

Deniz Börülcesinin (*Salicornia europaea*) Harran Ovası Kireçli Tuzlu ve Tuzlu-Sodik Topraklarında Büyüme Eğilimi ve Toprağı İyileştirici Etkisi

Hasine ELÇİ¹ , Salih AYDEMİR¹ , Hamza YALÇIN² 

¹Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, ŞANLIURFA

²Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, ŞANLIURFA

(Alınış / Received: 15.03.2020, Kabul / Accepted: 19.03.2021, Online Yayınlanma / Published Online: 28.04.2021)

Anahtar Kelimeler

Biyoyileştirme,
Deniz börülcesi,
Harran Ovası,
Tuzlu toprak,
Tuzlu-sodik toprak,

Öz: Bu çalışmada, bitkisel ıslah materyallerinden biri olan deniz börülcesi kullanılarak sorunlu toprakların ıslah edilebilme olanakları ve bitki gelişimi incelenmiştir. Bu amaçla Harran Ovası'ndan alınmış olan kireçli tuzlu ve kireçli tuzlu-sodik olan iki farklı toprak kullanılmıştır. Deniz börülcesi (*Salicornia europaea*) tohumları 4 tekerrürlü olarak iki farklı toprağa ekilirken, her topraktan da bitki ekilmemiş 3'er kontrol grubu oluşturulmuştur. Yetiştirilen deniz börülcesinin her iki toprakta da potansiyel toprak ıslah etkileri ve bitki gelişimi 3 aylık süre sonunda incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, deniz börülcesinin, tuzlu-sodik toprağın EC_e değerini 8.07 dS m^{-1} den 1.87 dS m^{-1} 'ye, tuzlu toprakta ise 4.31 dS m^{-1} 'den 1.59 dS m^{-1} 'ye düşürdüğü görülmüştür. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları tuz miktarına bakıldığında, deniz börülcesi tuzlu-sodik topraktan 71.57 kg/da^{-1} tuz kaldırırken, tuzlu topraktan ise 56.52 kg/da^{-1} tuz kaldırmıştır. Deniz börülcesinin, sodikliğin ifadesi olan SAR değerini de 31.03 'ten 20.82 'ye düşürdüğü görülmüştür. Bitki gelişimine dair elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, tuzlu toprakta bitki boyu ortalama 12.33 cm iken kireçli tuzlu-sodik toprakta 9.0 cm dir ve bu değerler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Bunun yanında kuru ağırlık değerleri kireçli tuzlu toprakta $5.83 \text{ g saksı}^{-1}$ olurken kireçli tuzlu-sodik toprakta $4.88 \text{ g saksı}^{-1}$ olarak belirlenmiştir ve değerler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Growth and Reclamation Effect of Sea Cowpea (*Salicornia europaea*) Plant in Calcareous Saline and Saline-Sodic Soils of the Harran Plain

Keywords

Phytoreclamation,
Salicornia europaea,
Harran Plain,
Saline soil,
Saline-sodic soil,

Abstract: In this study, the possibility of reclamation of problematic soil and plant development were examined by using sea cowpea (*Salicornia europaea*) which is one of the halophytic. For this purpose, two different soils, calcareous saline and calcareous saline-sodic, taken from the Harran Plain, were used. Sea cowpea seeds were planted in soil with 4 replications in each type of soil and 3 plant less control group were used for each soil. Potential reclamation effect and plant growing stages of grown sea cowpea in both types of soils were investigated during 3 months period. Obtained results indicated that sea cowpea decreased the EC_e values from 4.31 dS m^{-1} to 1.59 dS m^{-1} in saline soil and also decreased the EC_e values from 8.07 dS m^{-1} to 1.87 dS m^{-1} in saline-sodic soil. When we look at the amount of salt removed from the soils by sea cowpea, the plant removed 71.57 kg da^{-1} salt from saline-sodic soil and 56.52 kg da^{-1} salt from the saline soil. It was observed that the sea cowpea was also reduced the SAR value, which is the expression of sodification level, from 31.03 to 20.82 . The plant growth results showed that the average plant height in saline soil was 12.33 cm , while the average plant height in saline-sodic soil was 9.0 cm ($p < 0.05$). In addition, dry weight values were 5.83 g pot^{-1} in saline soil and 4.88 g pot^{-1} in the saline-sodic soil and mean differences were statistically significant.

*İlgili Yazar: salihaydemir@harran.edu.tr

1. Giriş

Güneydoğu Anadolu Projesi'nin (GAP) içinde yer alan Harran Ovası, 225.000 ha'lık toplam alanı ile projede önemli bir yere sahiptir. Ova 150.000 ha'lık sulanabilir tarım arazisi potansiyeline sahip olup, mevcut koşullarda yaklaşık 132.000 ha sulanmaktadır. Yüksek bitkisel üretim potansiyeli olan Harran Ovası, sulamalı tarıma geçildiğinde, özellikle ilk yıllarda üretimini katlayarak artırmıştır. Sulamalı tarımla birlikte ovada tuzlulaşma başlamıştır [1, 2, 3, 4].

