



# Farklı Tuz Konsantrasyonlarında Semiz Otu (*Portulaca oleracea*) ve Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*) Bitkileri Uygulanarak Tuzlu Toprakların Fitoremediasyon Yöntemiyle İyileştirilmesi

Hasan Er<sup>1,2\*</sup>, Semih Elibol<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7880-8697), [hasaner@bingol.edu.tr](mailto:hasaner@bingol.edu.tr)

<sup>2</sup> Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal Ürünler AR-GE ve ÜR-GE Uyg. ve Arş. Merkezi / Rektörlük, Bingöl, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7880-8697), [hasaner@bingol.edu.tr](mailto:hasaner@bingol.edu.tr)

<sup>3</sup> Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bingöl, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5385-2571), [selibol@bingol.edu.tr](mailto:selibol@bingol.edu.tr)

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, March 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1069094)

**ATIF/REFERENCE:** Er, H., & Elibol, S. (2022). Farklı Tuz Konsantrasyonlarında Semiz Otu (*Portulaca oleracea*) ve Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*) Bitkileri Uygulanarak Tuzlu Toprakların Fitoremediasyon Yöntemiyle İyileştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (34), 70-74.

## Öz

Tuzluluk tarımı olumsuz etkileyen en önemli çevresel faktörlerin başında gelmektedir. Tuzlu toprakların iyileştirilmesi maliyet ve yüksek iş gücü gerektirdiğinden dolayı fitoremediasyon alternatif bir yöntem olarak düşünülmektedir. Toprakta bulunan fazla tuzların bitkiler kullanılarak giderilmesi olarak ifade edilmektedir. Bu amaçla Semizotu (*Portulaca oleracea*) ve Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*) bitkilerinin farklı tuz konsantrasyonlarında fitoremediasyon yöntemi ile değerlendirme potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada Toprak tuzluluğunu sağlamak amacıyla 4 farklı tuz (NaCl) konsantrasyonu (0, 75, 150 ve 200 mM) uygulanmıştır. Araştırmada bitki boyu, bitki kuru ağırlığı ve yaş ağırlığı parametreleri ölçülmüştür. Hasad öncesi ve sonrası toprakta elektriksel iletkenlik (EC), değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), katyon değişim kapasitesi (KDK) özellikleri incelenmiştir. bitki boyu, yaş ağırlığı ve kuru ağırlık değerlerine bakıldığında kamışsı yumak bitkisinin bitki boyu %6.33 arttığı, bitki kuru ağırlığı % 5.05 ve bitki yaş ağırlığı (% 11.12) azaldığı görülmüştür. Semizotu bitkisinde ise bitki boyu %39.1 azalmış, bitki yaş ve kuru ağırlığı % 45 ve % 42.11 artmıştır. İki farklı bitki grubundan oluşan çalışmada bitkilerin ekiminden önce ve hasatlarından sonra tuzlu toprakta EC, ESP ve KDK okumaları gerçekleştirilmiştir. Her iki bitkide de düşüş gözlemlenmiştir. Hesaplamalar neticesinde kamışsı yumak bitkisi, semiz otu bitkisine göre EC ve ESP değerlerini daha fazla azalttığı belirlenmiştir. KDK değerlerine bakıldığında bütün uygulamalar için önemli değişimlerin olmadığı hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda her iki bitkininde tuzlu toprakların ıslahında kullanılan diğer yöntemlere ek olarak düşünülen fitoremediasyon yönteminde tercih edilebilecek bitkiler olarak görülebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fitoremediasyon, Tuzlu topraklar, *Portulaca oleracea*, *Festuca arundinacea*, Yeşil ıslah

## Improvement of Salty Soils by Phytoremediation Method by Applying (*Portulaca oleracea*) and (*Festuca arundinacea*) Plants at Different Salt Concentrations

