yapraklara göre hesaplanmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak büyümeye ve inhibisyon oranları kontrol grubuna göre hesaplanmıştır. Zamana bağlı büyümeye oranlarının tahmin modelleri regresyon analizi ile belirlenmiştir. Tahmin modellerinin R^2 değerlerinin, WS ortamında 0.939-0.991 aralığında ve S ortamında 0.995-1.000 aralığında olduğu bulunmuştur (Şekil 2 ve 3). Ortalama spesifik *L. minor* büyümeye hızı (μ_i-j) 0,05 ppm> 0,50 ppm> 5,00 ppm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2. Sahralı ortamda *L. minor*'un zamana bağlı büyümeye modelleri



Şekil 3. Sahrasız ortamda *L. minor*'un zamana bağlı büyümeye modelleri

Spesifik büyümeye oranı, S ortamında, 4. güne kadar 0,05 ppm konsantrasyonunda yükselirken, aynı konsantrasyonda 5. günde bir düşüş gözlenmiştir. 0,50 ve 5,00 ppm konsantrasyonlarda, büyümeye hızı 3. güne kadar artmış ve 3. günden sonra düşmüştür. WS ortamındaki sonuçların da benzer olduğu bulunmuştur. Konsantrasyon arttıkça, spesifik büyümeye oranında bir azalma tespit edilmiştir. *L. minor*'un ortalama spesifik büyümeye hızına dayanarak, aynı konsantrasyonda S ortamındaki *L. minor*'ün, WS ortamında *L. minor* 'den daha fazla büyüğü tespit edilmiştir (0,05 ppm'de % 66,6, 0,50 ppm'de % 64,9, 5,00 ppm'de 65,7). *L. minor* yüzdelik biyokütle inhibisyon oranları (% Ib) hesaplandığında, S ortamında biyokütlede bir azalma gözlenmezken, WS ortamında konsantrasyon arttırıldığında biyokütlede azalma gözlenmiştir. Bu azalma, konsantrasyona göre sırasıyla % 24,6 (5 ppm)> % 13,1 (0,50 ppm)> % 9,8 (0,05 ppm) olarak hesaplanmıştır. Bu, tozda bulunan Fe, Mg, Ca ve K gibi çeşitli minerallerin *L. minor*'ün büyümeye hızı üzerinde önemli etkilerinin olması ile açıklanabilir. S ortamında bulunan demir Fe 2 + 'dir ve doğrudan canlı organizmalar tarafından kullanılabilecek bir formdadır.

S ortamında mineralleri kök sistemlerinden ve yapraklarından alan *L. minor*, besinlerle zenginleşti ve bu sayede daha hızlı büyüğü düşünülmektedir. Daha önce yapılmış bir çalışmada atmosfer ile taşınan toprağın bitki büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmış ve çöl kökenli toprakta bitki büyümeyinin gübre karışımı toprağa kıyasla daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Bağcı ve Şengün 2012). Çeşitli buğday türlerinin gelişimi Sahra tozu kullanılarak incelenmiş ve sonuçlar bazı buğday çeşitlerinin Sahra tozunun elementer bileşiminin büyümeye parametreleri üzerindeki etkisinin kimyasal besin çözeltisine (Hewitt) yakın olduğu gösterilmiştir (Yücekutlu ve ark. 2011).

İlgincit ki, klorozis oranı 5,00ppm ve 0,05ppm konsantrasyonlarında 0,50ppm konsantrasyonundan daha yüksek bulunmuştur. Sudaki Fe miktarı 0,50ppm ve 0,05ppm konsantrasyonlarında, 0,50ppm'den daha yüksek tespit edilmiştir. Yani, 0,50ppm konsantrasyon deneyinde Fe alımı daha fazla olduğu gözlenmiştir (Tablo 3). Demir eksikliğinin bir sonucu olarak, bitkilerde klorofilin sentezlenememesi nedeniyle klorozis meydana gelmiş olabilir (Huang ve ark. 2012).