Tuzlanma etkisinde kalmış arazilerde, ekonomik üretim yapabilmek için, çiftçilerin tecrübelerine ek olarak bilimsel arazi ve laboratuvar çalışmaları, tuza toleranslı (halofit ve glikofit) bitkilerin kullanılmasıyla kimyasal madde kullanmadan tuzlu, tuzlu-sodik ve özellikle de kireçli tuzlu-sodik toprakların iyileştirebileceğini göstermiştir. Bu bitkisel iyileştiriciler genellikle bioiyileştiriciler veya biyolojik iyileştiriciler olarak tanımlanmaktadır [5, 6, 7, 8, 9]. Bu amaç doğrultusunda kullanılabilen demiz börülcesi; tek yıllık, etli (sukkulent), tuzcul bir bitki olup boyları 5-45 cm arasındadır. Alt türüne bağlı olarak gövde az veya çok dallı olup, yapraklarının küçük ve pul gibi olması nedeniyle bitkinin gövdesi eklemli gibi görünür. Yeşil, kirlili kırmızı veya sarı yeşil renkte olabirirken sonbaharda koyu kırmızı bir renk alırlar. Deniz börülcesi meyveleri kapsül şeklindedir ve Kurşun otu veya Tuzlu ot olarak da bilinen deniz börülcesi, ıspanakgiller (*Amaranthaceae*) familyasında bir bitki türüdür. Deniz börülcesi, ıslak veya kumlu, tuzlu ve alkali toprakları sever. Deniz börülcesinin tuzluluk probleminde dayanıklı bir bitki olması onu diğer bitkilerden farklı kılmaktadır [10].

Bu tür bitkilerin özellikle kireçli tuzlu-sodik ve sodik toprakların ıslahında iyileştirici olarak kullanılma mekanizması şu aşamalarla tanımlanabilir:

- i. Ortamın mikrobiyal ve bitkisel kaynaklı CO₂ nispi miktarının (pCO₂) artmasına bağlı olarak, ortamdaki özellikle kök bölgesindeki kirecin çözünürlüğünün artırılması,
- ii. N₂-fikse eden bitkilerin kök bölgelerine (H⁺) sağlıyor olmaları ile karbonik asit oluşumunu teşvik etmeleri,
- iii. Kök gelişiminin artmasına bağlı olarak, ortamın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesidir. [4, 9, 11, 12].

Tuzlu-sodik topraklarda üretim yapmayı kısıtlayan başlıca faktörler sadece fiziksel faktörler olmayıp, ayrıca pH'nın ve elektrolit konsantrasyonunun yüksek olmasıdır. Bu nedenle de özellikle Na⁺ ve diğer tuzların topraktan uzaklaştırılması istenir. Sodik topraklarda ise problem hem fiziksel hem de kimyasal olduğundan dolayı bu toprakların ıslahı tuzlu-sodik topraklara göre çok daha zordur. Düşük infiltrasyon hızı bu topraklarda, suyun yıkama amaçlı kullanılmasını engelleyen önemli bir etkidir. Tuzluluk ve sodiklik problemi taşıyan toprakların ıslahında temel hedef değişim komplekslerinin yüzeylerinde bulunan Na⁺'nın uzaklaştırılıp, bu yüzeylerin toprak strüktürünü koruyan Ca²⁺ gibi kasyonlar tarafından doyurulmasını sağlamaktır [13].

Toprakların yanlış kullanımı sonucu verimsizleşmesi, yapısının bozulması ve üreticinin kar oranının azalması istenmeyen bir durumdur. Bu sebeple, toplumun bilinçlenmesi yolunda adımlar atılmalı ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının korunmasına önem verilmelidir. Toprakların bitkisel üretimdeki verimlilik potansiyelleri, onların doğal yaşam gücünün korunup sürdürülmesi için uygun fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının korunması ile mümkün olacaktır. Toprakların özelliklerinin dikkate alınmayarak bilinçsizce, sömürürcesine yanlış kullanımı, çok kısa sürede kullanılamaz hale gelmesine neden olmaktadır.

