



Kamışsı Yumağın (*Festuca arundinacea* Schreb.) Tuzluluk Stresine (NaCl) Karşı Büyüme Tepkisinin Araştırılması

Fatih ALAY^{1*}, Murat BİROL², Emel DEMİR¹, Necda ÇANKAYA¹

¹Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

²Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Samsun

*Sorumlu Yazar (Corresponding author): fatih.alay@tarimorman.gov.tr

Özet

Bu çalışma, Pop 11 nolu kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) bitkisine farklı tuz yoğunlukları uygulanarak bitki gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma, 2022 yılında Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü sera koşullarında saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulan saksı denemesine 0, 60, 120, 180, 240 mM NaCl dozları uygulanmıştır. Araştırmada, bitki boyu (cm), yaş bitki ağırlığı (g), kuru bitki ağırlığı (g), yaprak ayası eni (cm), yaprak ayası boyu (cm), gövde çapı (mm), yaprak oransal su içeriği (%), lipid peroksidasyonu (nmol g⁻¹ T.A.), prolin miktarı (µmol g⁻¹ T.A.) ve kök uzunluğu (cm) değerleri incelenmiştir. İncelenen sonuçlar değerlendirildiğinde; Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının düşük dozlarının (0 ve 60 mM) bitkiye faydalı olabileceği artan dozların ise olumsuz etkiler oluşturabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca kamışsı yumak bitkisinin seçilen büyüme parametrelerinin ele alınması yanında, bitki yeşil aksamındaki besin elementi içeriğinin de (Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² ve Cl⁻) önemli derecede değiştiği gözlemlenmiştir. Na ve Cl ile bitki parametreleri arasındaki korelasyona göre NaCl ile bitki uzunluğu (BU), yaş bitki ağırlığı (YBA), kuru bitki ağırlığı (KBA), yaprak ayası eni (YAE) ve saksı kök uzunluğu (SKU) arasında negatif önemli (r: -0.78, 0.91, 0.91, 0.78 ve 0.96) ilişki belirlenmiştir Prolin miktarı (PM) arasında ise pozitif önemli (r: 0.94) bir ilişki belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi

Geliş Tarihi :15.10.2023

Kabul Tarihi :25.11.2023

Anahtar Kelimeler

Festuca arundinacea Schreb
tuzluluk stresi
tolerans
verim
NaCl

Investigation of the Growth Response of Reed Ball (*Festuca arundinacea* Schreb.) to Salinity Stress (NaCl)

Abstract

This study, was carried out to determine the effect of different salt concentrations on plant growth by applying different salt concentrations to the plant Pop 11 (*Festuca arundinacea* Schreb.). The study was conducted as a pot trial under greenhouse conditions at the Black Sea Agricultural Research Institute in 2022. Doses of 0, 60, 120, 180, 240 mM NaCl were applied to the pot experiment, which was set up with 4 replications according to the randomized plot design. In this research, plant height (cm), fresh plant weight (g), dry plant weight (g), leaf blade width (cm), leaf blade length (cm), stem diameter (mm), leaf relative water content (%), Lipid peroxidation (nmol g⁻¹ FW), proline amount (µmol g⁻¹ FW) and root length (cm) values were examined. When the examined results are evaluated; It was concluded that low doses of Na⁺ and Cl⁻ ions (0 and 60 mM) may be beneficial to the plant, while increased doses may have negative effects. Moreover, in addition to considering the selected growth parameters of the reed ball plant, it was observed that the nutrient element content (Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² and Cl⁻) in the green parts of the plant also changed significantly. According to the correlation between Na and Cl and plant parameters, there is a negative significance (r:) between NaCl and plant length (BU), fresh plant weight (YBA), dry plant weight (KBA), leaf blade width (YAE) and pot root length (SKU). -0.78, 0.91, 0.91, 0.78 and 0.96) and a positive significant (r: 0.94) relationship was determined between the amount of proline.

Research Article

Article History

Received :15.10.2023

Accepted :25.11.2023

Keywords

Festuca arundinacea Schreb
salinity stress
tolerance
yield
NaCl

1.Giriş

Dünyada 800 milyon hektardan daha fazla alanın tuz stresine maruz kaldığı, bu alanın ise dünya toplam kara alanının % 6'sına karşılık geldiği bilinmektedir. Ülkemiz toprakları ise yaklaşık 1.5 milyon hektarı tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır (Kanber ve ark., 2005; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Yılmaz ve ark., 2011; Şahin ve Akçalı, 2016; Deveci ve Tuğrul, 2017; Örcen, 2017; Şen ve ark., 2021). Tuzluluk veya topraktaki tuz konsantrasyonu, doymuş çözeltinin elektriksel iletkenliğiyle belirlenir (Karaman ve ark., 2007; Peker ve Öztürk, 2020). Tuzlu topraklar; elektriksel iletkenliği 4 dS m^{-1} (40 mM NaCl) değerinden fazla, pH değeri 8.5 ve daha fazla olan topraklardır (Tatar ve ark., 2018; Şen ve ark., 2021).

Toprakta oluşan tuzlulaşma; ana kayadan çözünen tuzlar, sulama suyunun tuzluluğu, gübreleme sonucunda oluşan tuzlar vb. sebeplerden oluşabilir. Bulunan bölgede yeterince yağış varsa bu tuzlar, toprakta alt katmanlara kadar yıkanmakta bitkiler için sorun oluşturmamaktadır. Yağışın çok az olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde ise bu tuzlar toprakta buharlaşmayla toprağın üst katmanlarına taşınmakta bitkiler için elverişsiz ortam oluşmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005; Ekmekçi ve ark., 2005; Keser ve ark., 2009; Çulha ve Çakırlar, 2011; Karaoğlu ve Yalçın, 2018; Şen ve ark., 2021). Bu elverişsiz ortam bitkilerin büyümesini sınırlandırabilmektedir. Bu sınırlandırma iki şekilde olmaktadır. Birincisi, bitkilerin toprak çözeltisinden su alımını engelleyen toplam tuz etkisi veya ozmotik etki, ikincisi ise bitkilerdeki bazı fizyolojik olayları etkileyen toksik iyon etkisidir (Dölarslan ve Gül, 2012). Tuzlar ortamın osmotik basıncını arttırarak köklerin su çekmesini, bundan dolayı da bitki besin alımı miktarını azaltmaktadır. Tuzların rizosfer bölgesinde fazla bulunması sebebiyle bitki besin elementi alınımını yavaşlatıp, bitki bünyesini bozarak bitki gelişimini ve verimini azaltmaktadır (Hao ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2021).

