



Yüzüncü Yıl Üniversitesi  
Tarım Bilimleri Dergisi  
(YYU Journal of Agricultural Science)



http://dergipark.gov.tr/yyutbd

Araştırma Makalesi (Research Article)

**Kargı Kamışı (*Arundo donax* L.)'nda Tuz Stresinin Morfolojik ve Fizyolojik Özelliklere Etkisi**

Alpaslan KUŞVURAN<sup>1\*</sup>, Şebnem KUŞVURAN<sup>1</sup>, Recep İrfan NAZLI<sup>2</sup>, Veyis TANSI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Kızılırmak Meslek Yüksekokulu, Kızılırmak, Çankırı, Türkiye

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sarıçam, Adana, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-posta: kusvuran@karatekin.edu.tr; Tel: + 90 (376) 218 11 23; Faks: + 90 (376) 324 10 18

**Makale Bilgileri**

Geliş: 19.12.2018  
Kabul: 18.04.2019  
Online Yayınlanma 28.06.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.499322

**Anahtar Kelimeler**

Abiyotik stres,  
Biyokütle,  
Buğdaygıl,  
Enerji bitkileri,  
Iyon

**Öz:** Tuzluluk, dünyada sulanabilir tarım alanlarının %20'den fazlasında görülen ve özellikle kurak-yarı kurak tarım alanlarını tehdit eden önemli bir abiyotik stres faktörüdür. Bu çalışmada, 0-kontrol, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl tuz yoğunluklarının kargı kamışı (*Arundo donax* L.)'na etkileri incelenmiştir. Sulamaya öncelikle 50 mM tuz konsantrasyonu ile başlanarak son doz olan 250 mM'a ulaşılmıştır. Kargı kamışının stres karşısında gösterdiği tepkiler bitkinin erken gelişim döneminde gözlemlenmiştir. Araştırmada, yaprak zararlanma indeksi, bitki yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve alanı, bitki boyu, sap kalınlığı, yaprak su potansiyel içeriği, klorofil değeri ile sodyum (Na), potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) içerikleri belirlenmiştir. Kargı kamışı farklı tuz konsantrasyonlarına karşı tolerans bakımından geniş bir varyasyon göstermiştir. Artan tuz konsantrasyonları ile birlikte bitkide morfolojik özellikler bakımından gerilemeler olmuş, bu etki özellikle 100 mM tuz konsantrasyonu ile etkisini göstermiş ve en düşük değerler 250 mM dozunda elde edilmiştir. En yüksek yaprak zararlanma indeksi (0-5 skalası) değerleri 250 mM konsantrasyonunda elde edilmiştir. Kontrol gruplarına göre yaprak yaş ve kuru ağırlıklarında sırasıyla %27 ve %60, kök yaş ve kuru ağırlıklarında ise %13 ve %77 oranında azalmalar tespit edilmiştir. Yaprak oransal su içeriği kontrol bitkilerinde %85 olarak saptanırken, bu değer 250 mM konsantrasyonunda %52.5 olarak belirlenmiştir. Artan tuz stresine bağlı olarak klorofil içerikleri ile potasyum (K) ve kalsiyum (Ca) iyonlarında azalmalar görülürken, sodyum (Na) iyonlarında ise artış meydana gelmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, yüksek tuzluluk bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkilemiş, 150 mM NaCl konsantrasyonunun bitki gelişimi üzerinde kritik doz olduğu sonucuna varılmıştır.

**Salinity Stress Effect on Morphological and Physiological Properties in Giant Reed (*Arundo donax* L.)**

**Article Info**

Received: 19.12.2018  
Accepted: 18.04.2019  
Online Published 28.06.2019  
DOI: 10.29133/yyutbd.499322

**Keywords**

Abiotic stress,  
Biomass,

**Abstract:** Salinity is a significant abiotic stress factor that threatens agriculture in both arid and semiarid environments, affecting over 20% of the world's irrigated land. In the present study, we have investigated that effects of different salinity levels (0, 50, 100, 150, 200, and 250 mM NaCl) in giant reed (*Arundo donax* L.). Salt treatment was started as 50 mM and this concentration was increased day after day, and finally 250 mM concentration of NaCl was applied until harvest time. Stress responses of the giant reed were measured in early plant development stage. In conclusion, the giant reed showed large variation in their response to salt tolerance in different salt levels. The morphological parameters were reduced with increasing salt concentrations; important decreases occurred with 100 mM

Grasses,  
Energy plants,  
Ion

NaCl and the lowest values were obtained with 250 mM. The highest 0-5 symptoms score were determined in 250 mM levels. The fresh and dry weight, fresh and dry root weight decreased 27-60% and 13-77% compared to control groups, respectively. While the relative water content was obtained 85% in control plants, this parameter decreased 52.5% ration in 250 mM salt level. The increasing salt stress caused decreasing in chlorophyll content. With increasing of salt levels, Na ion content increased on the other hand K and Ca ions contents diminished. The results obtained from this experiment show that high salinity reduced plant growth and development in giant reed. In these levels, 150 mM NaCl concentration was determined at critical dose for plant development.