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Cu metalinin *L. minor* kullanılarak biyoremediasyonu hem sahralı hem de sahrasız çözeltilerde test edilmiştir. Aynı zamanda sahralı ortamın *L. minor*'ün büyümesi üzerine etkileri çalışılarak sahrasız ortam ile kıyası yapılmıştır. Cu metalinin toksik etkileri modellenmiş ve istatistiksel olarak zaman, konsantrasyon ve çözelti farklılıklarını karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sonunda, *Lemna minor*'ün bakır temizlemede başarılı olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, Sahra tozu olmayan ortamın (WS), bakır temizleme işleminde Sahra tozu olan ortam (S) kadar başarılı olmadığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın kayda değer sonucu, dördüncü gündeki çıkarım verimliliğinin 7. günden daha yüksek olmasıdır. Bu sonuç, absorbant organizmanın ortamda maruz kalması gereken zamanın önemine işaret etmektedir. Optimum temizleme değerinin S ortamında (% 79,6) en yüksek konsantrasyonda (5,00ppm) olduğu gözlenmiştir. En düşük temizleme değeri, WS ortamında (% 16) 1. günde 0.50 ppm'de bulunmuştur. Oluşturulan tahmin modellerinde kübik modellerin yüksek R^2 değerleri ile toksik etkiyi en iyi şekilde modellediği belirlenmiştir.

V. Geleceğe İlişkin Öngörülen Katkılar

Her sene bulutlarla ülkemize taşınan Sahra tozunun sucul bitkilerin gelişimine ve sucul bitkilerin su kaynaklarındaki kirlenticilerin temizlenmesine olan katkılarını gösterir çalışmalarla öncülük edecek nadir çalışmalarlardandır. Sucul bitkilerin moleküller düzeydeki çalışmalarına da faydalı olacaktır.

VI. Sağlanan Altyapı Olanakları ile Varsa Gerçekleştirilen Projeler

Bu proje ile elde edilmiş sarf malzemeleri, Yeniçağa Gölünden getirilen kerevit dokuları ve göl sedimenti metal birikimi üzerine yapılmış çalışmada da kullanılmıştır. O çalışma da iki farklı yayına dönüştürülecektir.

VII. Sağlanan Altyapı Olanaklarının Varsa Bilim/Hizmet ve Eğitim Alanlarındaki Katkıları

Bu proje ile elde edilmiş sarf malzemeleri, Yeniçağa Gölünden getirilen kerevit dokuları ve göl sedimenti metal birikimi üzerine yapılmış çalışmada da kullanılmıştır. O çalışma da iki farklı yayına dönüştürülecektir.

VIII. Kaynaklar

Andresen, E., Peiter, E. & Küpper, H. (2018). Trace metal metabolism in plants. *Journal of Experimental Botany*, 69, 5, pp. 909–954, DOI: 10.1093/jxb/erx465.

Aggoun, A. & Benmaamar, Z. (2019). Effect of a Mixture of Cadmium and Lead on Nitrate and Phosphate Removal by the Duckweed *Lemna gibba*. *Annali di Botanica*, 9, pp. 53–62, DOI: 10.13133/2239-3129/14301.

Axtell, N.R., Sternberg, S.P.K. & Claussen, K. (2003). Lead and nickel removal using Microspora and *Lemna minor*. *Bioresource Technology*, 89, 1, pp. 41–48, DOI: 10.1016/S0960-8524(03)00034-8.

Bağcı, H.R. & Şengün, M.T. (2012). Effects on The Human Environment and Plants Desert Dusts. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 24, pp. 409-433.

Basile, A., Sorbo, S., Conte, B., Cobianchi, R.C., Trinchella, F., Capasso, C. & Carginale, V. (2012). Toxicity, accumulation, and removal of heavy metals by three aquatic macrophytes. *International Journal of Phytoremediation*, 14, 4, pp. 374–387, DOI: 10.1080/15226514.2011.620653.

Bokhari, S.H., Ahmad, I., Mahmood-Ul-Hassan, M. & Mohammad, A. (2016). Phytoremediation potential of *Lemna minor* L. for heavy metals. *International Journal of Phytoremediation*, 18, 1, pp. 25–32, DOI: 10.1080/15226514.2015.1058331.