Tuzluluğa genelde klorürler, sülfatlar, karbonatlar, bikarbonatlar ve boratlar neden

olur (Önal Aşçı ve Üney, 2016; Deveci ve Tuğrul, 2017; Karaoğlu ve Yalçın, 2018). Ancak doğada en fazla sodyum klorür (NaCl)'e rastlanmaktadır. Fazla miktarda Na^+ ve Cl^- iyonları glikofit bitkilerde toksik etki yapmakta (Özen ve Onay, 2007; Dölarslan ve Gül, 2012; Aşçı ve Üney, 2016; Topçu ve ark., 2016; Çelik, 2020) ve bu iyonlar toprakta fazla miktarda bulunduğu takdirde bitkilerin NO_3^- , K^+ ve Ca^+ alımını azaltmaktadır (Kacar ve ark., 2009; Bora ve Deveci, 2015; Korkmaz ve ark., 2016; Aşçı ve ark., 2021). Tüm bu etkilerin sonucunda, bitkilerde çimlenme, büyüme, gelişme, hücre bölünmesi, fotosentez gibi pek çok biyolojik olay etkilenmektedir (Bressan, 2008; Sheldon ve ark., 2017; Mishra ve ark., 2021). Tuzluluk çimlenmede azalmaya veya çimlenmenin gerçekleşmemesine, bitkilerde ise verim kayıplarına ve ölümlere neden olabilmektedir (Khan ve ark., 2000; Kuşvuran ve ark., 2007; Kökten ve ark., 2010; Zamani ve ark., 2010; Önal Aşçı, 2011; Karaköy ve ark., 2012; Kaya ve ark., 2013; Çağan ve Kökten, 2014; Aydın ve Atıcı, 2015; Benlioğlu ve Özkan, 2015; Aşçı ve Üney, 2016; Topçu ve ark., 2016; Sürmen ve ark., 2018; Türk ve Alagöz, 2020; Kızılsimşek ve Süren, 2020; Ertekin ve ark., 2022).

Son yıllarda yapılan araştırmalar tuzluluğa karşı bazı bitki türlerinin prolin enzimi ürettiğini ve bitkiden bitkiye tuzluluğa karşı toleransın değişebileceğini bildirmektedirler (Manuchehri ve Salehi, 2015). Prolin, bitkilerde su noksanlığı, soğuk, sıcaklık, ağır metaller ve özellikle tuzluluk gibi faktörlere maruz kalındığında ortaya çıkan ilk fizyolojik tepkidir. Prolinin hücre içindeki yoğunluğunun artması, strese karşı indikatör olması yanında, bitkinin strese karşı savunma mekanizmasını harekete geçiren metabolik olayların ilk basamağını oluşturmaktadır (Holmstrom ve ark., 1996; Iba, 2002; Lehmann ve ark. 2010; Szabados ve Savouré, 2010; Kishor ve Sreenivasulu, 2014).

Harivandi ve ark. (1992), Açıkgöz (1994) ve Uddin ve ark. (2013) kamışsı yumağın tuzluluğa orta derecede toleranslı olduğunu ve $6-10 \text{ dS m}^{-1}$ 'e kadar tolerans gösterebildiğini ifade etmişlerdir. Kamışsı yumak, uzun boylu,

kaba yapılı, kalın ve sert yapraklı, yumak şeklinde gelişen, derin köklü, soğuğa ve gölge koşullara orta derece dayanıklı, basılmaya ve çignenmeye çok dayanıklı buğdaygiller familyasından serin iklim bitkisidir (Oral ve Açıkgöz, 1998; Avcıoğlu, 2014; Açıkgöz, 2021).

Bu çalışmanın amacı; ıslah yapılarak çeşit tescil aşamasına getirilen Pop 11 nolu kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) popülasyonunun 4 yapraklı (otlatma) döneminde uygulanan farklı tuz (NaCl) dozlarının bitki gelişimi üzerine olan etkisini belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, 2022 yılında Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (KTAE) kontrollü sera koşulları altında gerçekleştirilmiştir. Saksı denemesi olarak kurulan deneme, 6 farklı doz ile (0 mM, 60 mM, 120 mM, 180 mM ve 240 mM) 4 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme deseni göre yürütülmüştür. Çalışmada, çeşit tescil aşamasına kadar getirilen 11 nolu kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) popülasyonu kullanılmıştır.

Denemede kullanılan topraklar, KTAE kampüsündeki araştırma denemelerinin yürütüldüğü alandan alınmış ve 4 mm elekten geçirilerek kullanılmıştır (Jackson, 1967). Daha sonra topraklar her saksıya (r:10 cm ve h:18 cm) eşit olarak (saksı başına 3 kg) paylaştırılmıştır. Saksı denemesinde kullanılan toprak özellikleri de tekstür (Bouyoucos, 1951); pH (Richards, 1954); EC (Richards, 1954); kireç (Tüzüner, 1990); organik madde (Jackson, 1958); N (Bremmer, 1965); alınabilir P (Olsen ve ark., 1954); ve K (Richards, 1954) ve Cl analizi (Johnson ve Ulrich, 1959) yöntemine göre belirlenmiştir. Deneme toprağı siltli tın tekstüre (Kum: % 23.23, Kil: % 2.37, Silt: % 74.40) sahip olup, tarla kapasitesi 17.26 solma noktası ise 11.07'dir. Toprak reaksiyonu hafif alkali (pH: 7.69), tuzsuz (0.364 dS m⁻¹), orta seviyede kireçli (% 5.4), organik madde içeriği az (% 1.7), N miktarı % 0.11, P içeriği (7.74 mg kg⁻¹) ve K içeriği (125 mg kg⁻¹) yetersizdir (Bruce ve Rayment, 1982). Yapılan toprak analiz sonuçlarına göre gerekli olan

optimum bitki besin elementi isteği tamamlayıcı gübre olarak verilmiştir.

24 Ekim 2022 tarihinde kamışsı yumak tohumları her saksıya 10 adet ekilmiş, homojen olacak şekilde 6 adet bitkiye seyreltme, 4. gerçek yaprakları çıktığında da tuz uygulaması yapılmıştır. Ekimden sonra kontrol gruplarındaki bitkiler saf su ile sulanmış geri kalan saksılara tuz konularına göre (Kontrol, 60, 120, 180 ve 240 mM NaCl) uygulama yapılmıştır. Saksı ağırlığı tartıldıktan sonra toprağın tarla kapasitesi (TK) hesaplanmış (Klute, 1986) ve TK'nın % 60 seviyesinde tutulacak şekilde deneme konularına uygun olarak saksılara saf su (kontrol) ya da konulara göre tuzlu su verilmiştir. Dozların bitkiler üzerindeki etkileri görülmeye başladığı 15 Mart 2023 tarihinde de deneme sonlandırılmıştır.

Hasat sonrası toprak örnekleri her saksıdan homojen olarak alınmış ve polietilen torbalara konulmuştur. Topraklar oda koşullarında kuruduktan sonra ise tahta tokmaklar ile dövülmüş 2 mm elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Saksı denemesinde kullanılan değişebilir K, Na, Ca, Mg (Richards, 1954) ve Cl analizi (Johnson ve Ulrich, 1959) yapılmıştır.