## 1. Giriş

Enerji bitkileri; çok farklı ekolojik koşullarda tarımı yapılabilen, toprak seçiciliği fazla olmayan türleri de bünyesinde bulunduran, fosil yakıtlar gibi çevreye zararı olmayan, aksine faydaları olan ve yenilenebilir kaynaklar olma özelliklerinden dolayı önemleri giderek artan bitkiler olup, enerji üretimindeki payları her geçen gün artmaktadır. Dünyada enerji bitkileri olarak en fazla değer gören çok yıllık serin mevsim buğdaygillerinden birisi de kargı kamışı (*Arundo donax* L.)'dır. Bir C<sub>3</sub> bitkisi olan kargı kamışı (*Arundo donax* L.), Akdeniz iklim koşullarında yaz sonuna doğru çiçeklenmekte ve yaz boyunca dormansiye girmeden büyümesini sürdürmektedir. Bitkinin ihtiyacı olan suyun karşılanması durumunda kargı kamışından yüksek biyokütle verimi elde edilmekte, bu özelliği nedeniyle de özellikle Yunanistan ve İtalya gibi Akdeniz ülkelerinde enerji bitkisi olarak fazlasıyla dikkat çekmektedir (Angelini ve ark., 2009). Ülkemizde Ege ve Akdeniz Bölgesi'nde, özellikle sahil kuşağında bataklık, dere, ırmak, göl vb. su kaynaklarının olduğu yerlerde doğal vejetasyonda yoğunlukla bulunmakla birlikte Çorum'un Kargı ilçesinde doğal olarak yayılış göstermektedir.

Tuz stresi toprakta ya da sulama suyunda, sınır değerlerin üzerinde bulunan farklı tuzların bitki büyümesini engellemesi ile ortaya çıkan bir abiyotik stres olup, karşımıza en çok sodyum klorür (NaCl) formunda çıkmaktadır. Bitkiler, tuz stresi koşullarında, bitki gelişimini iki farklı şekilde engellemektedir. Bunlardan ilki olan osmotik etki; topraktaki tuz oranının artışına bağlı olarak artan osmotik basınç ve su potansiyelinin düşmesi sonucu köklerin su alımının engellenmesi ile ortaya çıkan bir anlamda kuraklık stresi şeklinde tanımlanabilmektedir.

Diğer etki ise tuz iyonlarının yüksek konsantrasyonlarda olması halinde iyon dengesinin bozularak besin maddesi alımının engellenmesi şeklinde ortaya çıkan toksik etkidir (Stavridou ve ark., 2017). Tuza tolerans, yüksek değerlerde tuz konsantrasyonuna sahip olan ortamlarda bitkilerin büyüme ve gelişimini devam ettirebilme kabiliyeti şeklinde tanımlanmaktadır. Bitkiler bunu gerçekleştirmek için, tuzu kabullenme (inclusion) ve tuzdan sakınma (exclusion) mekanizmalarından birini devreye sokarak yüksek tuz içeriğine sahip ortamlarda büyüme ve gelişmelerini sürdürmektedirler (Kuşvuran, 2011). Bitkilerin tuza karşı toleransının belirlenmesinde önemli olan faktörlerden birisi de iyon regülasyonudur. Tuz koşulları altında bitki türleri dokularında düşük Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> alımı yanında daha yüksek oranlarda K<sup>+</sup> ve Ca<sup>++</sup> seviyelerinin oluşturulması toleransın anahtar mekanizmalarını oluşturmaktadır. Ayrıca, tuz stresine karşı yüksek tolerans gösteren bitkilerin dokularında K/Na oranı daha yüksektir (Daşgan ve Koç 2009; Acosta-Motos ve ark., 2017).

Bu çalışmada, dünya genelinde enerji bitkisi olarak önemi her geçen gün artan kargı kamışı (*Arundo donax* L.) türünün farklı tuz konsantrasyonları altında göstermiş oldukları tepkilerin incelenerek bitki büyüme gelişmesinde ortaya çıkan morfolojik ve fizyolojik etkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırmada; Çankırı Karatekin Üniversitesi Kızılırmak Meslek Yüksekokulu Araştırma ve Uygulama Alanı'nda bulunan kargı kamışı (*Arundo donax* L.) bitkileri materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışma, 2015 yılında, tesadüf parselleri deneme desenine göre, 4 tekrarlamalı olarak plastik serada gerçekleştirilmiştir. Kargı kamışı (*Arundo donax* L.) rizomları, 2 birim torf 1 birim perlit karışımı içeren 11 litre kapasiteli ve 57x16x12 cm ebatlarındaki plastik saksılara, her saksıda 6 adet

rizom olacak şekilde, 29.07.2015 tarihinde dikilmiş ve rizomlar sürgün verdikten sonra sağlıklı olan 3 tanesi bırakılmıştır.

Çalışmada, kontrol ile birlikte 6 farklı tuz konsantrasyonu (0-kontrol, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM) ele alınmıştır. Dikimden 10 gün sonra sürgün gelişimi gerçekleşmiş; 26 gün sonra, 24.08.2015 tarihinde, bitkiler iki gerçek yapraklı aşamaya ulaştıklarında tuz uygulamalarına geçilmiştir. Bu döneme kadar bitkiler Hoagland besin çözeltisi ile sulanmıştır (Daşgan ve Koç, 2009). Stres uygulamasına başlanmasından 32 gün sonra tuz zararının net olarak belirlenmesi ile birlikte bitkiler hasat edilerek morfolojik ve fizyolojik parametreler bakımından değerlendirilmiştir.

## 2.1. İncelenen özellikler ve yöntemleri

*Skala (0-5) Değerlendirmesi:* Bitkilerde morfolojik zararlanmanın derecesini belirlemek amacıyla Kuşvuran (2010) tarafından belirtilen şekilde 0-5 skalası esasına göre yapılmıştır.

*Yaprak Sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>) ve yaprak alanı (cm<sup>2</sup> bitki<sup>-1</sup>):* Yaprakların sayılması suretiyle bitki başına yaprak sayısı adet olarak saptanmıştır. Yaprak alanı ise CI BIO Science CI 202 model yaprak alan ölçer aleti kullanılarak tespit edilmiştir.

*Gövde Boyu (cm) ve çapı (mm):* Toprak yüzeyi ile en üst noktası arasındaki mesafe ölçülerek bitki boyu, sayısal kumpas kullanılarak alttan 2. ve 3. boğum arası ölçülerek bitki çapı belirlenmiştir.