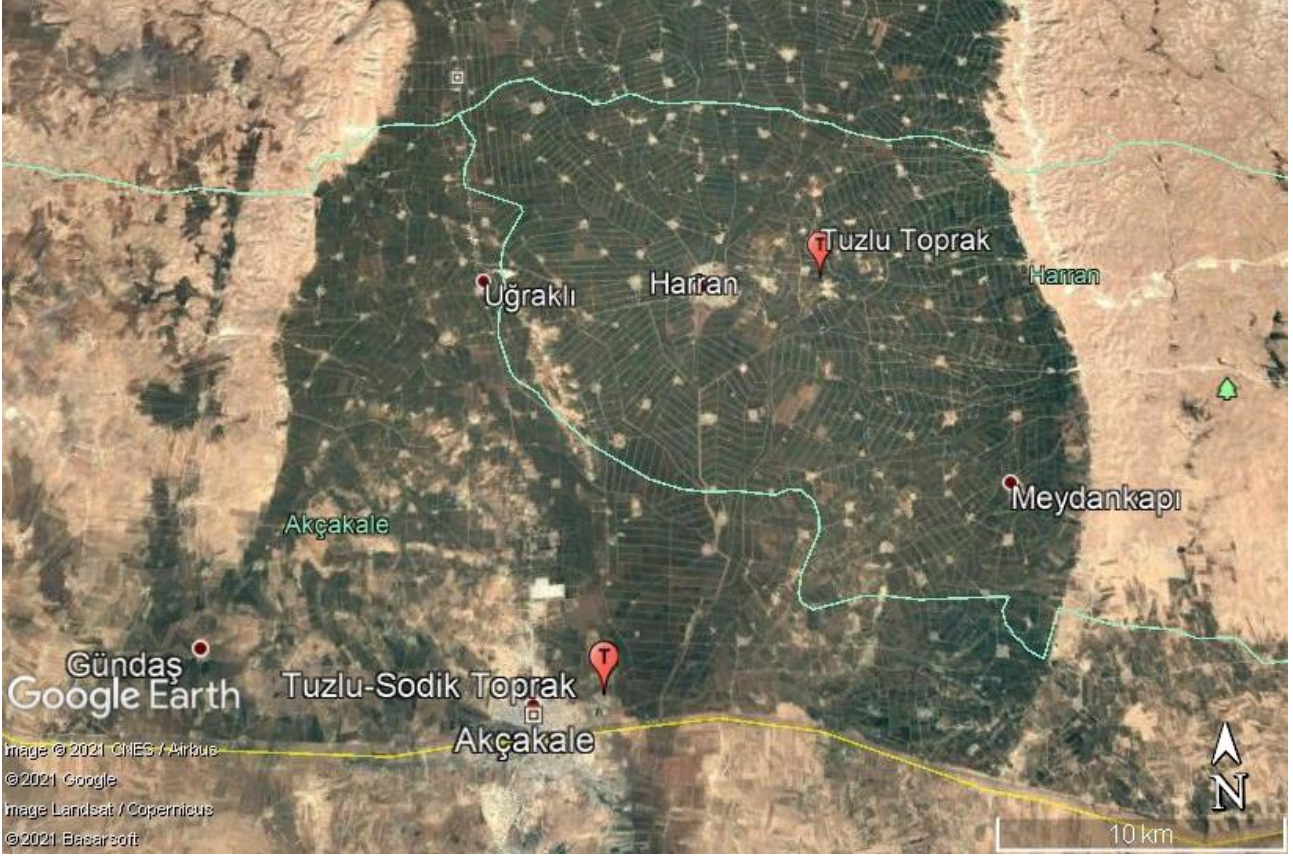
Harran Ovası gibi kurak ve yarı kurak alanlarda, yüksek taban suyu, aşırı sulama ve drenaj eksikliğinden kaynaklı tuzlulaşma ve sodikleşme, toprakların fiziksel ve kimyasal yapısını bozarak ürün verimini azaltmakta ya da tamamen yok etmektedir. Binlerce hektardaki bu problemlerin kısa sürede çözümlenmesi için glikofit ve halofit sınıfında yer alan bitkilerin denenmesi alternatif bir çözüm olacaktır [4]. Bu tür sorunlu alanlarda tuza dayanıklı bitkiler kullanıldığında, bitkiler yüksek oranda kök biyoması ürettikleri için toprağa önemli miktarda organik madde kazandırılırlar.

Bu çalışmada amaç, Harran Ovası'nın problemlili ve ekonomik olarak değerlendirilemeyen (kireçli tuzlu-sodik) toprakları için uygun ve dayanıklı halofit ve glikofit bitkilerin kullanımıyla, bölge topraklarının üretkenliğinin artırılması ve toprakların kullanılan bitkiyle ıslah potansiyelinin araştırılmasıdır.

2. Materyal ve Metot

Tuza dayanıklı bitkilerden olan deniz börülcesinin ıslah potansiyeli ve büyüme eğilimi, kireçli tuzlu ve tuzlu-sodik topraklarda Harran Üniversitesi Eyyübiye Kampüsü Tam Otomasyonlu Ar-ge ve Uygulama Sera Kompleksi'nde yaklaşık 3 aylık sürede bir saksı denemesi ile araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan kireçli tuzlu topraklar, Şekil 1' de gösterildiği gibi Harran ovası, Harran II serisinden (Bozyazı mevkii) ve kireçli tuzlu-sodik

topraklarda Akçakale serisinden 0-20 cm derinlikten alınmış ve serilerek gölgede kurutulup, 2 mm' lik elekten geçirildikten sonra 6 litrelik her bir saksıya 4 kg toprak olacak şekilde doldurulmuştur. Her saksıya en az 100'er deniz börülcesi tohumu gelecek şekilde ekim yapılmıştır. Üç aylık gelişme süresince bitkiler yaklaşık tarla kapasitesinde ihtiyaç duyuldukça (haftada bir olacak şekilde) musluk suyu ile sulanmış ve hiçbir besin çözeltisi verilmemiştir. Deneme sonrası toprak örneklemede ise her saksı ayrı olarak homojen şekilde karıştırıldı. Kurutma işlemi yapılarak 2 mm' lik elekten geçirildikten sonra tekrar analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil1. Denemede kullanılan kireçli tuzlu ve tuzlu-sodik toprakların lokasyon haritası