Chakraborty, J. & Das, S. (2016). Molecular perspectives and recent advances in microbial remediation of persistent organic pollutants. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 17, pp. 16883–16903, DOI: 10.1007/s11356-016-6887-7.

Deshmukh, R., Khardenavis A.A. & Purohit, H.J. (2016). Diverse metabolic capacities of fungi for bioremediation. *Indian Journal of Microbiology*, 56, 3, pp. 247–264, DOI: 10.1007/s12088-016-0584-6.

Fikirdeşici-Ergen, Ş., Üçüncü-Tunca, E., Kaya, M. & Tunca, E. (2017). Bioremediation of heavy metal contaminated medium using *Lemna minor*, *Daphnia magna* and their consortium. *Chemistry and Ecology*, 34, 1, pp. 43-55, DOI: 10.1080/02757540.2017.1393534.

Fikirdeşici-Ergen, Ş. & Üçüncü-Tunca, E. (2018). Nanotoxicity Modelling and Removal Efficiencies of ZnONP. *International Journal of Phytoremediation*, 20, 1, pp. 16-26, DOI: 10.1080/15226514.2017.1319324.

Fontanilla, C.S. & Cuevas, V.C. (2010). Growth of *Jatropha curcas* L. Seedlings in Copper-Contaminated Soils Amended with Compost and *Trichoderma pseudokoningii* Rifai. *Philippine Agricultural Scientist*, 93, 4, pp. 384-391.

Garcia-Molina, A., Andres-Colas, N., Perea-Garcia, A., Del Valle-Tascon, S., Penarrubia, L. & Puig, S. (2011). The intracellular *Arabidopsis* COPT5 transport protein is required for photosynthetic electron transport under severe copper deficiency. *The Plant Journal*, 65, pp. 848-860, DOI: 10.1111/j.1365-313X.2010.04472.x.

Gomez-Casati, D.F., Busi, M.V. & Pagani, M.A. (2018). Plant Frataxin in Metal Metabolism, *Frontiers in Plant Science*, 9, 1706, DOI: 10.3389/fpls.2018.01706.

Grillet, L., Mari, S. & Schmidt, W. (2013). Iron in seeds-loading pathways and subcellular localization. *Frontiers in Plant Science*, 4, 535, DOI: 10.3389/fpls.2013.00535.

Hansch, R. & Mendel, R.R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*, 12, pp. 259–266, DOI: 10.1016/j.pbi.2009.05.006.

Hanks, N.A., Caruso, J.A. & Zhang, P. (2015). Assessing *Pistia stratiotes* for phytoremediation of silver nanoparticles and Ag (I) contaminated waters. *Journal of Environmental Management*, 164, pp. 41-45, DOI: 10.1016/j.jenvman.2015.08.026.

Hashimoto, A. & Kambe, T. (2015). Mg, Zn and Cu Transport Proteins: A Brief Overview from Physiological and Molecular Perspectives. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 61, pp. 116-118, DOI: 10.3177/jnsv.61.S116.

Hejna, M., Gottardo, D., Baldi, A., Dell'Orto, V., Cheli, F., Zaninelli, M. & Rossi, L. (2018). Review: Nutritional ecology of heavy metals. *Animal*, 12, 10, pp. 2156-2170, DOI: 10.1017/S175173111700355X.

Huang, H., Hu, C.X., Tan, Q., Hu, X., Sun, X. & Bi, L. (2012). Effects of Fe EDDHA application on iron chlorosis of citrus trees and comparison of evaluations on nutrient balance with three approaches. *Scientia Horticulturae*, 146, pp. 137–142, DOI: 10.1016/j.scienta.2012.08.015.

ISO. (2006). International Organization for Standardization, determination of the toxic effect of water constituents and wastewater on duckweed (*Lemna minor*) – Duckweed growth inhibition test, ISO norm 20079.

John, R., Ahmad, P., Gadgil, K. & Sharma, S. (2008). Effect of cadmium and lead on growth, biochemical parameters and uptake in *Lemna polyrrhiza* L. *Plant, Soil and Environment*, 54, 6, pp. 262–270, DOI: 10.17221/2787-PSE.