NaCl noksanlık belirtileri izlenmeye başladığında, hasat edilen bitki sap ve yaprak kısmı saf su ile yıkanarak sabit ağırlığa gelinceye kadar 70°C'ye ayarlanmış etüvde kurutulmuştur. Agat değirmeninde öğütülen ve analize hazır hale getirilen bitki örneklerinden 0.5 g alınıp kuru yakma yöntemine göre 550°C kül fırınında 12 saat boyunca yakılıp, mavi bantlı filtre kâğıdında süzümüştür. Süzülen örneklerin son hacmi saf su ile 25 ml'ye tamamlanmış ve örneklerin toplam Na, K, Ca ve Mg konsantrasyonları ICP-OES cihazında belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

2.1. İncelenen özellikler

Bitki boyu (BB) (cm): Bitkiler, toprak yüzeyi ile bitkinin en ucu arasındaki mesafe cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Her saksıda bulunan 6 adet bitki ayrı ayrı ölçülerek ortalaması alınmıştır. Yaş bitki ağırlığı (YBA) (g): Her saksıda bulunan 6 adet bitki toprak

yüzeyinden kesilerek 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılarak fide yaş ağırlığı değeri bulunmuştur. Kuru bitki ağırlığı (KBA) (g): Her saksıda bulunan 6 adet bitki 70 °C'de 48 saat kurutulmuş ve 0.0001 g hassasiyetli terazide tartılmıştır. Yaprak ayası eni (YAE) (cm): Bayrak yaprağın en geniş yerinden cetvel yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir. Toplam sonuç 6'ya bölünerek ortalama değer bulunmuştur. Yaprak ayası boyu (YAB) (cm): Bayrak yaprağın sapa birleştiği yer ile en uç kısmı arasındaki mesafe cetvelle ölçülerek belirlenmiştir. Toplam sonuç 6'ya bölünerek ortalama değer bulunmuştur. Gövde çapı (GÇ) (mm): Toprak yüzeyi ile bitkinin en uç kısmı arasındaki orta noktasından kumpas yardımıyla ölçülerek mm cinsinden belirlenmiştir. Toplam sonuç 6'ya bölünerek ortalama değer bulunmuştur. Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) (%): Stres sonunda bitkilerden alınan yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları alınmış, daha sonra 4 saat süre ile saf su içerisinde bekletilip; bu süre sonunda turgor ağırlıkları saptanmıştır. Ağırlıkları belirlenen yaprak örnekleri 65°C etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen taze ve kuru ağırlıklar aşağıdaki formül (Eşitlik 1) yardımıyla oranlanarak YOSİ (%) hesaplanmıştır (Türkan ve ark., 2005; Öztekin, 2009; Deveci ve Tuğrul, 2017). YOSİ'ye ilişkin model Eşitlik 1'de verilmiştir.

$YOSİ = (TA-KA)/(TuA-KA) \times 100$ (Eşitlik 1)

TA: Taze Ağırlık, KA: Kuru Ağırlık, TuA: Turgor Ağırlığı

Prolin miktarı (PM) ($\mu\text{mol g}^{-1}$): 0.2 g taze yaprak örneği cam tozu yardımıyla % 3'lük 4 mL sülfosalisilik asit çözeltisi ile homojenize edilip iki tabaka wattman kâğıdından süzülmüştür. Filtratın 1 mL'si 1 mL asit-ninhidrin, 1 ml glasiyal asetik asitle test tüpünde karıştırılmıştır. Bu karışım 100 °C'de 1 saat su banyosunda bekletilerek, bu süre sonunda tüpler alınarak buz içerisine konulup reaksiyon sonlandırılmıştır. Örneklerin absorbansı 546 nm dalga boyunda okunmuştur. Bitki dokularındaki prolin miktarı $\mu\text{mol g}^{-1}$ taze ağırlık şeklinde hesaplanmıştır (Claussen, 2005). Lipit

Peroksidasyonu (nmol g^{-1}): 0.2 g yaprak sıvı azotun içinde cam tozu ve % 0.25 tiyobarbütirik asit (TBA) içeren 2 mL % 10 triklor asetik asit (TCA) çözeltisinde homojenize edilmiştir. Bu karışım 30 dakika 95 °C'de ısıtıldıktan sonra buz banyosunda hızlıca soğutulup ve 15 dakika 15000xg'de santrifüj edilmiştir. Süpernatantın absorbansı 532 nm'de okunmuştur. Regresyon analizinde saptanan formül kullanılarak lipit peroksidasyon ürünleri nmol g^{-1} taze ağırlık (TA) şeklinde ifade edilmiştir (Heath ve Packer, 1968). Kök uzunluğu (KU) (cm): Toprak yüzeyi ile kılcal köklerin en uzun yeri arasındaki mesafe cetvel yardımıyla ölçülmüştür.

2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Deneme bitiminde bitkilerden gözlemler alınmış, toprak ve bitki örnekleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar JMP Pro 13 istatistik paket programı aracılığı ile varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Önemli bulunan farklılıklar için LSD yöntemiyle farklılığı oluşturan gruplar tespit edilmiştir. Bitki gözlem verileri ile dozlar arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon testi yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bitki boyu (BB)

İstatistiki analiz sonunda tuz dozlarının bitki boyuna çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Tuz dozları arttıkça bitki boyu kısalmaktadır. En uzun bitki boyu olan 27.8 cm ile kontrol dozundan elde edilirken, en kısa bitki boyu 13.9 cm ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça bitki boyunda kontrole göre % 50 azalış meydana gelmiştir. Ortalama bitki boyu 22.6 cm, denemenin varyasyon katsayısı % 12 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Tablo 1'e baktığımızda bitki boyu bakımından kontrol, 60 ve 120 mM NaCl tuz dozlarının aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Bu durum Na^+ ve Cl^- iyonlarının düşük dozlarda bitkiler için gerekli besin elementleri olabileceğini akla getirmektedir (Kacar ve ark., 2009). Tuzluluk, toprakta bulunan tuz miktarını ifade eder ve bitkiler için optimum seviyelerin üzerine

çıkması durumunda, bitkiler üzerinde çeşitli olumsuz etkiler yapabilir. Yüksek tuz konsantrasyonu, bitkilerin su alımını azaltabilir, kök gelişimini engelleyebilir ve bitkilerin normal büyümesini etkileyebilir. Bu durum, bitkilerin genellikle daha kısa ve zayıf büyümesine neden olabilir. (Kacar ve ark., 2006; Okkaoğlu ve Avcıoğlu, 2010; Dölarıslan

ve Gül, 2012). Bulgularımız, artan tuz dozlarının bitki boy uzamasını engellediğini bildiren Khalvati ve Avcıoğlu (2001), Tan ve ark. (2002), Öztürk (2004), Saruhan ve ark. (2008), Geren ve Durul (2014), Topçu ve ark. (2016), Aşcı ve Zambı (2020)'nin sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

Tablo 1. Kamışsı yumak bitkisine uygulanan tuz dozlarının bitki gelişimi üzerine etkisi

Dozlar	BB (cm)	YBA (g saksı ⁻¹)	KBA (g saksı ⁻¹)	YAE (cm)	YAB (cm)	GÇ (mm)	YOSİ (%)	KU (cm)	LP (nmol g ⁻¹)	PM (µmol g ⁻¹)
0 mM (Kontrol)	27.8 a	7.5 a	2.5 a	0.45 a	43.5 a	1.9	77.67 a	27.3 a	78.5 c	98.6 d
60 mM	26.2 a	6.8 ab	2.4 a	0.44ab	33.3 b	1.7	73.11 ab	24.3ab	81.8 c	110.6 d
120 mM	23.7 ab	5.7 b	1.6 b	0.43 ab	27.6 c	1.8	68.71 bc	21 b	110.2 b	149.2 c
180 mM	21.3 b	3.5 c	1.0 bc	0.38 bc	20.7d	1.6	64.18 cd	10 c	117.8ab	194.4 b
240 mM	13.9 c	1.6 d	0.4 c	0.32 c	14.7 e	1.3	61.15 d	6.8 c	125.8 a	212.0 a
Ort.	22.6**	5.02**	1.6**	0.4**	27.9**	1.6 ^{ÖD}	68.97**	17.9**	102.8**	152.9**
VK (%)	12	20.7	23.6	10	9.7	19.6	5.2	12.9	7.0	7.5