Deneme öncesinde alınan ve kurutularak 2 mm elekten eilenmiş olan topraklarda deneme öncesi aşağıda belirtilen toprak analizleri verilen referanslar doğrultusunda yapılmıştır. Bu analizler; Toprak reaksiyonu (pH_e) [14], Elektriksel iletkenlik (EC_e) [15], kireç miktarı (% CaCO₃) [16], Değişebilir katyonlar (DK) [17], Suda çözünebilir katyonlar (ÇK) [18] ve Cl⁻ anyonu Shimadzu iyon kromatografisi ile belirlenmiştir. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır [19].

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (1)$$

Bitki analizleri ve ölçümleri ise, yeşil ve kuru ağırlığı; toprak üstü aksamın Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Cl⁻ ve SO₄²⁻ [20] iyon içeriği gibi özellikler referansları verilen metotlar izlenerek belirlenmiştir. Bitki boyu, her saksı için, rastgele seçilen en az 10 bitkinin toprakla temas ettiği kök boğazından uç kısmın uzunluğu ölçülerek aritmetik ortalaması alınmıştır. Yeşil ot verimi, saksılardan kök boğazlarından biçilerek hasat edilen bitkiler tartılarak belirlenmiştir. Kuru ot verimi, her bir saksıdan alınan yaş örneklerinin 70 °C'de ağırlıkları sabitleninceye kadar etüvde 48 saat kurutulmasından sonra tartılarak belirlenmiştir. Hasat edilen bitkilerde iyon belirlenmesi, Shimadzu iyon kromatografisi metoduyla yapılmıştır [20]. Tüm veri analizleri için SPSS v16.0 (SPSS Inc., NY, USA) paket programı kullanılmıştır. Veriler varyans eşitlik varsayımı için Levene testi ve normallik varsayımı için Shapiro-Wilk testi sırasıyla istatistiksel olarak analiz edilmiştir (P>0.05). Daha sonra, veriler için eşleştirilmiş t-testi ve bağımsız gruplar t-testi kullanılmıştır. Veriler ortalama ile standart sapma olarak sunuldu. Tüm testler P<0.05 düzeyinde değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

Toprak örneklerinin hasat öncesi ve sonrası analiz verileri ve temel istatistikleri Tablo 1’de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, EC_e ve pH_e değerlerinde düşüşlerin olduğu görülmüştür, bunun sebebinin genel olarak bitkinin topraktan tuz iyonlarını kaldırması ve bünyelerinde biriktirebilme yetenekleri ile açıklanabilecektir. Saturasyon süzüğünden elde edilen çözülebilir iyonlardan Ca^{+2} , Na^+ , Mg^{+2} , K^+ , Cl^- ve SO_4^{-2} değerlerinde de düşüşler gözlenmiştir. Tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirildiği topraklarda, zamanla Ca^{+2} içeriğinin azalması, bitki köklerinin derinlere indikçe toprak havalanma şartlarının iyileşmesi, toprağa organik madde ilavesi sayesinde toprak pH’sını düşürmeleri ve toprakta bulunan CO_2 miktarının artması sonucu $CaCO_3$ türevlerinin çözümlülüklerinin artmasıyla bitkiye yararlı forma gelmelerinden kaynaklanmaktadır [21]. Bu ifadeyi destekleyen Tablo 1’deki kireç miktarının kireçli tuzlu topraklarda 24.57’den 17.38’e ve kireçli tuzlu-sodik topraklarda 8.07’den 1.87’ye düşüşü yararlılığının artmasından kaynaklanmaktadır. Topraktaki çözülebilir Na^+ değerinin tuzlu topraklarda 8.64’ten 3.99’a ve kireçli tuzlu-sodik topraklarda 68.58’den 26.03’e düşüşü ve Cl^- değerlerindeki azalmanın sebebinin çalışılan bitkinin topraktan tuz kaldırma yeteneğinden kaynaklandığı görülmüştür (Tablo 1). Toprakta mevcut bulunan organik ve inorganik kolloidler, negatif yükler sayesinde katyonları tutma ve yer değiştirme özelliğine sahiptirler. Elde edilen sonuçlarda, değişebilir katyon değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Halofit bitkiler tuzlu koşullarda diğer bitkilere göre daha iyi gelişerek iyon alımlarının yüksek olması, iyon değişimini teşvik etmekte ve topraktaki değişebilir katyon miktarını da azalan yönde etkilemektedirler [22].