Johnson, M.S. & Meskhidze, N. (2013). Atmospheric dissolved iron deposition to the global oceans: effects of oxalate-promoted Fe dissolution, photochemical redox cycling, and dust

mineralogy. *Geoscientific Model Development*, 6, pp. 1137–1155, DOI: 10.5194/gmd-6-1137-2013.

Kuppusamy, S., Thavamani, P., Megharaj, M., Venkateswarlu, K., Lee, Y.B. & Naidu, R. (2016). Pyrosequencing analysis of bacterial diversity in soils contaminated long-term with PAHs and heavy metals: Implications to bioremediation. *Journal of Hazardous Materials*, 317, pp. 169–179, DOI: 10.1016/j.jhazmat.2016.05.066.

Laity, J. (2008). Deserts and Deserts Environments. Wiley-Blackwell Publications & Chichester, United Kingdom 2008.

Lee, S.R. (2018). Critical Role of Zinc as Either an Antioxidant or a Prooxidant in Cellular Systems. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* Hindawi, 9156285, DOI: 10.1155/2018/9156285.

Majlesi, M. & Hashempour, Y. (2017). Removal of 4-chlorophenol from aqueous solution by granular activated carbon/nanoscale zero valent iron based on Response Surface Modeling. *Archives of Environmental Protection*, 43, 4, pp. 13–25, DOI: 10.1515/aep-2017-0035.

Milner, M.J., Seamon, J., Craft, E. & Kochian, L.V. (2013). Transport properties of members of the ZIP family in plants and their role in Zn and Mn homeostasis. *Journal of Experimental Botany*, 64, 1, pp. 369–38, DOI: 10.1093/jxb/ers315.

Mkandawire, M & Dudel, E.G. (2007). Are Lemna spp. Effective Phytoremediation Agents. *Bioremediation Biodivers Bioavailability*. 1,1, pp. 56-71.

Mohammed, D.A. (2016). Comparative study of the toxicity and phyto-extraction capacity of L. minor and L. gibba in polluted water by cadmium. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 6, 3, pp. 6-17, DOI: 10.21276/Ijpaes.

OECD. (2006). Organisation for Economic Co-operation and Development Guidelines for the Testing of Chemicals Test No. 221: Lemna sp. Growth Inhibition Test.

Osredkar, J. & Sustar, N. (2011). Copper and Zinc, Biological Role and Significance of Copper/Zinc Imbalance. *Journal of Clinical Toxicology*, S3, 001, DOI: 10.4172/2161-0495.S3-001.

Özsoy, T. & Örnektekin, S. (2008). Red Rain in the North-Eastern Mediterranean. *Ecology*, 18, 69, pp. 20-31.

Parmar, M. & Thakur, L.S. (2013). Heavy Metal Cu, Ni and Zn: Toxicity, Health Hazards and Their Removal Techniques by Low Cost Adsorbents: A Short Overview. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 3, 3, pp. 143-157.

Pilon, M., Ravet, K. & Tapken, W. (2011). The biogenesis and physiological function of chloroplast superoxide dismutases. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1807, 8, pp. 989- 998, DOI: 10.1016/j.bbabi.2010.

Puig, S., Andres-Colas, N., Garcia-Molina, A. & Penarrubia, L. (2007). Copper and iron homeostasis in *Arabidopsis*: response to metal deficiencies, interactions and biotechnological applications. *Plant, Cell & Environment*, 30, pp. 271-290, DOI: 10.1111/j.1365-3040.2007.01642.x.

Puig, S. (2014). Function and Regulation of the Plant COPT Family of High-Affinity Copper Transport Proteins. *Advances in Botany*, 476917, DOI: 10.1155/2014/476917.

Rizzolo, A.J., Barbosa, C.G.G., Borillo, G.C., Godoi1, A.F.L., Souza, R.A.F., Andreoli, R.V., Manzi, A.O., Sá, O.M., Alves, E.G., Pöhlker, C., Angelis, I.H., Ditas, F., Saturno, J., Moran-Zuloaga, D., Rizzo, L.V., Rosário, N.E., Pauliquevis, T., Yamamoto, C.I., Andreae, M.O., Taylor, P.E. & Godoi1, R.H.M. (2017). Mineral nutrients in Saharan dust and their potential impact on Amazon rainforest ecology. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 16, DOI: 10.5194/acp-2016-557.