*Bitki Yaş ve Kuru Ağırlığı (g bitki<sup>-1</sup>):* Toprak üstünde kalan aksamın tamamı hassas terazide tartılarak ölçümleri yapılmıştır. Alınan bitki örnekleri 65°C'de 48 saat süreyle etüvde kurutmaya tabi tutulmuş ve kuru ağırlıkları tespit edilmiştir.

*Kök Yaş ve Kuru Ağırlığı (g bitki<sup>-1</sup>):* Toprak altında kalan aksamın tamamı hassas terazide tartılarak ölçümleri yapılmıştır. Alınan kök örnekleri etüvde kurutulularak bitki kuru ağırlıkları tespit edilmiştir.

*Klorofil Spad Değeri:* Minolta marka Spad Metre kullanılarak bitki yapraklarındaki klorofil miktarı belirlenmiştir.

*Yaprak oransal su içeriği (YOSİ):* Aşağıda yer alan formül kullanılarak YOSİ değerleri (%) hesaplanmıştır. (TA-KA) / (TuA-KA)x100 TA: Taze Ağırlık KA: Kuru Ağırlık TuA: Turgor Ağırlığı

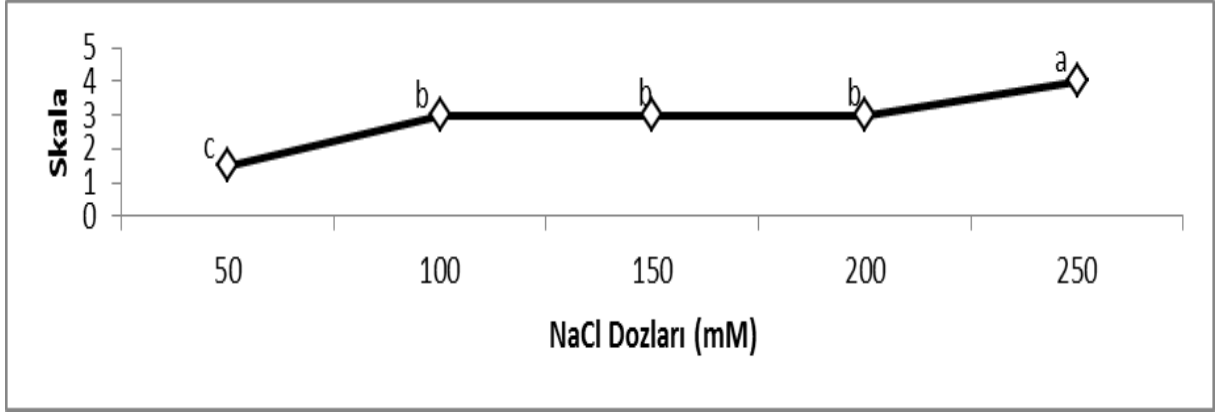
*Mineral Element Analizleri:* Kurutulan örnekler öğütüldükten sonra 550°C'de yakılarak kül elde edilmiş ve %3.3 (v/v) HCl içerisinde çözüldürüldükten sonra Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ve Ca<sup>++</sup> elementlerinin okumaları Atomik Absorpsiyon Spektrometre cihazında emisyon modunda yapılmıştır (Daşgan ve Koç, 2009).

## 2.2. Verilerin değerlendirilmesi

Deneme verileri SAS 9.1 istatistik paket programında varyans analizine tabii tutulmuş ve uygulamalar arasındaki farkın önemli olduğu durumlarda (P<0.01) bu farklılık LSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılarak ortaya konulmuştur.

## 3. Bulgular

Farklı tuz konsantrasyonlarının kargı kamışında ortaya koyduğu değişimlerin incelendiği çalışmada, yeşil aksamda meydana gelen semptomolojik zararlanmanın etkisini tespit etmek için oluşturulan skala değerlendirmesinde kontrol bitkileri "0" olarak değerlendirilmiştir. Uygulanan farklı tuz konsantrasyonlarının bitkilerde farklı skala değerleri oluşturduğu tespit edilmiş, skala değerleri 1.0-4.0 arasında değişim göstermiştir. Çalışmada 50 mM tuz konsantrasyonunun bitkilerde 1.5 skala ile kontrol bitkilerine en yakın değeri aldıkları belirlenmiştir (Şekil 1.). Bununla birlikte en yüksek skala değeri 4.0 ile 250 mM NaCl uygulamasında saptanmıştır. Diğer uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır.