Organik madde içeriği artan topraklarda ortaya çıkan CO_2 ve organik asitler, kalsiyum kaynaklı mineralleri çözer ve Ca^{+2} ’nin topraktaki elverişliliğini artırarak değişim komplekslerindeki Na^+ birikimini önler [23]. Çalışmada deniz börülcesi bu durumu destekler nitelikte sonuçlar vermiştir. Deniz börülcesinin toprağa bıraktığı organik madde, strüktür oluşumuna katkı sağlamış ve buna bağlı olarak kök bölgesinde değişebilir iyon konsantrasyonunun artmasıyla sodyumun kolloid yüzeylerinde tutunma oranını azaltmıştır. Bitki, serbest halde bulunan sodyumu bünyesine alıp depolamıştır. Dolayısıyla değişebilir Na^+ değerlerinde azalma gözlenmiştir (Tablo 1). Halofit bitkiler yüksek oranda kök biyomasi ürettikleri için toprak organik madde içeriğini artırmaktadırlar. Bu durum toprakta sodikleşmenin oluşturduğu olumsuz etkiyi engelleme açısından oldukça önemlidir [24].

Tablo 1. Deniz börülcesi hasat öncesi ve sonrasında kireçli tuzlu ve tuzlu-sodik toprakların kimyasal özellikleri

| Topraklar ve parametreleri | Hasat öncesi | Hasat sonrası |
|--|--------------------------|-------------------------|
| Kireçli tuzlu toprak | | |
| pH | 7.81±0.03 ^a | 7.72±0.14 ^b |
| Kireç ($CaCO_3$) (%) | 24.57±1.86 ^a | 17.38±1.67 ^b |
| Çözülebilir Na (meq l ⁻¹) | 8.64±0.31 ^a | 3.99±0.03 ^b |
| Değişebilir Na (meq 100g ⁻¹) | 1.35±0.04 ^a | 0.20±0.01 ^b |
| Çözülebilir Ca (meq l ⁻¹) | 44.12±1.39 ^a | 26.84±1.79 ^b |
| Değişebilir Ca (meq 100g ⁻¹) | 8.06±0.19 ^a | 4.88±0.96 ^b |
| Çözülebilir Mg (meq l ⁻¹) | 7.51±0.21 ^a | 3.47±0.05 ^b |
| Değişebilir Mg (meq 100g ⁻¹) | 0.07±0.00 ^a | 0.05±0.00 ^b |
| Çözülebilir K (meq l ⁻¹) | 1.10±0.05 ^a | 0.48±0.03 ^b |
| Değişebilir K (meq 100g ⁻¹) | 0.03±0.00 ^a | 0.01±0.00 ^b |
| Cl (meq l ⁻¹) | 4.76±0.31 ^a | 2.24±0.17 ^b |
| Kireçli tuzlu-sodik toprak | | |
| pH | 8.52±0.03 ^a | 7.88±0.14 ^b |
| Kireç ($CaCO_3$) (%) | 8.07±0.13 ^a | 1.87±0.31 ^b |
| Çözülebilir Na (meq l ⁻¹) | 62.22±0.31 ^a | 31.90±0.03 ^b |
| Değişebilir Na (meq 100g ⁻¹) | 68.58±0.04 ^a | 26.03±0.01 ^b |
| Çözülebilir Ca (meq l ⁻¹) | 27.62±1.39 ^a | 13.40±1.79 ^b |
| Değişebilir Ca (meq 100g ⁻¹) | 9.06±0.19 ^a | 2.84±0.96 ^b |
| Çözülebilir Mg (meq l ⁻¹) | 120.54±0.21 ^a | 30.42±0.05 ^b |
| Değişebilir Mg (meq 100g ⁻¹) | 0.69±0.00 ^a | 0.23±0.00 ^b |
| Çözülebilir K (meq l ⁻¹) | 10.73±0.05 ^a | 4.09±0.03 ^b |
| Değişebilir K (meq 100g ⁻¹) | 0.05±0.00 ^a | 0.02±0.00 ^b |
| Cl (meq l ⁻¹) | 183.73±0.31 ^a | 62.06±0.17 ^b |

Deniz börülcesinin, kireçli tuzlu ve tuzlu-sodik toprak üzerindeki ıslah etkisi, hasattan sonra aşağıdaki denklem kullanılarak, iyon alımıyla belirlenmiştir.

$$S_{ion} - removal = \frac{\left[\frac{(S_{ion} - conc) \cdot (SDW)}{1000} \right]}{MW_{ion}} \quad (2)$$