### Abstract

Salinity is one of the most important environmental factors affecting agriculture negatively. Phytoremediation is considered as an alternative method because of the high cost and labor requirement of remediation of saline soils. It is expressed as the removal of excess salts in the soil by using plants. For this purpose, the evaluation potential of Purslane (*Portulaca oleracea*) and Reed Yumak (*Festuca arundinacea*) plants at different salt concentrations by phytoremediation method was investigated. In the study, 4 different salt (NaCl) concentrations (0, 75, 150 and 200 mM) were applied to ensure soil salinity. In the study, plant height, plant dry weight and fresh weight parameters were measured. Electrical conductivity (EC), exchangeable sodium percentage (ESP), cation exchange capacity (CDC) properties were investigated in the soil before and after harvest. Considering the plant height, fresh weight and dry weight values, it was observed that the plant height of the cane ball plant increased by 6.33%, the plant dry weight was 5.05% and the plant fresh weight (11.12%) decreased. In the purslane plant, the plant height decreased by 39.1%, the fresh and dry weight of the plant increased by 45%

\* Sorumlu Yazar: [hasaner@bingol.edu.tr](mailto:hasaner@bingol.edu.tr)

and 42.11%. In the study consisting of two different plant groups, EC, ESP and CDC readings were performed in saline soil before planting and after harvesting. A decrease was observed in both plants. As a result of the calculations, it was determined that the cane ball plant decreased the EC and ESP values more than the purslane plant. Considering the CDC values, it was calculated that there were no significant changes for all applications. As a result of the research, both plants can be seen as plants that can be preferred in the phytoremediation method, which is considered in addition to other methods used in the reclamation of saline soils..

**Keywords:** Phytoremediation, Saline soils, Portulaca oleracea, Festuca arundinacea, Green breeding

## 1. Giriş

Toprak tuzluluğu yarı ve kurak bölgelerde tarımsal üretkenlik ve sürdürülebilirlik üzerinde ciddi olumsuz etkileri olan önemli bir çevresel faktör olarak görülmektedir (Shereen vd. 2016). Tuzluluk doğal süreçler veya aşırı sulama ve gübreleme sonucu toprak çözeltisi içerisinde toplam çözünmüş tuz konsantrasyonunun artması olarak ifade edilmektedir (Machado ve Serralheiro 2017). Birleşmiş Milletler Çevre Programı, dünyadaki tarım arazilerinin yaklaşık %20'sinin ve ekili alanların %50'sinin tuz stresi altında olduğunu tahmin etmektedir (Ravindran vd. 2007). Sulanabilir tarım alanlarının yaklaşık %20'si tuzluluktan etkilenmiş ve tarımsal üretim önemli derecede azalmıştır (Qadir vd. 2014). Dünya tarım arazilerinin sınır değerlerine ulaştığı dikkate alındığında tuzlu topraklar gibi sorunlu arazilerin ıslah edilerek tekrar tarıma kazandırılması önem teşkil etmektedir (Angın 2014). Tuzlu toprakların ıslahında yıkama, drenaj, derin sürüm, kumlama, kimyasal ıslah malzemeleri vb. gibi günümüzde birçok yöntem mevcuttur (Chhabra 2017). Bu yöntemlerin maliyetli olması, uzun sürmesi ve kimyasal ıslah işlemlerinde, tuzluluğun giderilmesi sırasında uygulanacak yıkama suyunun sürdürülebilir su kaynaklarının kullanımını daha etkin kullanmak amacıyla ıslah işlemleri için yeni yöntemler arayışına gidilmesi gerekmektedir.

Fitoremediasyon, tuzlu toprakların ıslahı için son zamanlarda araştırması yapılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Han 2013; Karakas 2016; Er vd. 2021). Bitki ile ıslah olarak da adlandırılan fitoremediasyon, toprakta bulunan fazla tuzların bitkiler kullanılarak giderilmesi olarak tanımlanmaktadır (Qadir 2007; Shmaefsky 2020). Fitoremediasyon yöntemi ile tuzlu toprakların iyileştirilmesi işleminde ıslah amacıyla halofit bitkilerin kullanılması olumlu açıdan daha etkin olduğu düşünülmektedir (Nouri vd. 2017). Halofit bitkiler tuza dayanımı yüksek bitkiler olarak bilinmektedir. Bu bitkiler tuzlu koşullarda yetiştirilebilir ve tuzları dokularında biriktirerek fitoremediasyona yardımcı oldukları düşünülmektedir (Hasanuzzaman vd. 2014).