K: Kontrol, Ort: Ortalama, VK: Varyasyon katsayısı, Ö.D: Önemli değil, * p<0.05: önemli, **p<0.01: çok önemli, aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir. BB: Bitki boyu, YBA: Yaş bitki ağırlığı, KBA: Kuru bitki ağırlığı, YAE: Yaprak ayası eni, YAB: Yaprak ayası boyu, GÇ: Gövde çapı, YOSİ: Yaprak oransal su içeriği, KU: Kök uzunluğu, LP: Lipit peroksidasyonu, PM: Prolin miktarı

3.2. Yaş bitki ağırlığı (YBA)

İstatistiki analiz sonunda tuz dozlarının yaş bitki ağırlığı üzerine çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir (p<0.01). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan yaş bitki ağırlığı azalmaktadır. En fazla yaş bitki ağırlığı 7.5 g saksı⁻¹ ile kontrol dozundan elde edilirken, en az yaş bitki ağırlığı 1.6 g saksı⁻¹ ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça yaş bitki ağırlığında % 79 oranında azalış olmuştur. Ortalama yaş bitki ağırlığı 5.02 g saksı⁻¹, denemenin varyasyon katsayısı % 20.7 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Tablo 1'e baktığımızda Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının düşük dozları besin elementleri olabileceği düşüncesinden hareketle, bitki boyunun kontrol ve 60 mM NaCl tuz dozlarında aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Bitki yaş ağırlığının tekerrürler arasında farklılığının en temel sebebi, oluşturulan fizyolojik kuraklık olabilir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Bulgularımız, artan tuz dozlarının yaş bitki ağırlığını azalttığını bildiren Topçu ve ark. (2016), Ertekin ve ark. (2017), Ertekin ve ark.

(2018), Kızıllışimşek ve Süren (2020), Er ve Elibol (2022), Ertekin ve ark. (2022)'nin sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

3.3. Kuru bitki ağırlığı (KBA)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla kuru bitki ağırlığı arasında çok önemli ilişki bulunmuştur (p<0.01). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan kuru bitki ağırlığı azalmaktadır. En fazla kuru bitki ağırlığı 2.5 g saksı⁻¹ ile kontrol dozundan elde edilirken, en az kuru bitki ağırlığı 0.4 ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça kuru bitki ağırlığında % 84 oranında azalış olmuştur. Ortalama kuru bitki ağırlığı 1.6 g saksı⁻¹, denemenin varyasyon katsayısı % 23.6 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Tablo 1'e baktığımızda Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının düşük dozları besin elementleri olabileceği için, kuru bitki ağırlığının kontrol ve 60 mM NaCl tuz dozlarında aynı grupta yer aldığı görülmektedir. Ancak NaCl toprakta fazla bulunduğu, fizyolojik kuraklık, toksik etki, besin elementi eksikliği, besin elementi dengesizliğine neden olarak bitkilerin

gelişimini olumsuz yönde etkilediği bildirilmektedir (Aşçı ve Zambı, 2020). Bulgularımız, artan tuz dozlarının kuru bitki ağırlığını azalttığını bildiren Aşçı ve Üney (2016), Kızılsimşek ve Süren (2020), Aşçı ve Zambı (2020), Er ve Elibol (2022)'un sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

3.4. Yaprak ayası eni (YAE) (cm)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla yaprak ayası eni arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin yaprak ayası eni azalmaktadır. En fazla yaprak ayası eni 0.45 cm ile kontrol dozundan elde edilirken, en az yaprak ayası eni 0.32 cm ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça yaprak ayası eninde % 29 oranında azalış olmuştur. Ortalama yaprak ayası eni 0.4 cm, denemenin varyasyon katsayısı % 10 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Yaprak ayası eni bakımından Tablo 1'e baktığımızda kontrol-120 mM NaCl dozları arası aynı grupta olsa da tuz dozları arttıkça yaprak ayası eninde azalış meydana gelmektedir. En fazla azalış 240 mM NaCl dozunda olmuştur. Yaprak eni ve boyu çim dokusu açısından önemli birer göstergedir. Bitkilerin stres altında genellikle yaprak genişliğini daralttıkları bilinmektedir (Chen ve ark., 2009). Bulgularımız, artan tuz dozlarının yaprak ayası enini azalttığını bildiren Yang ve ark. (1990), Franco ve ark. (1993), Chen ve ark. (2009), Topçu ve ark. (2016) ile benzerlik göstermektedir.

3.5. Yaprak ayası boyu (YAB)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla yaprak ayası boyu arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin yaprak ayası boyu azalmaktadır. En fazla yaprak ayası boyu 43.5 cm ile kontrol dozundan elde edilirken, en az yaprak ayası boyu 14.7 cm ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça yaprak ayası boyunda % 66 oranında azalış olmuştur. Ortalama yaprak ayası boyu 27.9 cm, denemenin varyasyon katsayısı % 9.7 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Yaprak ayası boyu bakımından Tablo 1'e baktığımızda tuz dozları arttıkça yaprak boylarında azalış meydana gelmiştir. Yaprak eni ve boyu çim dokusu açısından önemli birer göstergedir.

Bitkilerin stres altında genellikle yaprak boyunu kısalttıkları bilinmektedir (Taleisnik ve ark., 2009). Bulgularımız, artan tuz dozlarının yaprak ayası boyunu azalttığını bildiren Taleisnik ve ark. (2009), Sarıca (2014), Gao ve ark. (2015) ile benzerlik göstermektedir.

3.6. Gövde çapı (GÇ)

Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin gövde çapları arasındaki azalış istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 1). Gövde çapı en düşük (1.3 mm) 240 Mm tuz dozundan elden edilirken, en geniş gövde çapı ise (1.9 mm) kontrol dozundan elde edilmiştir.

3.7. Yaprak oransal su içeriği (YOSİ)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla yaprak oransal su içeriği arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin yaprak oransal su içeriği azalmaktadır. En fazla yaprak oransal su içeriği % 77.67 ile kontrol dozundan elde edilirken, en az yaprak oransal su içeriği % 61.15 ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça yaprak oransal su içeriğinde % 21.3 oranında azalış olmuştur. Ortalama yaprak oransal su içeriği % 68.97, denemenin varyasyon katsayısı % 5.2 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Zhu ve ark. (2002), tuzlu su veya su açığı koşullarında bağıl su içeriğinde bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde, bulgularımız Jiang ve Huang (2001), Sarmast ve ark. (2015), Manuchehri ve Salehi (2015), Pawłowicz ve ark. (2018)'nin yaptıkları bir çalışmanın sonuçlarıyla da uyumlu bulunmuştur.