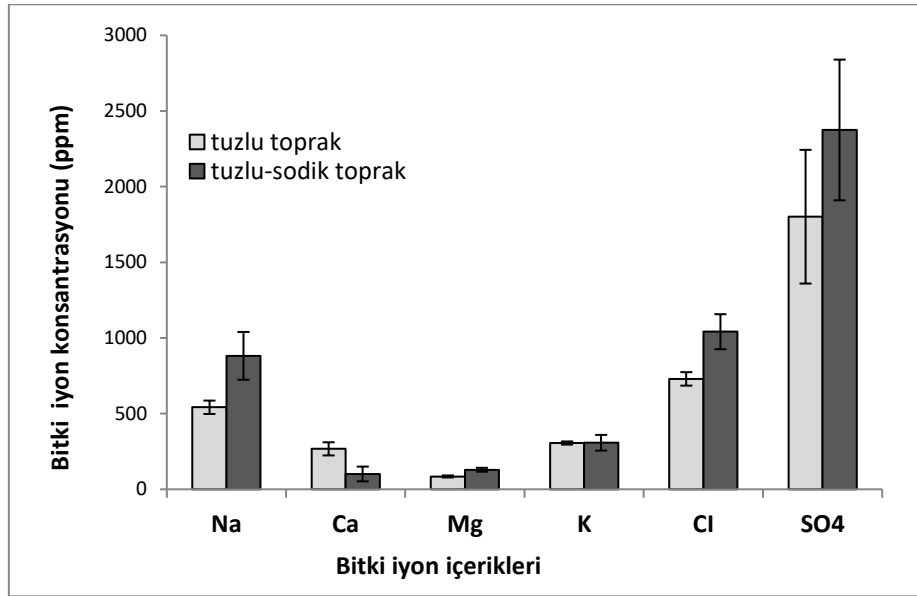
S_{ion} -removal: hasattan sonraki iyon alımı (mmol saksı⁻¹), S_{ion} -conc: hasat edilen bitkideki iyon konsantrasyonu (mg kg⁻¹), SDW: bitki kuru ağırlığı (g saksı⁻¹) ve MW_{ion} : iyonun moleküler ağırlığıdır [25]. Çalışma sırasında topraklardan kaldırılan toplam iyon (tuz) miktarı, Denklem 2 kullanılarak hesaplanmıştır ve değerler Tablo 2'de kg da⁻¹ olarak verilmiştir. Deniz börülcesi kireçli tuzlu toprakta EC_e değerini 4.31 dS m⁻¹'den 1.59 dS m⁻¹'ye ve tuzlu-sodik toprakta ise 8.07 dS m⁻¹ den 1.87 dS m⁻¹'ye düşürdüğü görülmüştür. Deniz börülcesi, kireçli tuzlu topraktan 56.52 kg/da⁻¹, kireçli tuzlu-sodik topraktan ise 71.57 kg/da⁻¹ tuz kaldırmıştır. Topraktaki sodikliğin ifadesi olan SAR değerini de 31.03'ten 20.82'ye düşürdüğü görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, deniz börülcesinin kireçli tuzlu-sodik toprakta daha fazla iyon kaldırma potansiyelinin olduğu görülmüştür. Bu sonuç, Tablo 2'de verilen EC_e ve SAR değerleri ile de desteklenmiştir. Bitki kuru ağırlık değerlerine bakıldığında, kireçli tuzlu toprakta 5.83 g/saksı⁻¹ olan değer kireçli tuzlu-sodik toprakta 4.88 g/saksı⁻¹ olmuştur. Kuru ağırlık değerinin kireçli tuzlu-sodik toprakta daha düşük olmasına karşın, bitkinin topraktan iyon kaldırma potansiyelinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum bitkinin tuz değeri, diğerinin nerede ise iki katı olan kireçli tuzlu-sodik topraktaki %76 oranındaki EC_e deki düşüş ile açıklanabilecektir.

Tablo 2. Hasat öncesi ve sonrasında belirlenen bazı toprak ve bitki parametreleri

| Toprak | EC_e (dS m ⁻¹) | | SAR | | Tuz kaldırma (kg/da ⁻¹) | Kuru ağırlık (g/saksı ⁻¹) |
|---------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | Önce | Sonra | Önce | Sonra | Sonra | Sonra |
| Kireçli tuzlu | 4.31±0.13 ^a | 1.60±0.31 ^b | - | - | 56.52±3.78 ^a | 5.83±1.73 ^a |
| Kireçli tuzlu-sodik | 8.07±0.13 ^a | 1.87±0.31 ^b | 31.03±2,67 ^a | 20.82±0,43 ^b | 71.57±4.53 ^b | 4.88±0.93 ^a |