Bu çalışmada tuzlu toprakların fitoremediasyon yöntemi ile tekrardan ekonomik olarak üretken hale getirebilmeyi ve tuzluluğun verdiği olumsuz sebeplerden dolayı herhangi bir bitki deseni bulunmayan arazilerin toprak erozyonu ve çölleşmeyi azaltmak amacıyla halofit bitkilerin yetiştirilme potansiyeli ve kullanım olanaklarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Araştırma 2021 yılında Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne bağlı seralarda saksı çalışması olarak yürütülmüştür. Denemede materyali olarak Semizotu (*Portulaca oleracea*) ve Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*) bitkileri kullanılmıştır. Halofit türleri gölgede kurutulmuş ve 2 mm lik elekten geçirilmiş 8 litrelik saksılara yerleştirilmiştir. Toprak tuzluluğunu sağlamak amacıyla 0, 75, 150 ve 200 mM NaCl saf suda çözültilerek toprağa verilmiştir. Çalışma tam şansa bağlı tesadüf desenine göre üç tekrarlamalı olarak 12 saksıda yürütülmüştür. Gelişme süresince bitkiler yaklaşık tarla kapasitesine getirilecek şekilde, ihtiyaç duyuldukça sulanmıştır.

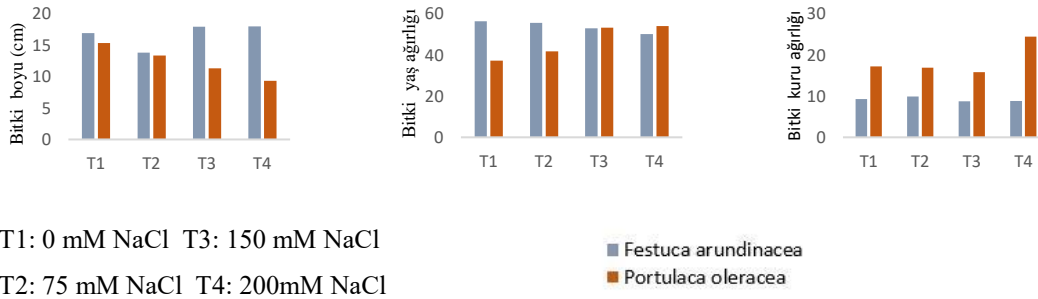
Bitki fiziksel analizleri; Bitki boyu Rastgele seçilen bitkilerin toprakla temas ettiği kök boğazından uç kısmın uzunluğu ölçülerek aritmetik ortalaması alındı. Bitki yaş ağırlığı her bir saksıdan biçilerek hasat edilen otsu bitkiler tartılarak belirlendi. Bitki kuru ağırlığı her bir saksıdan alınan yaş örneklerinin 70 °C'de ağırlıkları sabitleninceye kadar 48 saat kurutulmasından sonra tartılarak belirlendi.

Toprak analizleri; Bünye analizi: Toprakların kum, kil ve silt fraksiyonlarının oransal dağılımı Bouyoucos hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Canbolat 2011). Toprak reaksiyonu (pH) ve Toprak numunelerinin Elektriksel iletkenlik (EC) ölçümü EC metre ile ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Toprak kireç miktarı (%CaCO<sub>3</sub>) analizi, Toprağın Scheibler kalsimetresinde seyreltik hidroklorik asitle reaksiyona tabi tutulması ile karbonatlardan çıkan CO<sub>2</sub> gazının kapalı bir boruda tutularak hacminin ölçülmesi ve ölçülen değerlerin hesaplanması ile belirlenmiştir (Allison ve Moodie 1965). Suda çözünebilir katyonları, Satürasyon çamurundan elde edilen süzüğün kullanılmasıyla AASP ile ölçülerek Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ve K<sup>+</sup> gibi katyonlar belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi (KDK), Na asetat ve Amonyum asetat çözeltileri ile iyon değiştirme esasına dayanan yöntem (atomik absorpsiyon spektrometre (AASP) ile hesaplanmıştır (Sumner ve Miller 1996). Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP): Toprakların KDK sı ve değişebilir Na iyonlarından oransal ifadesi olarak belirlenmiştir. Deneme boyunca gözlemlenen parametreler tesadüf deneme desenine göre SPSS istatistik programında varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıklar %5 önem seviyesinde Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*) ve Semiz otu (*Portulaca oleracea*) bitkilerinin 100 gün süren hasadın sonunda bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı ve bitki boyları ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Dört farklı tuzluluk seviyesi için Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*) ve Semiz otu (*Portulaca oleracea*) bitkilerinin vejetatif ölçüm grafikleri