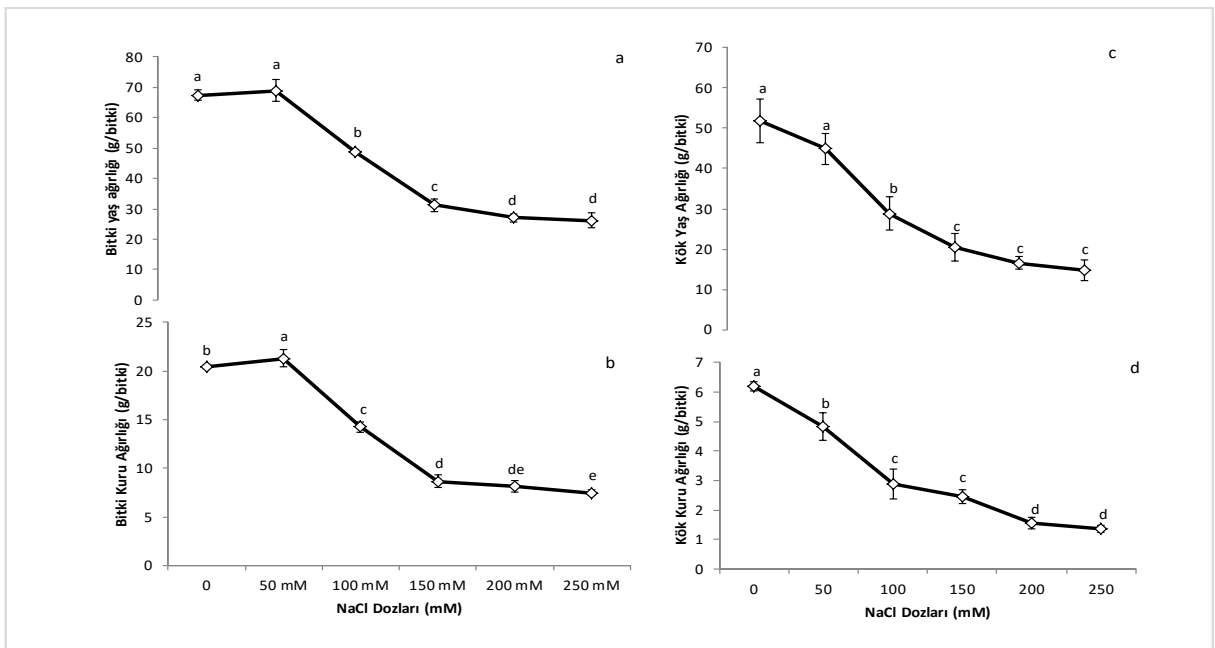


Şekil 1. Farklı tuz konsantrasyonlarının bitkilerde skala değerlendirmesi bakımından ortaya koydukları değişimler.

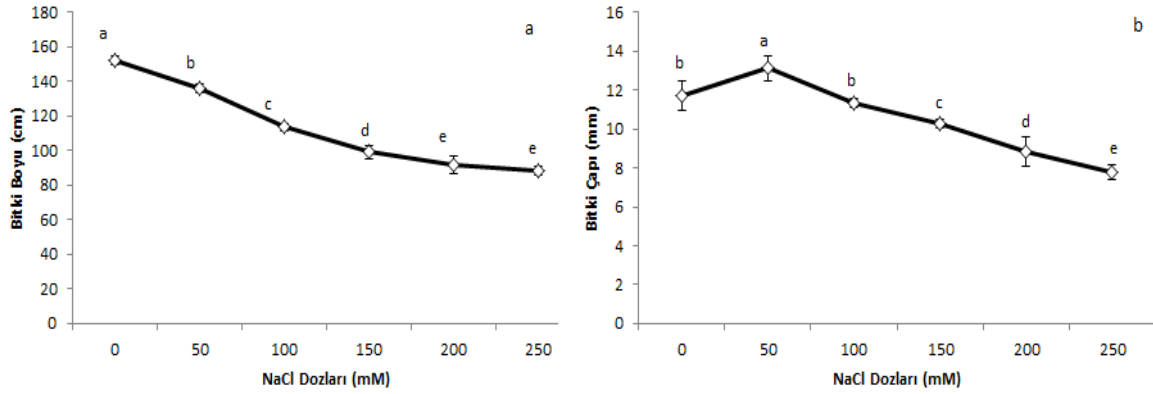
Farklı düzeylerdeki tuz stresi, bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarında değişen düzeylerde azalma şeklinde bir etkide bulunmuştur. Genel olarak bitki yaş ağırlıkları; 26.15-68.85 g bitki<sup>-1</sup>, kuru ağırlıkları ise 7.46-21.30 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 2a. ve 2b.). Bitkiler kontrol bitkileri ile karşılaştırıldıklarında bitki yaş ve kuru ağırlıkları 50 mM tuz konsantrasyonunda kontrol bitkilerine oranla sırasıyla %2 ve %4 oranında artış gösterirken; en yüksek değişim 250 mM NaCl uygulamasında %61 ve %64 oranında azalma şeklinde gerçekleşmiştir. Diğer tuz uygulamalarında ise ortaya çıkan değişim %27-60 oranında belirlenmiştir.

Farklı tuz konsantrasyonlarının bitkilerin kök yaş ve kuru ağırlık değerlerine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Kök yaş ağırlığı değerleri 14.80-51.86 g bitki<sup>-1</sup>, kuru ağırlıkları ise 1.37-6.18 g bitki<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Şekil 2c. ve 2d.). Bitkiler kontrol bitkileri ile karşılaştırıldıklarında kök yaş ve kuru ağırlıklarında ortalama %52 ile %58 arasında azalma meydana gelmiş, bu azalma en yüksek 250 mM NaCl (%71.5 ve %77.8) dozunda tespit edilmiştir.

Tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde bitki boyu ve sap kalınlıklarında kontrol bitkilerine oranla azalma meydana gelmiştir. Artan stres düzeylerinde azalmanın belirginleştiği çalışmada bitki boyunda ortaya çıkan değişim %10-41 (Şekil 3a.); sap kalınlığında ise %3-33 (Şekil 3b.) oranlarında gerçekleşmiştir. Değişimin en yüksek olduğu dolayısıyla kontrol bitkilerine oranla kayıpların en net olduğu NaCl dozu 200 ve 250 mM olarak tespit edilmiştir.