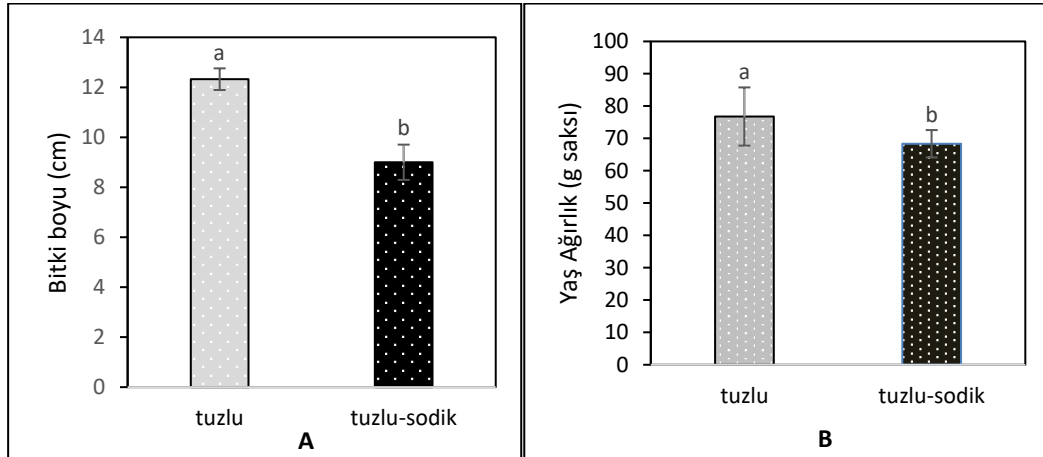
3.1. Bitki gelişimi ve iyon içerikleri

Toprak iyon içeriklerinin azalmasını destekler nitelikteki bitki iyon içerikleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Hasat edilen bitkilerin iyon içeriklerine bakıldığında, değerlerde artışlar gözlenmiştir. Sonuçlar deniz börülcesinin, çalışılan toprakların iyileştirilmesine dönük bazı özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Toprak çözeltisindeki Na⁺ ve Cl⁻'nin deniz börülcesi tarafından alınıp biriktirilmesi sonucu, bitkideki bu iyonların içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum bitkinin toprak ıslahı üzerindeki etkisini değiştirebilir ve çözünebilir Na⁺ değerlerinin yanında çözünebilir Cl⁻ değerlerinde de ortaya çıkmış olan düşüşlerle göstermiştir. Tuzcul bitkiler, fazla miktarda Na⁺ ve Cl⁻ tuzlarını alıp yapraklarında biriktirerek tuzluluktan zarar görmezler. Bu bitkiler, yapraklarda biriktirdikleri tuzları topraktaki düşük ozmotik potansiyeli ayarlamak için kullanırlar. Ozmotik potansiyeli ayarlamının önemli bir yanı, biriken tuzların hücre vakuollerinde izole edilmesidir. Böylece, tuz sitoplazma ve organellerinde düşük oranlarda tutularak, metabolizma ve enzim aktivitesinin zarar görmesi önlenmektedir [22]. Topraktaki Ca⁺² kaynağı, bitki gelişimine paralel olarak ortamdaki çözünürlüğü artan kalsit mineralidir. Bu durumu, hasat sonrası miktarı düşen kireç değerleri desteklemektedir. Ortamdaki kalsiyum, değişim yüzeylerindeki sodyumla kolayca yer değiştirir ve toprakta agregatlaşmayı teşvik eder [26]. Değişim yüzeylerinde Ca⁺²'nin artması ve serbest hale gelen Na⁺'nın bitki tarafından alınması, SAR değerindeki %33'lük düşüş ile gözlemlenmiştir (Şekil 2 ve Tablo 2). Bitkideki SO₄ artışının sülfat tuzları yanında büyük oranda jips mineralinden gelmiş olabileceği öngörülmüştür.



Şekil 2. Kireçli tuzlu ve tuzlu-sodik topraklardan hasat sonrası bitki iyon içerikleri ve iyon konsantrasyonları

Bitki gelişimine dair Şekil 3-A'daki sonuçlara bakıldığında, kireçli tuzlu toprakta bitki boyu ortalama 12.33 cm iken kireçli tuzlu-sodik toprakta 9.0 cm olarak ölçülmüş olup, Şekil 3-B'deki yaş ağırlık değerleri ise kireçli tuzlu toprakta 76.77 g saksı⁻¹ olurken, diğerinde 68.35 g saksı⁻¹ olarak belirlenmiştir ve değerler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).



Şekil 3. Kireçli tuzlu ve tuzlu-sodik toprakta yetiştirilen deniz börülcesinin bitki boyu (A) ve yaş ağırlığı (B)

4. Tartışma ve Sonuç

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, deniz börülcesinin, kireçli tuzlu-sodik toprağın EC_e değerini 8.07 dS m^{-1} den 1.87 dS m^{-1} 'ye, kireçli tuzlu toprakta ise 4.31 dS m^{-1} 'den 1.59 dS m^{-1} 'ye düşürdüğü görülmüştür. Bitkilerin topraktan kaldırdıkları tuz miktarına bakıldığında, deniz börülcesi kireçli tuzlu-sodik topraktan 71.57 kg da^{-1} tuz kaldırırken, kireçli tuzlu topraktan ise 56.52 kg da^{-1} tuz kaldırmıştır. Deniz börülcesinin, sodikliğinin ifadesi olan SAR değerini de 31.03 'ten 20.82 'ye düşürdüğü görülmüştür. Deniz börülcesi, kireçli tuzlu ve tuzlu-sodik topraklarda gelişimini normal olarak devam ettirmiş fakat özellikle kireçli tuzlu topraklarda daha iyi gelişim göstermiştir. Bitkinin iyileştirici etkisi özellikle kireçli tuzlu-sodik toprakta daha iyi olmuştur. Dünyada tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve besin ihtiyacının katlanarak arttığı dikkate alınırsa en azından mevcut arazilerin daha verimli kullanılması gerektiği ortaya çıkar. Bu yüzden kireçli tuzlu toprakların ıslahı ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi son derece önemlidir. Deniz börülcesi tuzluluğa dayanıklı bir bitki olduğundan, tuzlu toprakların değerlendirilmesinde önemli bir yer teşkil eder. Ayrıca bu bitkinin tüketilebilir olması diğer tuzluluğa dayanıklı yabani bitkiler arasında öne çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle deniz börülcesinin bu kireçli tuzlu topraklarda yetiştirilmesinin sağlanması ülkemiz için ekonomik açıdan büyük bir kazanç sağlayacaktır.