Tablo 2. Dört farklı tuzluluk seviyesi için Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea*) ve Semiz otu (*Portulaca oleracea*) bitkilerinin vejetatif ölçüm istatistikleri

Toprak Tuz Düzeyleri	Kamışsı Yumak ( <i>Festuca arundinacea</i> )						Semiz otu ( <i>Portulaca oleracea</i> )					
	Bitki boyu		Bitki kuru ağırlığı		Bitki yaş ağırlığı		Bitki boyu		Bitki yaş ağırlığı		Bitki kuru ağırlığı	
	N	Ort.	N	Ort.	N	Ort.	N	Ort.	N	Ort.	N	Ort.
T1	3	16.9a	3	9.29a	3	56,37a	3	15.33a	3	37.23a	3	17.19a
T2	3	13.8b	3	9.88a	3	55,6a	3	13.33b	3	41,7a	3	16,93a
T3	3	17.96c	3	8.77b	3	52,92b	3	11.33c	3	53,2b	3	15,83b
T4	3	17.97c	3	8.82b	3	50,1b	3	9.33d	3	54b	3	24.43c

\* p<0,05, \*\*p<0,01 not: Aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir.

Tablo 2'e göre tuz konsantrasyonları ile bitki boyu, bitki kuru ağırlığı ve bitki yaş ağırlığı arasında ilişki anlamlı bulunmuştur (P<0.05). Kamışsı yumak bitki boyu T3 ve T4 uygulamalarında aynı grupta yer almış olup T1 ve T2 uygulamalarında farklılaşmaktadır. Bitki kuru ağırlığı ve bitki yaş ağırlığı T1-T2 ve T3-T4 uygulamalarında aynı grupta yer almıştır. Semiz otu bitkisine bakıldığında bitki boyu bütün uygulamalarda farklı grupta yer almıştır. Bitki yaş ağırlığı T1-T2 ve T3-T4 uygulamalarında aynı grupta yer almıştır. Bitki kuru ağırlığı ise T1 ve T2 uygulamaları aynı T3 ve T4 uygulamaları farklı bulunmuştur. Bitki yaş ağırlığı incelendiğinde T4 uygulamasının T1 uygulamasına göre % 46'lık önemli bir artışın geldiği gözlemlenmiştir.

Topraklarda yapılan analizler sonucu elde edilen toprağa ait genel özellikler Tablo 3'de verilmiştir. İki farklı bitki grubundan oluşan çalışmada bitkilerin ekiminden önce ve hasatlarından sonra tuzlu toprakta EC okumaları gerçekleştirilmiştir. Her iki bitkide de düşüş gözlemlenmiştir. Kamışsı yumak bitkisi T2 uygulamasında 7.09 dS/m iken 2.1 dS/m (% 70 azalış), T4 uygulamasında 13.8 dS/m iken 4.2 dS/m (% 69.5 azalış) ile en önemli düşüşler hesaplanmıştır. Semizotu bitkisinde ise T3 uygulamasında 10.09 dS/m iken 4.3 dS/m (% 57.38 azalış), T4 uygulamasında 13.8 dS/m iken 5.5 dS/m (% 60.1 azalış) ile en önemli düşüşler hesaplanmıştır (Tablo 4). Hesaplamalar