3.8. Kök uzunluğu (KU)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla kök uzunluğu arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça saksılarda bulunan bitkilerin kök uzunluğu azalmaktadır. En fazla kök uzunluğu 27.3 cm ile kontrol dozundan elde edilirken, en az kök uzunluğu 6.8 cm ile 240 mM NaCl dozundan elde edilmiştir. Tuz dozları arttıkça kök uzunluğunda % 75 oranında azalış olmuştur. Ortalama kök uzunluğu 17.9 cm, denemenin varyasyon katsayısı % 12.9 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bulgularımız, artan tuz dozlarının kök uzunluğunu azalttığını bildiren

Xu ve ark. (2013)'nin sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

3.9. Lipit Peroksidasyonu (malondialdehit - MDA)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla lipit peroksidasyonu arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça lipit peroksidasyonu artmaktadır. En fazla lipit peroksidasyonu 125.8 MDA ile 240 mM NaCl dozundan elde edilirken, en az lipit peroksidasyonu 78.5 MDA ile kontrol (sıfır) dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça lipit peroksidasyonunda da % 60 oranında artış olmuştur. Ortalama lipit peroksidasyonu 102.8 MDA, denemenin varyasyon katsayısı % 7 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bulgularımız, artan tuz dozlarının lipit peroksidasyonunu arttırdığını bildiren Jiang ve Huang (2001), Xu ve ark. (2013), Wang ve ark. (2017)'nin sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

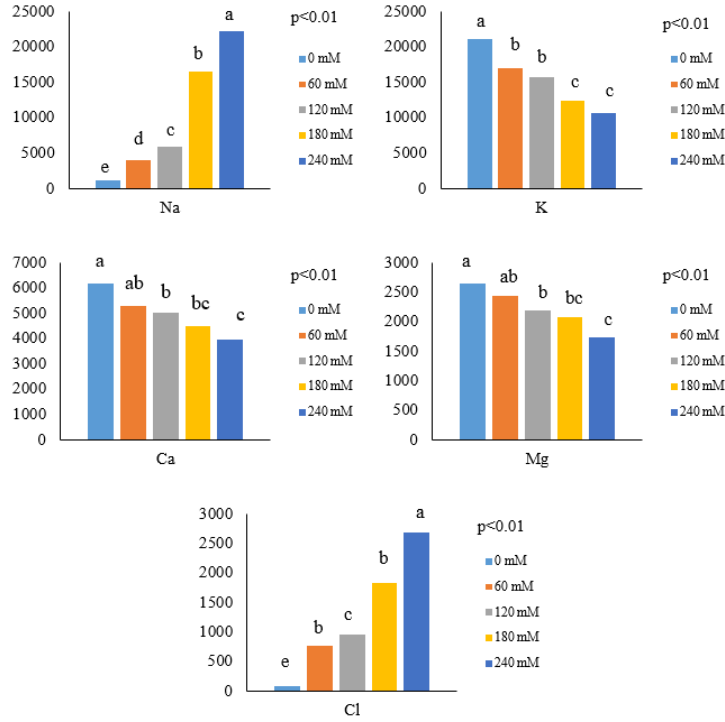
3.10. Prolin miktarı (PM)

İstatistiki analiz neticesinde tuz dozlarıyla prolin miktarı arasında çok önemli ilişki bulunmuştur ($p<0.01$). Tuz dozları arttıkça prolin miktarı da artmaktadır. En fazla prolin miktarı 212 $\mu\text{mol g}^{-1}$ ile 240 mM NaCl dozundan elde edilirken, en az prolin miktarı 98.6 $\mu\text{mol g}^{-1}$ ile kontrol dozundan elde edilmiştir. Tuz dozu arttıkça prolin miktarında % 115 oranında artış olmuştur. Ortalama prolin miktarı 152.9 $\mu\text{mol g}^{-1}$, denemenin varyasyon katsayısı % 7.5 olarak bulunmuştur (Tablo 1). Bulgularımız, artan tuz dozlarının prolin miktarını arttırdığını bildiren Kai ve ark. (2010), Li ve ark. (2010), Martin ve ark. (2012), Filippou ve ark. (2014), Manuchehri ve Salehi (2015), Sarmast ve ark. (2015)'nin sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur.

3.11. Bitki besin özelliklerine etkisi

Kamışsı yumak bitkisinin farklı büyüme aşamalarının morfolojik özelliklerine dayalı

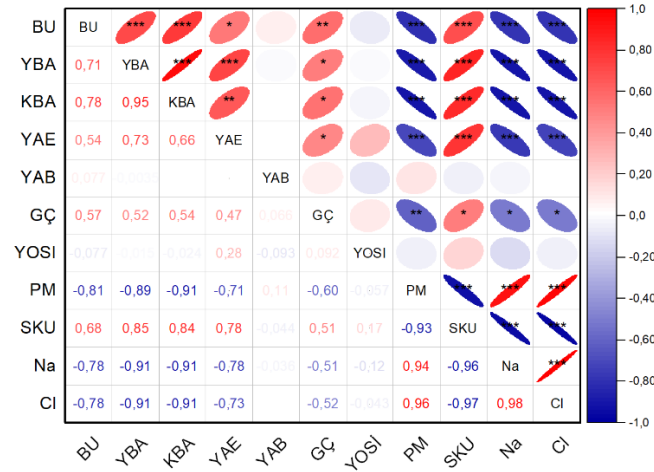
olarak tuzluluğa karşı farklı toleransları bu araştırmada ortaya konmuştur. Kamışsı yumak bitkisinin seçilen büyüme parametrelerinin ele alınması yanında, bitki yeşil aksamındaki besin elementi içeriğine ve toprağın bazı kimyasal özelliklerine etkisi de incelenmiştir. Araştırma sonrasında kamışsı yumak toprak üstü aksamda belirlenen Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} ve Cl^- konsantrasyonu verilerinde yapılan varyans analizi neticesinde; incelenen bütün parametreler istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Tuz uygulamasının Na, K, Ca, Mg ve Cl kapsamına etkisi incelendiğinde Na ve Cl konsantrasyonları dozlara göre artarken, K, Ca ve Mg konsantrasyonları dozlara göre azalmıştır. Bu kapsamda en yüksek konsantrasyonlar; Na ve Cl sırası ile 22159 ve 2675 mg kg^{-1} olarak en yüksek doz (240 mM) konusundan elde edilirken; K, Ca ve Mg sırası ile 10704, 6155 ve 1734 mg kg^{-1} olarak kontrol konusundan elde edilmiştir (Şekil 1). Gao ve Li (2014), tuzlu koşullar altında yetiştirilen, farklı tuzluluk toleransına sahip iki kamışsı yumak çeşidinin besin alımına etkisini araştırmıştır. Yaptıkları araştırmada tuz uygulaması çalışmamıza benzer şekilde K^+ ve Mg^{2+} ve Ca^{2+} alımını azalttığı, ancak Na^+ miktarını arttırdığı bildirilmiştir. Tuzluluktan etkilenen besin alımı süreci, yaprak ve sürgünlerdeki farklı büyüme ve gelişme gösteren dokular ile organlar arasındaki besin hareketi nedeniyle daha da karmaşık hale gelir. Tuzluluk stresi altındaki yeşil aksamda Na, K, Ca, Mg ve Cl'un taşınması olayında besinler arasındaki antagonizmden kaynaklı farklı dinamikler rol oynayabilmektedir. K, Ca ve Mg'un yaprak kısmında azalması, tuz uygulamasının bu elementlerin taşınması üzerindeki inhibe edici etkisinden kaynaklanabilir (Lynch ve Läuchli, 1984; 1985).