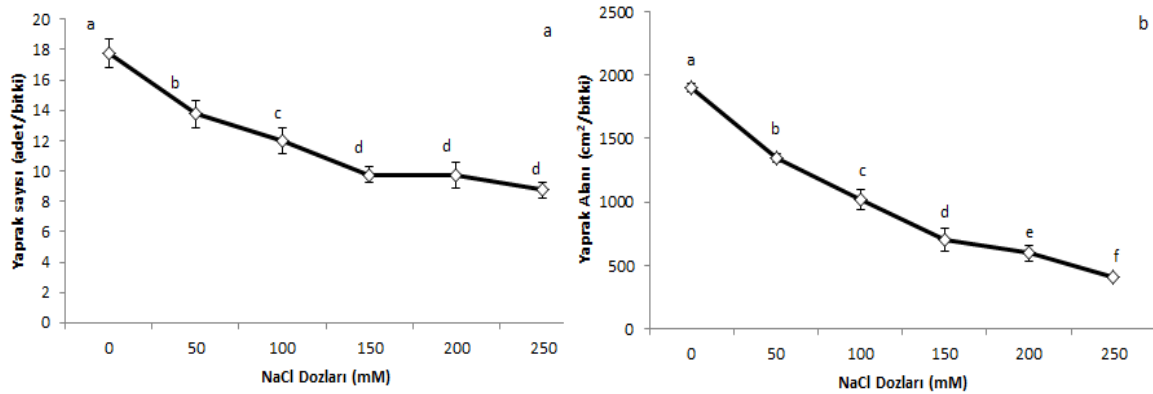


Şekil 2. Farklı tuz konsantrasyonlarının bitki yaş ağırlık (a), bitki kuru ağırlık (b), kök yaş ağırlık (c) ve kök kuru ağırlık (d) üzerindeki etkisi.



Şekil 3. Farklı tuz konsantrasyonlarının bitki boyu (a) ve gövde çapı (b) üzerindeki etkisi

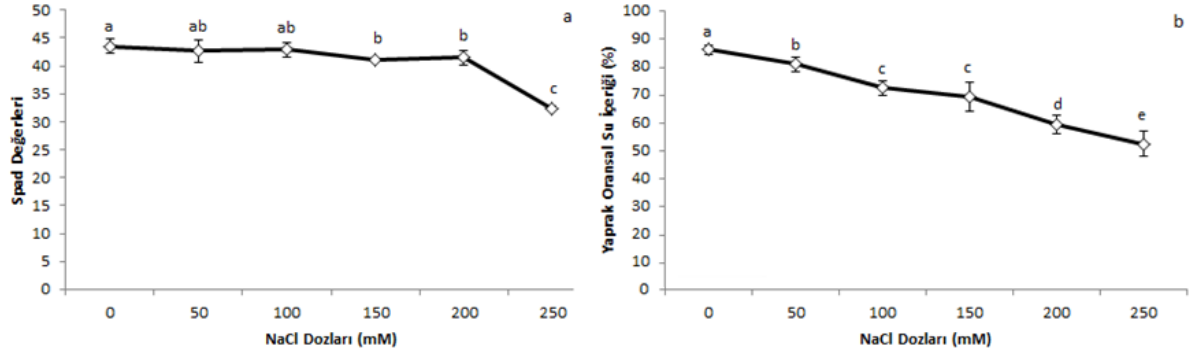
Tuz stresinin etkisi, yaprak sayılarında ve alanlarında azalma şeklinde etkide bulunmuştur. Farklı tuz konsantrasyonlarının bitkide yaprak alanı ve sayısında meydana getirdiği etkilerin istatistiksel olarak da önemli bulunduğu çalışmada, yaprak sayısı kontrol bitkilerine kıyasla %39 değişime neden olurken bu oran yaprak alanında ortalama olarak %57 olarak bulunmuştur (Şekil 4a. ve 4b.). Her iki parametrede de en yüksek değişimler 200 ve 250 mM NaCl dozunda tespit edilmiştir. Buna göre farklı tuz dozlarında yaprak sayısında meydana gelen değişim %45.1 ve %50.7; yaprak alanı ise %68.8 ve %78.8 düzeyinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4. Farklı tuz konsantrasyonlarının yaprak sayısı (a) ve yaprak alanı (b) üzerindeki etkisi

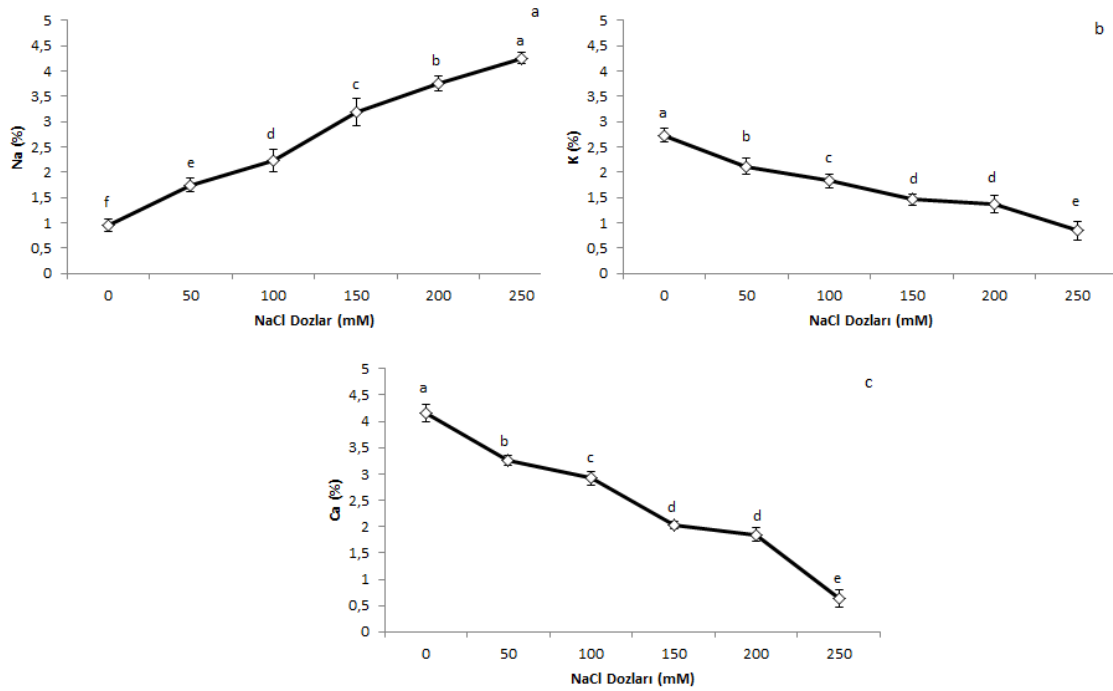
Farklı tuz konsantrasyonlarının spad değerlerinde de azalmaya neden olduğu saptanmıştır. Spad değerleri 32.43-43.50 arasında değişim göstermiştir (Şekil 5a.). Bununla birlikte 50 mM NaCl dozunda belirlenen Spad değerleri kontrol bitkileri ile karşılaştırıldıklarında %1.21 düzeyinde azalma gösterirken; bu değerler 250 mM NaCl dozunda %25.4 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada yaprak oransal su içeriği (YOSİ) değerleri kontrol bitkilerine oranla tuz stresi altındaki bitkilerde azalmalar göstermiştir. Bitki YOSİ değerleri incelendiğinde; en yüksek YOSİ değeri %85.74 ile kontrol bitkilerinde; en düşük oran ise %52.54 ile 250 mM NaCl uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 5b.).