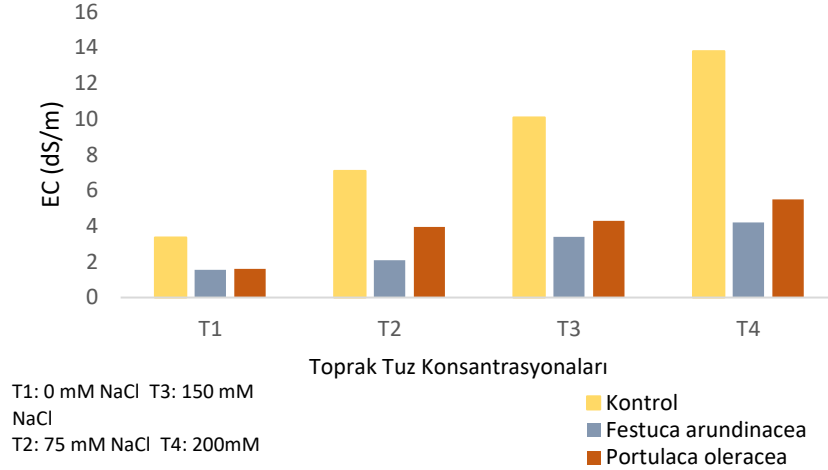
neticesinde kamışsı yumak bitkisi, semiz otu bitkisine göre EC değerlerini daha fazla azalttığı belirlenmiştir.

Tablo 3. Araştırmada kullanılan toprağa ait genel özellikler

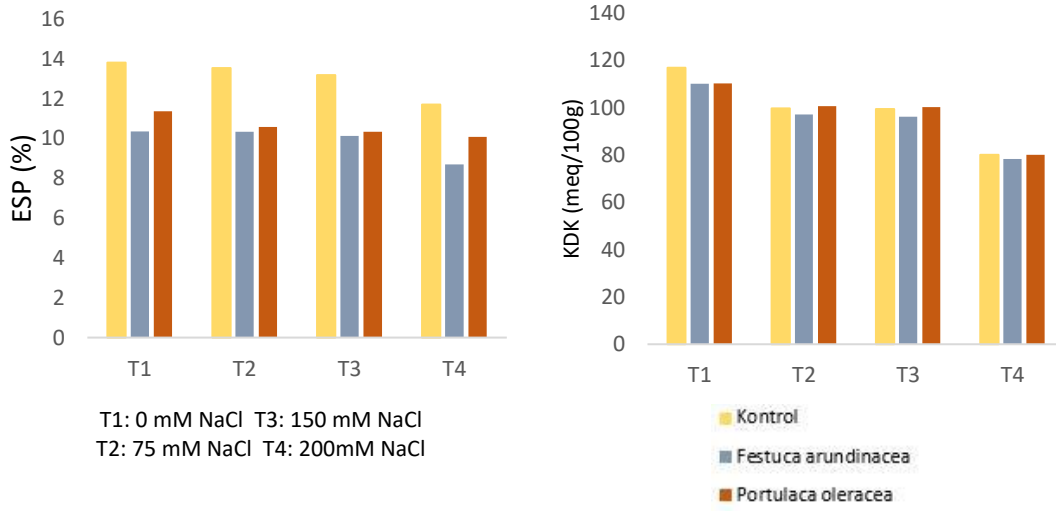
Tekstür(%)							
Kil	Silt	Kum	Smf	pH	OM (%)	K <sub>2</sub> O (kg/da)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)
58	23	19	killi	7.5	1.17	75.88	3.59

İki farklı bitkinin yetiştirildiği toprakta yapılan ekim öncesi ve hasat sonrası Değişebilir sodyum yüzdesi değerleri incelendiğinde iki bitkide ESP değerlerini azalttığı görülmüştür. Kamışsı yumak bitki T4 uygulaması değişebilir sodyum yüzdesini % 11.7'den 8.7'ye, T1 uygulaması ise %13,81'den 10,36'ya düşürerek en önemli azalışlar gözlemlenmiştir. Semizotu bitkisinde ise T2 uygulaması % 13.54'den 10.58'e, T3 uygulaması %13.19'dan 10.34'e düşürerek en önemli azalışlar gözlemlenmiştir (Tablo 5). Hesaplamalar sonucunda iki bitki kıyasladığında kamışsı yumak bitkisinin ESP değerlerini daha fazla düşürdüğü belirlenmiştir. İki bitkinde KDK değerlerine bakıldığında bütün uygulamalar için önemli değişimlerin olmadığı hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 4. Hasat sonrasında toprakların gösterdikleri elektiriksel iletkenlik (EC) değerleri.