Şekil 1. Uygulamaların bitki aksamında Na, K, Ca, Mg ve Cl içeriğine etkisi (mg kg⁻¹)

Deneme sonrası bitkide alınan örneklerden Na ve Cl konsantrasyonu belirlenmiş, bazı bitki büyüme parametreleri arasındaki korelasyonlar Şekil 2’de verilmiştir. Buna göre bitkideki Na miktarı ile bitki uzunluğu (BU), yaş bitki ağırlığı (YBA), kuru bitki ağırlığı (KBA), yaprak ayası eni (YAE) ve saksı kök uzunluğu (SKU) arasında negatif önemli (r: -0.78, 0.91, 0.91, 0.78 ve 0.96) ilişki belirlenmiştir (p<0.001). Prolin miktarı (PM) arasında ise pozitif önemli (r: 0.94) bir ilişki belirlenmiştir (p<0.001). Bitkide Cl konsantrasyonu ile BU, YBA, KBA, YAE ve SKU arasında negatif önemli (r: -0.78, 0.91, 0.91, 0.73 ve 0.97) ilişki belirlenirken (p<0.001), PM arasında pozitif önemli (r: 0.96) bir ilişki belirlenmiştir (p<0.001). Tuzlu

koşullar altında hücre duvarı özellikleri değişmektedir. Yaprak turgoru ve fotosentez oranları azalır, bu da toplam yaprak alanında bir azalmaya yol açar (Rodríguez ve ark., 2005). Ayrıca yaprak ve gövdede gerçekleşen olumsuz durum, tüm toprak üstü kısım boyutlarında ve bitki boyunda bir azalmaya neden olur. Sulama suyundaki yüksek tuz konsantrasyonları bitki büyümesinin azalmasına (Munss ve Tester, 2008), yaprak genişlemesinin sınırlandırılmasına (Cramer, 2002) neden olur. Öte yandan yüksek tuzlu koşullarda, bitkideki osmotik denge, yüksek miktarda organik çözünenlerin yani prolinin artması ve farklı katyonların (Na⁺, K⁺, Ca²⁺ Mg²⁺) dengelenmesi ile sağlanabilir (Roy ve ark., 2014; Bündig ve ark., 2016).



Şekil 2. Bitki özellikleri ve Na-Cl uygulaması arasındaki korelasyon analizi

(*p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001) BU: Bitki uzunluğu, YBA: Yaş bitki ağırlığı, KBA: Kuru bitki ağırlığı, YAE: Yaprak ayası eni, YAB: Yaprak ayası boyu, GÇ: Gövde çapı, YOSİ: Yaprak oransal su içeriği, PM: Prolin miktarı, SKU: Saksı kök uzunluğu, Na: Sodyum, Cl: Klor

4. Sonuçlar

Dünya çapında tarımsal verimin önündeki en büyük zorluklardan biri artan toprak tuzluluğudur. Toprak tuzluluğunun en önemli etkenlerinden biri olan tuzlu suyun içindeki sodyum ve klorürün bitkiler üzerinde toksik etkileri olabilir. Bu iyonlar bitki besin alımını ve dengesini bozabilirler. Tüm bu etkiler daha sonra topraktaki ve dolayısı ile bitki bünyesindeki katyon dengesini bozabilir. Tuz uygulamasının bitki bünyesindeki Na, K, Ca, Mg ve Cl besin elementlerine etkisi incelendiğinde Na ve Cl konsantrasyonları dozlara göre artarken, K, Ca ve Mg konsantrasyonları dozlara göre azaldığı görülmüştür. Toprakta bulunan Na ve Cl iyonlarının düşük dozları besin elementleri olabileceği gibi artan dozların ise zamanla bitki boyunu, yaş ve kuru bitki ağırlığını, yaprak ayası eni ve boyunu, gövde çapını, yaprak oransal su içeriğini ve kök uzunluğunu azalttığı bu çalışma ile belirlenmiştir. Ayrıca tuz konsantrasyonları arttıkça lipid peroksidasyonu ve prolin miktarı da artmaktadır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini / okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

- Açıkgöz, E., 1994. Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. Çevre Peyzaj Mimarlığı Yayınları, Bursa.
- Açıkgöz, E., 2021. Yem Bitkileri (4. Baskı). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa.
- Aşçı, Ö.Ö., Üney, H., 2016. The effect of different salt concentrations on germination and plant growth of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz). *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 29-34.
- Aşçı, Ö.Ö., Zambı, H., 2020. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı bezelye çeşit ve genotiplerinde bitki gelişimine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3): 274-284.
- Aşçı, Ö.Ö., Saral, M.A., Arıcı, Y.K., 2021. Tuz stresinin börülcede bazı fizyolojik özellikler ve mineral madde oranlarına etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2): 297-305.
- Avcıoğlu, R., 2014. Çim Ekimi Dikimi Bakımı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.

- Aydın, İ., Atıcı, Ö., 2015. Tuz stresinin bazı kültür bitkilerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2): 360-366.
- Benlioğlu, B., Özkan, U., 2015. Bazı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) çimlenme dönemlerinde farklı dozlardaki tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(2): 109-114.
- Bora, M., Deveci, M., 2015. Değişik vejetasyon dönemlerine kadar uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının biberde meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hidrometre for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 143(9): 434-438.
- Bremner, J.T., 1965. Organic forms of nitrogen. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9: 1238-1255.
- Bressan, R.A., 2008. Bitki fizyolojisi (Eds. L. Taiz, E. Zeiger; Çeviri Ed. İ. Türkan) *Stres Fizyolojisi*, Palme Yayıncılık, Ankara, s.591-620.
- Bruce, R.C., Rayment, G.E., 1982. Analytical methods and interpretations used by the agricultural chemistry branch for soil and land use surveys. Queensland.
- Bündig, C., Jozefowicz, A.M., Mock, H.P., Winkelmann, T., 2016. Proteomic analysis of two divergently responding potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) following osmotic stress treatment in vitro. *Journal of Proteomics*, 143: 227-241.
- Chen, J., Shiyab, S., Han, F.X., Monts, D.L., Waggoner, A.W., Su, Z.Y., 2009. Bioaccumulation and physiological effects of mercury in *Pteris vittata* and *Nephrolepis exaltata*. *Ecotoxicology*, 18: 110-121.
- Claussen, W., 2005. Proline as a measure of stress in tomato plants. *Plant Science*, 168: 241-248.
- Cramer, G.R., 2002. Sodium-calcium interactions under salinity stress. In *Salinity: environment-plants-molecules* Dordrecht: Springer Netherlands.
- Çelik, S., 2020. Bazı upland pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) çeşitlerinin çimlenme döneminde farklı tuz (NaCl) seviyelerine karşı toleranslarının belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(2): 112-117.
- Çaçan, E., Kökten, K., 2014. Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin tuzluluğa toleransının belirlenmesi. *Turkey 5th Seed Congress With International Participation*, Kongre Bildiriler Kitabı, 19-23 Ekim, Diyarbakır, s. 493-496.
- Çulha, Ş., Çakırlar, H., 2011. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2): 11-34.
- Deveci, M., Tuğrul, B., 2017. Ispanakta tuz stresinin yaprak fizyolojik özelliklerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6: 89-98.
- Dölarlan, M., Gül, E., 2012. Toprak bitki ilişkileri açısından tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2): 56-59.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118-125.
- Er, H., Elibol, S., 2022. Farklı tuz konsantrasyonlarında semiz otu (*Portulaca oleracea*) ve kamışı yumak (*Festuca arundinacea*) bitkileri uygulanarak tuzlu toprakların fitoremediasyon yöntemiyle iyileştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 34: 70-74.

- Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Atak, M., Can, E., Çeliktaş, N., 2017. Tuz stresinin bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 10-18.
- Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Atak, M., Can, E., 2018. Effects of different salt concentrations on the germination properties of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) cultivars. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5(2): 175-179.
- Ertekin, İ., Yılmaz, Ş., Can, E., 2022. Bazı yumak (*Festuca* spp.) türlerinin çimlenme ve fide aşamasında tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2): 266-271.
- Filippou, P., Bouchagier, P., Skotti, E., Fotopoulos, V., 2014. Proline and reactive oxygen/nitrogen species metabolism is involved in the tolerant response of the invasive plant species *Ailanthus altissima* to drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany*, 97: 1-10.
- Franco, J.A., Estaban C., Rodriguez C., 1993. Effect of salinity on various growth stages of Muskmelon cv. Revigal. *Journal of Horticultural Sciences*, 68: 899-904.
- Gao, Y., Li, D., 2014. Growth responses of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) to salinity stress. *European Journal of Horticultural Science*, 79(3): 123-128.
- Gao, L., Li Y., Han, R., 2015. He-Ne laser preillumination improves the resistance of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) seedlings to high saline conditions. *Protoplasma*, 252: 1135-1148.
- Geren, H., Durul, G., 2014. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının dev kralotu (*Pennisetum hybridum*)'nda biyokütle verimi ve bazı verim özelliklerine etkileri üzerine bir ön araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51(1): 85-91.
- Hao, S., Wang, Y., Yan, Y., Liu, Y., Wang, J., Chen, S., 2021. A review on plant responses to salt stress and their mechanisms of salt resistance. *Horticulturae*, 7(6): 132.
- Harivandi, M.A., Butler, J.D., Wu. L., 1992. Salinity and turfgrass culture, p. 207-229. In: D.V. Waddington, R.N. Carrow, R.C. Shearman (eds.). *Turfgrass-Agron Monogr.* 32. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Heath, R.L., Packer, K., 1968. Leaf senescence; correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 32: 93-101.
- Holmstrom, K.O., Mantyla, E., Welin, B., Mandal, A., Palva, T.E., Tunnela, O.E., Londesborough, J., 1996. Drought tolerance in tobacco. *Nature*, 379: 683-684.
- Iba, K., 2002. Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temperature tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 225-245.
- Jackson, M.L., 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc.
- Jackson, M.L., 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Publication Pvt. Ltd, New Delhi.
- Jiang, Y., Huang, B., 2001. Drought and heat stress injury to two cool-season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science*, 41(2): 436-442.
- Johnson, C.M., Ulrich, A., 1959. II. Analytical Methods For Use in Plant Analysis. California Agricultural Experiment Station. Bull. 766.
- Kacar, B., Katkat, V., Öztürk Ş., 2006. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları, No:848, Ankara.
- Kacar, B., İnal, A., 2008. Bitki Analizleri (I. Basım). Nobel Yayınları, No:1241, Ankara.
- Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., 2009. Bitki Fizyolojisi (3.Baskı). Nobel Yayınları, No:848, Ankara.

- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., 2005. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizmaları. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4): 723-740.
- Kai, L.I., Huibin, L.I., Xiuju, B., Zhao, M., Yujing, Z., 2010. Effects of NaCl stress on two blue fescue varieties (*Festuca glauca*). *Frontiers of Agriculture in China*, 4(1): 96-100.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N., 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 3(7): 213-251.
- Karaman, R., Brohi, A., Müftüoğlu, M., Öztaş, T., Zengin, M., 2007. Sürdürülebilir Toprak Verimliliği. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Karaköy, T., Kökten, K., Toklu, F., 2012. Response of some chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to salt stress conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3&4): 337-341.
- Karaoğlu, M., Yalçın, A.M., 2018. Toprak tuzluluğu ve Iğdır Ovası örneği. *Journal of Agriculture*, 1(1): 27- 41.
- Kaya, C., Sonmez, O., Aydemir, S., Ashraf, M., Dikilitas, M., 2013. Exogenous application of mannitol and thiourea regulates plant growth and oxidative stress responses in salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *Journal of Plant Interactions*, 3: 234-241.
- Keser, Ö., Çolak, G., Caner, N., 2009. Tuza toleransı farklı iki kültür bitkisinde bazı fizyolojik ve makromorfolojik parametreler üzerine Na₂CO₃ tipi tuz stresi etkileri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2): 64-80.
- Khan, M.A., Ungar, I.A., Showalter, A.M., 2000. Effects of sodium chloride treatments on growth and ion accumulation of the halophyte *Haloxylon recurvum*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31: 2763-2774.
- Khalvati, M.A., Avcıoğlu, R., 2001. Bazı mısır çeşitlerinin erken gelişme döneminde tuza dayanıklılıkları üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kızılımşek, M., Süren, E.N., 2020. Farklı tuzluluk seviyelerinin bazı kamışsı yumak (*F. arundinacea*) çeşitlerin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2): 189-197.
- Kishor, P.B.K., Sreenivasulu, N., 2014. Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue? *Plant Cell Environment*, 37: 300-311.
- Klute, A., 1986. Water retention: laboratory methods. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical And Mineralogical Methods*, 5: 635-662.
- Korkmaz, A., Karagöl, A., Horuz, A., 2016. Substrat kültüründe domates bitkisi yaprağında besin kapsamı, K/Na ve Ca/Na oranları üzerine besin çözeltisine artan dozlarda ilave edilen NaCl'ün etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3): 441-447.
- Kökten, K., Karaköy, T., Bakoğlu, A., Akçura, M., 2010. Determination of salinity tolerance of some lentil (*Lens culinaris* M.) varieties. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(1): 140-143.
- Kusvuran, S., Ellialtıoğlu, S., Abak, K., Yasar, F., 2007. Responses of some melon (*Cucumis* sp.) genotypes to salt stress. *Ankara University Faculty of Agriculture, Journal of Agricultural Sciences*, 13(4): 395-404.
- Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L., Rentsch, D., 2010. Proline metabolism and transport in plant development. *AminoAcids*, 39: 949-962.
- Li, K., Li, H., Zhao, Y., Bian, X., Meng, Z., 2010. Effects of NaCl stress on two blue fescue varieties (*Festuca glauca*). *Frontiers of Agriculture in China*, 4: 96-100.