Rout, G.R. & Sahoo, S. (2015). Role of Iron in Plant Growth and Metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, 3, pp. 1-2. DOI: 10.7831/ras.3.1.

Ruiz, L.M., Jensen, E.L., Rossel, Y., Puas, G.I., Gonzalez-Ibanez, A.M., Bustos, R.I., Ferrick, D.A. & Elorza, A.A. (2016). Non-cytotoxic copper overload boosts mitochondrial energy metabolism to modulate cell proliferation and differentiation in the human erythroleukemic cell line K562. *Mitochondrion*, 29, pp. 18–30, DOI: 10.1016/j.mito.2016.04.005.

Saydam, C.A. (2014). Desert Dust Cloud Interactions and Natural Iron Enrichment Mechanism. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 1, 1-3, pp. 1-11.

Schoffman, H., Lis, H., Shaked, Y. & Keren, N. (2016). Iron–Nutrient Interactions within Phytoplankton. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1223, DOI: 10.3389/fpls.2016.01223.

Sidhoum, W. & Fortas, Z. (2019). The beneficial role of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of wetland plants and tolerance to metal stress. *Archives of Environmental Protection*, 45, 1, pp. 103–114, DOI: 10.24425/aep.2019.125916.

Skjolding, L.M., Winther-Nielsen, M. & Baun, A. (2014). Trophic transfer of differently functionalized zinc oxide nanoparticles from crustaceans (*Daphnia magna*) to zebrafish (*Danio rerio*). *Aquatic Toxicology*, 157, pp. 101–108, DOI:10.1016/j.aquatox.2014.10.005.

Thomas, M., Zdebik, D. & Bialecka, B. (2018a). Use of sodium trithiocarbonate for removal of chelated copper ions from industrial wastewater originating from the electroless copper plating process. *Archives of Environmental Protection*, 44, 2, pp. 32–42, DOI: 10.24425/119682.

Thomas, M., Bialecka, B. & Zdebik, D. (2018b). Removal of copper, nickel and tin from model and real industrial wastewater using sodium trithiocarbonate. The negative impact of complexing compounds. *Archives of Environmental Protection*, 44, 1, pp. 33–47, DOI: 10.24425/118179.

Thomas, M., Bialecka, B. & Zdebik, D. (2018c). Removal of organic compounds from wastewater originating from the production of printed circuit boards by UV-Fenton method. *Archives of Environmental Protection*, 43, 4, pp. 39–49, DOI: 10.1515/aep-2017-0044.

Ucuncu, E., Tunca, E., Fikirdesici, S., Özkan, A.D. & Altındağ, A. (2013). Phytoremediation of Cu, Cr and Pb mixtures by *Lemna minor*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 91, 5, pp. 600–604, DOI: 10.1007/s00128-013-1107-3.

Üçüncü E, Tunca E, Fikirdeşici S & Altindag, A. (2013). Decrease and increase profile of Cu, Cr and Pb during stable phase of removal by duckweed (*Lemna minor*). *International Journal of Phytoremediation*, 15, 4, pp. 376–384, DOI: 10.1080/15226514.2012.702808.

Üçüncü , E., Özkan, A.D., Kurşungöz, C., Ülger, Z.E., Ölmez, T.T., Tekinay, T., Ortaç, B. &

EK-11 Sonuç Raporu Formatı

Tunca, E. (2014). Effects of laser ablated silver nanoparticles on *Lemna minor*. *Chemosphere*, 108, pp. 251-257, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.01.049.

Verma, R. & Dwivedi, P. (2013). Heavy metal water pollution- A case study. *Recent Research in Science and Technology*, 5, 5, pp. 98-99.

Waters, B.M., Chu, H.H., Didonato, R.J., Roberts, L.A., Eisley, R.B., Lahner, B., Salt, D.E. & Walker, E.L. (2006). Mutations in *Arabidopsis* yellow stripe-like 1 and yellow stripe-like 3 reveal their roles in metal ion homeostasis and loading of metal ions in seeds. *Plant Physiology*, 141, pp. 1446-1458, DOI: 10.1104/pp.106.082586.