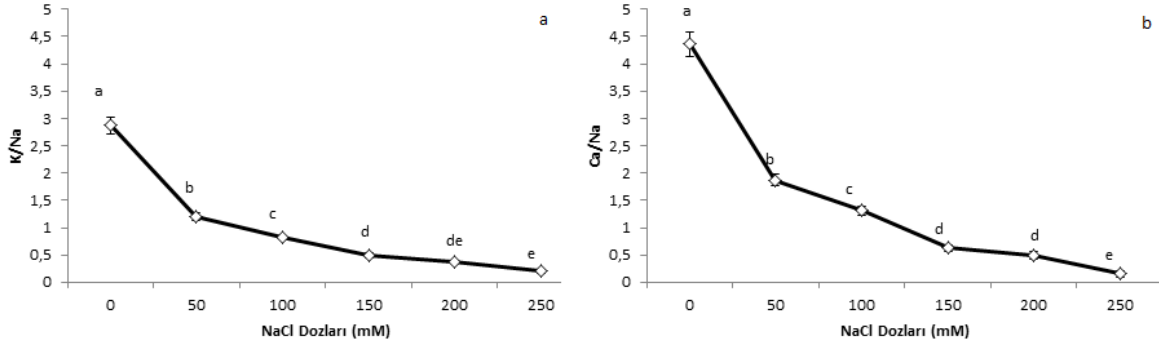
Şekil 5. Farklı tuz konsantrasyonlarının klorofil (spad) içeriği (a) ve yaprak oransal su içeriği (b) üzerindeki etkisi

Stres koşullarında iyon dengesi bakımından bitkilerin ortaya koydukları tepkiler farklılık göstermiştir. Tuz konsantrasyonlarının uygulanmasına bağlı olarak tüm NaCl uygulamalarında  $\text{Na}^+$  iyon oranları bitki yeşil aksamalarında yükselmiştir. Tuz uygulamaları ortalama olarak kontrol bitkilerine oranla %216.3 oranında artış göstermiş; en yüksek artış %342.7 ile 250 mM NaCl uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 6a.). Potasyum ve kalsiyum iyon içeriklerinin de incelendiği çalışmada, tuz stresi bitkide her iki iyon bakımından da azalmaya neden olmuştur. Ortaya çıkan bu değişim tuz konsantrasyonu arttıkça etkili olmuş; 250 mM NaCl uygulamasında azalma  $\text{K}^+$  için %68.9;  $\text{Ca}^{++}$  için ise %84.8 olarak tespit edilmiştir (Şekil 6b. ve 6c.).



Şekil 6. Farklı tuz konsantrasyonlarının  $\text{Na}^+$  (a),  $\text{K}^+$  (b) ve  $\text{Ca}^{++}$  iyon içerikleri üzerindeki etkisi

Bitkilerin tuz stresi koşullarında iyon seçiciliğinin belirlenebilmesi amacıyla K/Na ve Ca/Na oranları da incelenmiş; tuz stresindeki artışa bağlı olarak bitkilerde söz konusu oranlarda azalma meydana geldiği, dolayısıyla bünyelerine daha fazla Na iyonu aldıkları saptanmıştır (Şekil 7a. ve 7b.).



Şekil 7. Farklı tuz konsantrasyonlarının K/Na (a) ve Ca/Na oranları üzerindeki etkisi

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Bitkiler Na toksisitesine maruz kaldıkları zaman ilk önce yeşil aksamlarındaki büyümeyi yavaşlatma şeklinde bir tepki vermekte, bu süreci genellikle bitkinin yaşlı yapraklarından başlayan ve yaprak kınına doğru ilerleyen kloroz izlemektedir. Ortaya çıkan olumsuz etkilerin devam etmesi durumunda, klorozlar nekrozlara dönüşmekte ve ilerleyen aşamalarda yapraklarda kurumalar ortaya çıkmaktadır (Daşgan ve ark., 2017). Çalışmada artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak bitki büyüme ve gelişmesinde azalma meydana gelirken; özellikle 250 mM NaCl dozu bitkilerde önemli zararlanmalar meydana getirmiştir.