Tüm veriler incelendiğinde, çalışmada kullanılan deniz börülcesi, tuzluluk ve sodiklik sorununa yönelik iyi sonuç vermiş ve Harran Ovası'nda biyolojik bir ıslah materyali olarak önemli bir potansiyele sahip olabileceğini göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Kurulu (HÜBAK) tarafından Hübak-17116 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] DSİ, 1997. Aşağı Fırat Projesi Akçakale YAS Sulaması (Güneren Şemseddin Birmuavi YAS Sulamaları) Ayrıntılı Arazi Sınıflandırma ve Drenaj Raporu, Şanlıurfa.
- [2] DSİ, 2001. Şanlıurfa Harran Ovası Sulaması Tuzluluk ve Drenaj Sorunları İnceleme raporu. DSİ. XV. Bölge Müdürlüğü. Şanlıurfa.
- [3] Taban, S., Güneş, A., Alpaslan, M. Ve Özcan, H., 1999. Değişik Mısır (*Zea Mays L. Cvs.*) Çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları. Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23 (1999) Ek Sayı 3, 625-633.
- [4] Aydemir, S., Çullu, M. A., Polat, T., Sönmez, O., Dikilitaş, M., Akıl, H. 2008. "Tuzlanma Etkisinde Kalan Şanlıurfa Harran Ovası Topraklarının Kullanım Durumları ve İyileştirilebilme Olanakları". Sulama-Tuzlanma Konferansı. DSİ XV. Bölge Müdürlüğü, 12-13 Haziran, Şanlıurfa, 45-62
- [5] Kelley, WP., 1937. The reclamation of alkali soils. Calif Agric Exp Stn Bull 617, 1-40.
- [6] Robbins, C.W., 1986a. Carbon dioxide partial pressure in lysimeter soils. Argon J. 78, 151-158.
- [7] Robbins, C.W., 1986b. Sodik calcareous soil reclamation as affected by different amendments and crops. Argon J. 78, 916-920.
- [8] Qadir, M., R.H. Qureshi, N. Ahmad. 1997. Nutrient availability in a calcareous saline-sodic soil during vegetative bioremediation. Arid Soil Res Rehabil. 11, 343-352.
- [9] Akıl, H. 2008. Harran Ovası Kireçli Tuzlu-sodik Topraklarının Biyolojik Islahı. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54s, Şanlıurfa.
- [10] Anonim 2007. http://tr.wikipedia.org/wiki/Deniz_b%C3%B6r%C3%BClcesi (Erişim, 08.03.2021)
- [11] Qadir, M. ve J.D. Oster. 2002. Vegetative bioremediation of calcareous sodic soils: history mechanisms and evaluation. Irrig Sci. 21, 91-101.
- [12] Qadir, M., A.D. Noble, J.D. Oster, S. Schubert, A. Ghafoor. 2005. Driving forces for sodium removal during phytoremediation of calcareous sodic and saline-sodic soils: a review. Soil Use and Management. 21, 173-180.
- [13] Bresler, E. D. L. Charter. 1982. Saline and sodic soils. Springer Verlag. Berlin Heidelberg, New York. 227 pp.
- [14] Thomas, G.W., 1996. Soil pH and Soil Acidity. 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. 475-490.
- [15] Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. 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. 417-436.
- [16] Nelson, R.E., 1982. Carbonate and gypsum. In. A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney., ed. 1982. Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties 2nd Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA, 181- 196s.
- [17] Thomas, G.W., 1982. Exchangeable Cations. In. A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (ed.), Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties 2nd Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp. 159-164.
- [18] Tan, K.H., 1996. Soil Sampling and Analysis. Marcel Dekker, Inc. 270 Madison Avenue, New York, NY, 10016. pp. 191.
- [19] Soil conservation service. 1972. Hydrology National. Engineering Handbook, Section 4, USDA-SCS, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- [20] Chapman, H.D. ve Pratt, P.F., 1982. Methods of analysis for soils, plants and water. (Chapman Publisher: Riverside, CA). Methods of Soil Analysis Part 1: Physical and Mineralogical Methods 2nd Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. pp. 363-381.
- [21] 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.
- [22] Lauchi, A., Epstein, E. 1984. Mechanisms of Salt Tolerance in Plants. Journal of California Agriculture, 38(10), 18-22.

- [23] Katyal, J.C., 1977. Influence of organic matter on the chemical and electrochemical properties of some Flooded soils. *Soil Biol. Biochem.* 9, 259-266.
- [24] Ashraf, M., 1994. Breeding for salinity tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1994), 17-42.
- [25] Qadir M, Steffens D, Yan F, Schubert S (2003). Sodium removal from a calcareous saline-sodic soil through leaching and plant uptake during phytoremediation. *Land Degrad. Dev.* 14, 301-307.
- [26] Prather, R.J., Geortzen, J.O., Rhoads, J.D., Frenkel, H. 1978. Efficient amendment use sodic soil reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42, 782-786.