Tablo 5. Hasat sonrasında toprakların gösterdikleri Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) ve Katyon Değişim Kapasiteleri (KDK)



Akhter ve ark., (2003) tuzlu-sodik toprakların ışlahında baraj otu (*Leptochloafusca* L.) bitkisini kullanmıştır. Araştırma 5 yıl boyunca gözlemlenmiş ve araştırma sonucu olarak baraj otunun tuzlu sodik toprakların elektiriksel iletkenlik (EC) ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri üzerine olumlu bir etki yaptığı belirtilmiştir. Ayrıca Akhter ve ark., (2004) fitoremediasyon üzerine yaptığı çalışmasında tuzlu-sodik topraklarda baraj otu (*Leptochloafusca* L.) bitkisini yetiştirmişlerdir. Çalışma sonucunda toprakların kullanılabilir su tutma kapasitesi, hidrolik iletkenliği ve toprağın strüktürel dayanımı üzerine olumlu sonuçlar belirlemişlerdir. Ravindran ve ark., (2007), fitoremediasyon yöntemi üzerine yaptığı araştırmada *Clerodendroninerna Gaertn.*, *Sesuvium portulacastrum* L., *Heliotropium curassavicum* L., *Suaedemaritima* Dum., *Ipomoea pes-caprae* Sweet., halofit bitkileri 0, 30, 60, 90 ve 120 gün boyunca yetiştirilmiş ve uygulama periyodu boyunca toprağın elektiriksel iletkenlik (EC) ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerlerinde önemli derecede olumlu değişimler olduğu ifade edilmiştir. Karakaş (2017) yürüttüğü çalışmada farklı tuz seviyelerine sahip topraklarda (T1: 0.9 dS/m, T2: 4.2 dS/m, T3: 7.2 dS/m ve T4: 4.1 dS/m) yetiştirilen *Salsola* soda ve *Portulacaoleracea* bitkilerin, toprakların EC değerlerini önemli derecede azaltmış olup, kimyasal ışlah malzemeleri ile yapılan

uygulamalara alternatif bir yöntem olabileceği belirtilmiştir. Li ve ark., (2019) tuzlu toprakların iyileştirilmesi üzerine yaptığı çalışmada *Suaeda salsa* ve *Trichoderma asperellum* bitkilerinin fitoremediasyon tekniği olarak kullanılabilceği belirtmişlerdir.

#### 4. Sonuç

Tuzlu toprakların artması dünya genelinde büyük sorunlardan biri olup tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması tarıma ve gıdaya olan ihtiyacı da önemli derece de artırmaktadır. Bu bağlamda yaptığımız araştırmamızda tuzlu toprakların fitoremediasyon yöntemiyle iyileştirilmesinin etkisini belirlemek için 2 farklı bitki ve 4 farklı tuz konsantrasyonu uygulanmıştır. Çalışmada bitkinin bitki boyu, bitki yaş ağırlığı ve kuru ağırlığına ölçülmüş olup, toprakta ise elektiriksel iletkenlik (EC), değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri analiz edilmiştir. Analizler neticesinde yetiştirilen her iki bitkide tuzlu toprakların ışlahında kullanılan diğer yöntemlere ek olarak düşünölen fitoremediasyon yönteminde tercih edilebilecek bitkiler olarak görölebilmektedir.