Tuz stresi altında yetiştirilen bitkilerde, en önemli farklılıklar bitki yaş ve kuru ağırlıklarında meydana gelen azalma ile ortaya çıkmaktadır. Stres altındaki bitkilerde büyüme ve gelişmede görülen sınırlanmanın en önemli nedenlerinden biri stomaların kapanarak karbondioksit alımının azalması ve fotosentezin sınırlanmasıdır (Negrao ve ark., 2017). Bunun yanı sıra toksik iyon birikimine bağlı olarak ortaya çıkan iyon dengesizliği büyüme ve gelişmenin engellenmesine neden olmaktadır (Rady ve Mohammed, 2015). Kuşvuran ve ark., (2015) mısır, Stavridou ve ark., (2017) miskantus ve Pollastri ve ark., (2018) kargı kamışı bitkilerinde yaptıkları çalışmalarda tuz stresinin bitki gelişimi ve büyümesi üzerinde negatif etkiye neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Primer kök sisteminin NaCl'ye doğrudan maruz kalması nedeniyle, hücre genişlemesi ve hücre döngüsünün baskılanmasına bağlı olarak, kökün büyümesi doğrudan engellenmektedir (Doğu, 2017). Alzahrani-Motos ve ark., (2018) tuzluluk gibi abiotik stres faktörlerinin kök anatomisi üzerinde belirgin etkiler yaratabildiğini, kök gelişimini olumsuz etkileyebileceğini ifade etmişlerdir. Nitekim bu çalışmada, kök üzerinde belirgin etkilenme 150 mM NaCl dozundan itibaren net olarak ortaya çıkmıştır.

Tuz stresinin, bitki bünyesinde morfolojik ve fizyolojik olarak pek çok değişime neden olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Negrao ve ark., 2017; Yang ve Guo, 2018). Bu değişimlerden birisi de tuz stresinin hücre bölünmesini ve uzamasını etkileyerek, bitkilerde kök ve gövdede hücre sayısının, mitotik aktivitenin ve hücre bölünme oranının azalmasına ve buna bağlı olarak bitki gelişiminde gerilemeye neden olmasıdır (Doğu, 2017). Mısır (Kuşvuran ve ark., (2015), miskantus (Stavridou ve ark., 2017) ve pamukta (Gao ve ark., 2018) gerçekleştirilen çalışmalar tuz stresinin bitki boyu ve gövde çapında azalmalara yol açtığını göstermiştir.

Tuz stresine bağlı olarak NaCl'nin yol açtığı toksisite ve su potansiyelinde meydana gelen azalma, bitki hücrelerinde ozmotik potansiyelin düşüş göstermesine ve bitki gelişiminde gerilemelere neden olmaktadır. Özellikle stomaların kapanması, bitkinin fotosentez hızının azalmasına ve ileriki dönemlerde ölümüne yol açmaktadır. Bu değişim süreci içerisinde tuz stresine en hassas olan bitki organları ise yapraklardır (Kuşvuran, 2011). Kuşvuran ve ark., (2015) mısır, Daşgan ve ark., (2017) domates ve Alzahrani ve ark., (2018) buğdayda gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında tuz stresi ile birlikte yaprak sayısı ve alanında azalma görüldüğünü bildirmişlerdir.

Tuz stresinin derecesinde görülen artışa bağlı olarak bitkilerde ölümler görülebilmekte, bitkinin tuza tolerant olması halinde ölümler olmasa dahi büyüme yavaşlamakta, kloroz ve nekrotik lekeler meydana gelmekte, bunlara bağlı olarak da verim ve kalitede düşüşler ortaya çıkmaktadır

(Bayat ve ark., 2014). Yun ve ark., (2018) mısır bitkisinde yapmış oldukları çalışmalarında artan NaCl dozuna bağlı olarak klorofil içeriğinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Nitekim çalışmamızda da benzer şekilde yüksek tuz konsantrasyonları iyon dengesizliği, toksik iyon etkisi ve stomaların kapanmasındaki düzensizlikler nedeniyle klorofil membranlarının zarar görerek Spad değerlerinde, dolayısıyla klorofil içeriğinde azalmalara neden olmuştur.

Tuz stresine maruz kalan bitkilerde su alımı engellenmekte, ozmotik etkiden dolayı bitkide büyüme ve gelişme yavaşlamakta, iyon toksisitesine bağlı olarak da yapraklarda suyun taşınmasını sağlayan hücrelerde zararlanmalar ortaya çıkmaktadır (Munns, 2005). Ghars ve ark., (2008) *Arabidopsis thaliana* ve *Thellungiella halophila* bitkilerinde artan Na iyonuna bağlı olarak bitki büyüme ve gelişiminde olumsuzluklar ortaya çıktığını ve YOSİ değerinin artışa bağlı olarak azalma şeklinde bir eğilim gösterebileceğini bildirmişlerdir.

Tuz stresinde zararlanma toprak çözeltisindeki yüksek tuz miktarına bağlı olarak osmotik basıncın artması ve toprak su potansiyelinin düşmesi ile sonuçlanan kuraklık stresi ile Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> gibi zararlı iyonların yüksek konsantrasyonu ve iyon konsantrasyonlarında dengesizlikler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Sodyum (Na) miktarında meydana gelen artış, genellikle ozmotik regülasyonu ve besin dengesini bozarak spesifik iyon toksisitesine girmekte, iyonik çaplarının ve elektriksel yüklerinin benzerliği nedeniyle K<sup>+</sup> iyonu ile rekabete girerek bu iyonun alımını da engellemektedir (Kuşvuran, 2011). Bitki hücresinde devam eden iyon taşınımı tek değerli (K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>) ve çift değerli (Ca<sup>++</sup>) katyonlar arasındaki denge ile sürdürülmektedir. Tek değerli katyonların konsantrasyonunda meydana gelen artış, iyon taşınım dengesini değiştirerek hücre geçirgenliğinin bozulmasına ve hücrenin zararlanmasına neden olmaktadır (Yaşar ve ark., 2008). NaCl'nin bitkinin kalsiyum alımı ve taşınmasını azalttığı, kalsiyum yetersizliği ve bitkide iyon dengesizliğine neden olduğu bilinmektedir. Arpa, mısır, domates ve buğdayda gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarda da tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde toksik Na<sup>+</sup> iyon birikimi artış gösterirken; K<sup>+</sup> ve Ca<sup>++</sup> iyon alımının sınırlandığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Kuşvuran ve ark., 2015; Daşgan ve ark., 2017; Zhu ve ark., 2017; Yun ve ark., 2018; Alzahrani ve ark., 2018).