Waters, B.M. & Armbrust, L.C. (2013). Optimal copper supply is required for normal plant iron deficiency responses. *Plant Signaling & Behavior*, 8, 12, e26611, DOI: 10.4161/psb.26611.

Williams, L.E. & Mills, R.F. (2005). P1B-ATPases-an ancient family of transition metal pumps with diverse function in plants. *Trends in Plant Science*, 10, pp. 491-502, DOI: 10.1016/j.tplants.2005.08.008.

Yruela, I. (2005). Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17, 1, pp. 145-156, DOI: 10.1590/S1677-04202005000100012.

Yuan, M., Li, X., Xiao, J. & Wang, S. (2011). Molecular and functional analyses of COPT/Ctr-type copper transporter-like gene family in rice. *BMC Plant Biology*, 11, 69, DOI: 10.1186/1471-2229-11-69.

Yücekutlu, N., Terzioğlu, S., Saydam, C. & Bildacı, I. (2011). Organic Farming By Using Saharan Soil: Could It Be An Alternative To Fertilizers? *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 39, 1, pp. 29–37.

Zendelska, A., Golomeova, M., Golomeov, B. & Krstev, B. (2018). Removal of lead ions from acid aqueous solutions and acid mine drainage using zeolite bearing tuff. *Archives of Environmental Protection*, 44, 1, pp. 87–96, DOI: 10.24425/118185.

Zhang, D., Hua, T., Xiao, F., Chen, C., Gersberg, R.M., Liu, Y., Stuckey, D., Ng, W.J. & Tan, S.K. (2015). Phytotoxicity and bioaccumulation of ZnO nanoparticles in *Schoenoplectus tabernaemontani*. *Chemosphere*, 120, pp. 211-219, DOI: 10.1016/j.chemosphere.2014.06.041.

IX. Ekler

a. Mali Bilanço ve Açıklamaları

Tüketime yönelik mal ve malzeme alımları:

Tüm sarf malzemeler temin edilmiştir. Toplam ödenek 9000,00TLdir;

8852,50 TL'si harcanmış, 147,50TL'si kalmıştır. Alttaaki tabloda bütçe bilgisi yer almaktadır.

EK-11 Sonuç Raporu Formatı

SİS Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü

Sahra Taramut Bir Socul Bili̇ki̇ Olan Lema'mın Rüyâne ve Balor Mefalini Sudan | İBNO-130002 | Geçici Olarak Taramuland

Görüş Eşleme | Yardımcılar | Yı Planı | Ödele Listesi | Ödeneler | Yayımlar ve Arf Sayısı | Hesaplar | Değerlendir | İhizâç Formuları | Raporlar | Baş.Kam. Karşılıkları | Son.

A) Proje Bütçesi (Başlangıç ödeneğinden projeye kabul edilene kadar tedi̇f edilen, kabul edildikten sonra tabùl edilen rakamlar gösterilir)

Bölge	Yıl	Detaylı										
Bölge Kodu	Açıklama	Önceki Yıldan Devir	Başlangıç Ödeme	Eklenen Alttarma	Düzenlen Aktsma	Eklenen Ödeme	Düzenlen Ödeme	Net Ödeme	Harcalan	Bloke Edilen (Milyon)	Bloke Edilen (Düzen)	Kalan
2018	032 TÜKETİME YÖNELİK MAL VE MALZEME ALIMLARI	0,00	9.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.000,00	8.852,50	0,00	0,00	147,50
	Toplam	0,00	9.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.000,00	8.852,50	0,00	0,00	147,50

Ek Ödemeler ve Alttarmalar (Bu bölüm SAP Koordinatörlüğü tarafından doldurulacaktır)

barışım

b. Makine ve Teçhizatın Konumu ve İlerideki Kullanımına Dair Açıklamalar

c. Teknik ve Bilimsel Ayrıntılar

d. Sunumlar (bildiriler ve teknik raporlar) (Altyapı ve Yönlendirilmiş Projeler için uygulanmaz)

e. Yayımlar (hakemli bilimsel dergiler) ve tezler (Altyapı ve Yönlendirilmiş Projeler için uygulanmaz)

1946