## Kaynakça

- Chhabra, R. (2017). Soil salinity and water quality. Routledge.
- Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K. A., Ahmed, S., & Murray, R. (2003). "Amelioration of a saline sodic soil through cultivation of a salt-tolerant grass", *Leptochloa fusca*. *Environ. Conserv.*, 30, 168-174.
- Akhter, J., Murray, R., Mahmood, K., Malik, K.A., Ahmed, S. (2004). Improvement of degraded physical properties of a saline-sodic soil by reclamation with kallar grass (*Leptochloa fusca*). *Plant and Soil*. 258, 207-216.
- Allison, L.E., Moodie C.D., (1965). Carbonate, In: C.A. Black (Ed.), *Methods Of Soil Analysis, Part 2, Agronomy*. 9, 1379-1400. USA
- Angin, İ. (2014). Tuzlu-Sodik ve Sodik Toprakların Islahına Farklı Bir Yaklaşım: Yeşil Islah. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 103-116.
- Canbolat, M. Y., (2011). Toprağa H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Muamelesinin Day ve Bouyoucos Hidrometre Yöntemlerinde Dane Büyüklük Dağılımı Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1).
- Er, H., Meral, R., & Kuşlu, Y. (2021). Tuzlu Toprakların Halofit Bitkiler Kullanarak Fitoremediasyon Yöntemiyle İyileştirilmesi Olanaklarının Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Scientific Reviews*, 14(2), 101-110.
- Han, L., Liu, H., Yu, S., Wang, W., & Liu, J. (2013). Potential application of oat for phytoremediation of salt ions in coastal saline-alkali soil. *Ecological engineering*, 61, 274-281.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Alam, M.M., Bhowmik, P.C., Hossain, M.A., Rahman, M.M., Prasad, M.N.V., Ozturk, M., Fujita, M., (2014). Potential use of halophytes to remediate saline soils. *Biomed. Res. Int.* 2014, 589341.
- Karakas S., Çullu MA., & Dikilitaş M, (2017). "Comparison of two halophyt species (*Salsola soda* and *Portulacaoleracea*) for salt removal potential under different soil salinity conditions", *Turk J AgricFor*, vol. 41, pp.183-190.
- Karakas, S., Cullu, M. A., Kaya, C., & Dikilitaş, M. (2016). Halophytic companion plants improve growth and physiological parameters of tomato plants grown under salinity. *Pak. J. Bot*, 48(1), 21-28.
- Li, X., Zhang, X., Wang, X., Yang, X., Cui, Z, (2019). Bioaugmentation-assisted phytoremediation of lead and salinity co-contaminated soil by *Suaeda salsa* and *Trichoderma reesei*. *Chemosphere*, 224, 716-725.
- Machado, R. M. A., & Serralheiro, R. P. (2017). Soil salinity: effect on vegetable crop growth. Management practices to prevent and mitigate soil salinization. *Horticulturae*, 3(2), 30.
- Nouri, H., Chavoshi Borujeni, S., Nirola, R., Hassanli, A., Beecham, S., Alaghmand, S., & Mulcahy, D. (2017). Application of green remediation on soil salinity treatment: A review on halophytoremediation. *Process Safety and Environment Protection*, 107, 94-107.
- Qadir M, Quillerou E, & Nangia V, (2014), "Economics of salt-induced land degradation and restoration". *Natural Resources Forum*, vol. 38, pp.282-295.
- Qadir, M., Oster, J. D., Schubert, S., Noble, A. D., & Sahrawat, K. L. (2007). Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Advances in agronomy*, 96, 197-247.
- Ravindran, K.C., Venkatesan, K., Balakrishnan, V., Chellappan, K.P., Balasubramanian, T, (2007). Restoration of saline land by halophytes for Indian soils. *Soil Biology & Biochemistry*. 39, 2661-2664.
- Shereen, A., Ansari, R., Raza, S., Shirazi, M. U., Khan, M. A., & Mumtaz, S. (2016). Effect of transpiration rate on sodium accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) grown under saline conditions. *Pak. J. Bot*, 48(1), 47-51.
- Shmaefsky, B. R. (2020). Principles of Phytoremediation. *Phytoremediation: In-situ Applications*.
- Sumner, M.E. Miller, W.P., (1996). Cation Exchange Capacity and Exchange Coefficients. In: D.L. Sparks et. al., (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods*. SSSA Book Series No: 5. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. Of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp.1201-1230.