Farklı tuz konsantrasyonlarının kargı kamışı (*Arundo donax* L.) türünün morfolojik ve fizyolojik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen araştırmadan edilen sonuçlara göre; yüksek tuzluluğun bitki büyüme ve gelişimi üzerinde olumsuz yönde etkide bulunduğu, olumsuz etkinin 100 mM ile kendisini göstermeye başladığı ve 150 mM NaCl konsantrasyonunun bitki gelişimi ve fizyolojisi üzerinde kritik konsantrasyon olduğu sonucuna varılmıştır.

## Kaynakça

- Acosta-Motos J. R., Ortuño M. F., Bernal-Vicente A., Diaz-Vivancos P., Sanchez-Blanco M. J., & Hernandez, J. A. (2017). Plant responses to salt stress: adaptive mechanisms. *Agronomy*, 7(1), 18, 1-38.
- Alzahrani, Y., Kusvuran, A., Alharby, H. F., Kusvuran, S., & Rady, M. M. (2018). The defensive role of silicon in wheat against stress conditions induced by drought, salinity or cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 154, 187-196.
- Angelini, L. G., Ceccarini, L., Nasso, N. N., & Bonari, E. (2009). Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: Analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass Bioenergy*, 33, 635-643.
- Bayat, R. A., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş. Ş., & Üstün, A. S. (2014). Tuz stresi altındaki genç kabak (*Cucurbita pepo* L. ve *C. moschata* Poir.) bitkilerine uygulanan prolin'in, antioksidatif enzim aktiviteleri üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1, 25-33.
- Daşgan, H. Y., & Koç, S. (2009). Evaluation of Salt Tolerance in common bean genotypes by ion regulation and searching for screening parameters. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(2), 363-372.
- Dasgan, H. Y., Bayram, M., Kusvuran, S., & Coban Aydoner, G. (2017, December). *Screening and saving of local tomatoes (Solanum lycopersicum) for their resistance to drought and salinity*. Paper presented at the 92<sup>nd</sup> International Conference, Russia.
- Doğu, F. (2017). *Allium cepa* L.'nin bazı fizyolojik ve sitogenetik parametreleri üzerindeki tuz stresinin zararlı etkilerinin hafifletilmesinde sodyum hipokloritin (NaClO) rolü. (Ms.C.), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.



- Gao, W., Xu, F. C., Guo, D. D., Zhao, J. R., Liu, J., Guo, Y. W., & Song, C. P. (2018). Calcium-dependent protein kinases in cotton: insights into early plant responses to salt stress. *BMC Plant Biology*, 18, 1-15.
- Goreta, S., Bucevic-Popovic, V., Vuletin Selak, G., Pavela-Vrancic, M., & Perica, S. (2008). Vegetative growth, superoxide dismutase activity and ion concentration of salt-stressed watermelon as influenced by rootstock. *The Journal of Agricultural Science*, 146(6), 695-704.
- Kuşvuran, Ş. (2011). Bamyacı (*Abelmoschus esculentus* L.) da tuz stresine tolerans bakımından genotipsel farklılıklar ve tarama parametrelerinin araştırılması. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 28(2), 55-70.
- Kusvuran, A., Uslu Kiran, S., Nazlı, R. I., & Kusvuran, S. (2015). Morphological response and ion regulation in maize (*Zea mays* L.) varieties under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(1), 124-131.
- Munns, R. (2005). Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 167, 645-663.
- Negrao, S., Schmöckel, S. M., & Tester, M. (2017). Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Annals of Botany*, 119(1), 1-11.
- Pollastri, S., Savvides, A., Pesando, M., Lumini, E., Volpe, M. G., Ozudogru, E. A., & Fotopoulos, V. (2018). Impact of two arbuscular mycorrhizal fungi on *Arundo donax* L. response to salt stress. *Planta*, 247(3), 573-585.
- Rady, M. M., & Mohamed, G. F. (2015). Modulation of salt stress effects on the growth, physiochemical attributes and yields of *Phaseolus vulgaris* L. plants by the combined application of salicylic acid and *Moringa oleifera* leaf extract. *Scientia Horticulturae*, 193, 105-113.
- Stavridou, E., Hastings, A., Webster, R. J., & Robson, P. R. (2017). The impact of soil salinity on the yield, composition and physiology of the bioenergy grass *Miscanthus × giganteus*. *GCB Bioenergy*, 9(1), 92-104.
- Yang, Y., & Guo, Y. (2018). Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. *New Phytologist*, 217(2), 523-539.
- Yasar, F., Ellialtıoglu, S., & Yildiz, K. (2008). Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation, and chlorophyll content in green bean. *Russian Journal of Plant Physiology*, 55(6), 782-786.
- Yun, P., Xu, L., Wang, S. S., Shabala, L., Shabala, S., & Zhang, W. Y. (2018). Piriformospora indica improves salinity stress tolerance in *Zea mays* L. plants by regulating Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> loading in root and allocating K<sup>+</sup> in shoot. *Plant Growth Regulation*, 86, 323-331.
- Zhu, M., Zhou, M., Shabala, L., & Shabala, S. (2017). Physiological and molecular mechanisms mediating xylem Na<sup>+</sup> loading in barley in the context of salinity stress tolerance. *Plant, Cell and Environment*, 40(7), 1009-1020.