- Lynch, J., Läuchli, A., 1985. Salt stress disturbs the calcium nutrition of barley (*Hordeum vulgare* L.). *New Phytologist*, 99(3): 345-354.
- Lynch, J., Läuchli, A., 1984. Potassium transport in salt-stressed barley roots. *Planta*, 161: 295-301.
- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2): 139-158.
- Manuchehri, R., Salehi, H., 2015. Morphophysiological and biochemical changes in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) under combined salinity and deficit irrigation stresses. *Desert*, 20(1): 29-38.
- Martin, R.C., Glover-Cutter, K., Baldwin, J.C., 2012. Identification and characterization of a salt stress-inducible zinc finger protein from *Festuca arundinacea*. *BMC Research Notes*, 5: 66.
- Mishra, P., Mishra, J., Arora, N.K., 2021. Plant growth promoting bacteria for combating salinity stress in plants-Recent developments and prospects: A review. *Microbiological Research*, 252: 126861.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Okkaoğlu, H., Avcıoğlu, R., 2010. Mikoriza ve tuz stresi interaksyonunun mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin erken gelişme döneminde büyüme ve diğer bazı fizyolojik özelliklerin etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Olsen, R.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, H.C., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular*, Washington, D.C.
- Onal Asci, O., 2011. Salt tolerance in red clover (*Trifolium pratense* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 10(44): 8774-8781.
- Oral, N., Açıkgöz, E., 1998. Bursa bölgesinde tesis edilecek çim alanları için tohum karışımları ekim oranları ve azotlu gübre uygulaması üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Önal Aşçı, Ö., Üney, H., 2016. Farklı tuz yoğunluklarının Macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 29-34.
- Örçen, N., 2017. Kum-perlit karışım oranı ve tuz (NaCl) seviyesinin *Sarcocornia perennis* (Mil.) AJ Scott'in büyüme ve gelişimi üzerine etkisi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(2): 203-209.
- Özen, H.Ç., Onay, A., 2007. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayınları, No:1220, Ankara.
- Öztekin, G.B., 2009. Aşılı domates bitkilerinde tuz stresine karşı anaçların etkisi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Öztürk, A., 2004. Tuzluluk ve sodyumluluğun oluşumu, bitki ve toprağa etkileri. *Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu*, Kongre Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, s.1-16.
- Pawłowicz, I., Waśkiewicz, A., Perlikowski, D., Rapacz, M., Ratajczak, D., Kosmala, A., 2018. Remodeling of chloroplast proteome under salinity affects salt tolerance of *Festuca arundinacea*. *Photosynthesis Research*, 137: 475-492.
- Peker, A.E., Öztürk, H.S., 2020. Sodyumlu sulama sularının toprak tuzluluk değişimine etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 9(2): 102-115.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Agriculture Hand Book, 60: 159.
- Rodriguez, P., Torrecillas, A., Morales, M.A., Ortuno, M.F., Sánchez-Blanco, M.J., 2005. Effects of NaCl salinity and water stress on growth and leaf water relations of *Asteriscus maritimus* plants. *Environmental and Experimental Botany*, 53(2): 113-123.

- Roy, S.J., Negrão, S., Tester, M., 2014. Salt resistant crop plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 26: 115-124.
- Sarmast, M.K., Salehi, H., Niazi, A., 2015. Biochemical differences underlie varying drought tolerance in four *Festuca arundinacea* Schreb. genotypes subjected to short water scarcity. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37: 192.
- Sarıca, N., 2014. Bazı sıcak iklim çim türlerinin tuzluluğa dayanıklılığının belirlenmesi ve uygulamalar açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Saruhan, V., Üzen, N., Eylene, M., Çetin, Ö., 2008. Toprak tuzluluğunun kültür bitkilerine etkileri ve alınabilecek somut önlemler. *İklim Değişikliği Sempozyumu*.
- Sheldon, A.R., Dalal, R.C., Kirchof, G., Kopittke, P.M., Menzies, N.W., 2017. The effect of salinity on plant-available water. *Plant and Soil*, 418: 477-491.
- Sürmen, M., Erdoğan, H., Özeroğlu, A., Kara, E., 2018. Farklı tuz konsantrasyonlarının çim bitkilerinde çimlenme ve erken fide dönemi özellikleri üzerine etkileri. *Uluslararası Katılımlı AGRIFOR Kongresi, Marmaris*.
- Szabados, L., Savouré, A., 2010. Proline: a multi-functional amino acid. *Trend Plant Science*, 15: 89-97.
- Şahin, C., Akçalı, C., 2016. Farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı pamuk çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 2(2): 75-79.
- Şen, A., Başaran, U., Doğrusöz, M.Ç., Gülümser, E., Mut, H., 2021. The effect of alkali stress on seedling development and quality of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) genotypes. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(2): 205-212.
- Taleisnik, E., Rodríguez, A.A., Bustos, D., Erdei, L., Ortega, L., Senn, M.E., 2009. Leaf expansion in grasses under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 166(11): 1123-1140.
- Tan, M., Koç, A., Erkovan, H.İ., 2002. Dumlu yöresi (Erzurum) tuzlu-alkali topraklarında yetişebilecek yem bitkisi türlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33: 3.
- Tatar, N., Öztürk, Y., Çarpıcı, E.B., 2018. NaCl ön uygulamalarının farklı tuz seviyelerinde çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.)'in çimlenme özellikleri üzerine etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1): 28-33.
- Topçu, G.D., Çelen, A.E., Kuru, E., Özkan, Ş. S., 2016. Farklı tuz konsantrasyonlarının kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) ve mavi ayırık (*Agropyron intermedium*) bitkilerinin çimlenme ve erken gelişme dönemindeki etkileri üzerine araştırma. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2): 219-224.
- Türk, M., Alagöz, M., 2020. Kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* L.) tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkileri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2): 317-324.
- Türkan, İ., Bor, M., Özdemir, F., Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Science*, 168: 223-231.
- Tüzüner, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Uddin, M.K., Juraimi, A.S., 2013. Salinity tolerance turfgrass: History and Prospects. Review Article. Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal.
- Wang, J.J., Lin, W.H., Zhao, Y.T., Meng, C., Ma, A.W., Xue, L.H., Tian, P., 2017. Physiological and biochemical responses of *Festuca sinensis* seedlings to temperature and soil moisture stress. *Functional Plant Biology*, 44(10): 1007-1015.

- Xu, R., Yamada, M., Fujiyama, H., 2013. Lipid peroxidation and antioxidative enzymes of two turfgrass species under salinity stress. *Pedosphere*, 23(2): 213-222.
- Yang, Y.W., Newton, R.J., Miller, R., 1990. Salinity tolerance in sorghum in hole plant response to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense*. *Crop Science*, 30: 755-781.
- Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar University Journal of Science*, 7: 47-66.
- Zamani, S., Nezami, M.T., Habibi, D., Khorshidi, B., 2010. Effect of quantitative and qualitative performance of four canola cultivars (*Brassica napus* L.) to salinity conditions. *Advances in Environmental Biology*, 4(3): 422-427.
- Zhao, S., Zhang, Q., Liu, M., Zhou, H., Ma, C., Wang, P., 2021. Regulation of plant responses to salt stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9): 4609.
- Zhu, X.G., Wang, Q., Zhang, Q.D., Lu, C.M., Kuang, T.Y., 2002. Response of photosynthetic functions of winter wheat to salt stress. *Plant Nutrition*, 8: 180-85.

Atıf Şekli	Alay, F., Birol, M., Demir, E., Çankaya, N., 2024. Kamışsı Yumağın (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) Tuzluluk Stresine (NaCl) Karşı Büyüme Tepkisinin Araştırılması. <i>ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi</i> , 8(1):57-71. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813047 .
To Cite	Alay, F., Birol, M., Demir, E., Çankaya, N., 2024. Investigation of the Growth Response of Reed Ball (<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.) to Salinity Stress (NaCl). <i>ISPEC Journal of Agricultural Sciences</i> , 8(1):57-71. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10813047 .
