

Farklı Tuzluluk Seviyelerinin Bazı Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Çeşitlerinde Kök ve Sürgün Gelişmesine Etkileri

Emre AKÇAY^{ID} Mustafa TAN*^{ID}

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

(*Sorumlu yazar e-mail: mustan@atauni.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.550741

Geliş Tarihi (Received Date): 08.04.2019

Kabul Tarihi (Accepted Date): 16.07.2019

ÖZ: Bu çalışma farklı kaynaklardan temin edilen 10 kinoa çeşidinin farklı tuzluluk seviyelerinde kök ve sürgün gelişmesini belirlemek amacıyla planlanmıştır. Araştırma 2015 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında kontrollü şartlarda yürütülmüştür. Kinoa bitkileri fide döneminde iken farklı tuzluluk konsantrasyonlarında (0, 100, 200, 300, 400 ve 500 mM NaCl) yetiştirilmişlerdir. Şansa bağlı tam parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada fide dönemindeki bitkilerin sürgün ve kök uzunlukları, sürgün ve kök kuru ağırlıkları ve tuzluluğa tolerans dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek sürgün uzunluğu (18.0 cm), sürgün kuru ağırlığı (0.68 g) ve kök kuru ağırlığı (0.049 g) Qhaslala Blanca çeşidinde, kök uzunluğu (7.6 cm) Red Head ve Moqu Arrochilla çeşitlerinde belirlenmiştir. Tuzluluk seviyesine bağlı olarak kök ve sürgün gelişmesi önemli seviyede gerilemiştir. Ancak çeşitlerin tuzluluk seviyelerine gösterdiği tepkiler farklı bulunmuştur. Titicaca ve Mint Vanilla tuzluluğa toleransı yüksek olan çeşitler olarak belirlenmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Kinoa, Genotip, Tuz stresi, Sürgün ve kök büyümesi

The Effects of Different Salinity Levels on Root and Shoot Development in Some Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Varieties

ABSTRACT: This study was planned to determine the development of root and shoot in different salinity levels of 10 quinoa varieties obtained from different sources. The research was conducted in 2015 under controlled conditions in the greenhouses of Agricultural Faculty of Atatürk University. Quinoa plants were grown at different salinity concentrations (0, 100, 200, 300, 400 and 500 mM NaCl) during seedling period. In the study, which was carried out with 3 replications according to completely randomized plots experimental design, shoot and root length, shoot and root dry weights and tolerance to salinity were determined. According to the data obtained; the highest shoot length (18.0 cm), the shoot dry weight (0.68 g) and the root dry weight (0.049 g) in Qhaslala Blanca variety, the root length (7.6 cm) in Red Head and Moqu Arrochilla varieties were determined. Depending on the level of salinity, the development of root and shoots decreased significantly. However, the responses of the varieties to salinity levels were found to be different. Titicaca and Mint Vanilla were identified as varieties with high salinity tolerance.

Keywords: Quinoa, Genotype, Salinity stress, Shoot and root development

GİRİŞ

Son yıllarda adı çok sık duyulmaya başlanan kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), insan ve hayvan beslenmesinde önemli özelliklere sahip alternatif bir bitkidir. Bu bitki sahip olduğu yüksek verim potansiyeli, üstün besleme değeri ve tarımsal avantajları ile dikkat çekmektedir. İnsan beslenmesinde bulgur ve pirinç gibi kullanılan kinoa tohumları glüten içermediği için glütene duyarlılığı olan çölyak hastaları (glüten alerjisi) için güvenli bir besindir. Hayvansal ürün yemeyenler (vegan) için protein ve karbonhidrat ihtiyaçlarını karşılamada çok iyi bir kaynaktır. Bu yüzden kinoa önemli bir protein kaynağı olarak kabul edilmektedir (Cardozo and Tapia, 1979).

Tuzluluk tarımsal ekosistemlerde en çok görülen stres şartlarından birisidir. FAO kayıtlarına göre dünyanın üretim yapılan alanlarının %20'sinde ve sulama yapılan alanların yarısında tuzluluk problemi vardır (FAO, 2008). Bu tür ortamlarda sadece tuzluluğa dayanıklı bitkiler gelişebilmektedir. Tuza tolerans bakımından bitki türleri arasında önemli farklılıklar olduğu gibi, aynı türe ait genotipler arasında da farklılıklar bulunabilir. Tuzluluğa dayanıklılık; morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve

moleküler mekanizmalar ile ilişkili karmaşık bir kavramdır. Kinoa birçok kaynaktan tuzluluğa orta-yüksek derecede dayanıklı (150-750 mM NaCl) bitkiler sınıfına girmektedir (Hariadi et al., 2011; Eisa et al., 2012; Adolf et al., 2013; Ruiz et al., 2015). Kinoa tuzluluğa dayanıklılık bitkinin gelişme dönemine göre değişmektedir (Garcia et al., 2003; Jacobsen et al., 2003). Kotiledon döneminde dayanıklılık tamamen metabolik denge ile alakalıdır. Bundan sonraki dönemde ise çeşitli fizyolojik ve yapısal adaptasyonlar etkili olmaktadır. Kinoa; derin ve yoğun bir kök sistemi oluşturarak, yaprak alanını azaltarak, özel kesecikler oluşturarak, stomalarını kapatarak tuzluluğun etkisinden kurtulabilmektedir (Jensen et al., 2000; Adolf et al., 2013). Tohumlarının tuzlu ortamlarda daha kolay çimlendiği, hatta bazı çeşitlerde bitki gelişmesi ve verimin, hafif-orta derece tuzlu topraklarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Wilson et al., 2002). Jensen et al. (2000) birçok kinoa çeşidinin hemen hemen deniz suyunun sahip olduğu tuzluluk derecesine kadar (40 dS/m) yüksek tuz konsantrasyonlarında yetişebildiğini ve çeşitlere bağlı olarak tuzluluk sonucu oluşan kuraklığa dayanıklılıkla ilgili çeşitli mekanizmalara sahip olduğunu

belirtmişlerdir. Eisa et al. (2012) kinoada bitki büyümesinin hafif tuz konsantrasyonlarında uyarıldığını ve en uygun büyümenin 100 mM NaCl tuzlulukta olduğunu belirlemişlerdir.

Yukarıda bahsedildiği gibi kinoa çevre şartlarına dayanıklı bir bitki olup tarım bilimcilerin gündemini meşgul etmektedir. Bu nedenle ülkemizde de yetiştiricilik çalışmaları yapılmakta ve yoğun olarak bilimsel çalışmalara konu olmaktadır. Ancak kinoanın dünya üzerinde geliştirilmiş yüzlerce çeşidi bulunmaktadır. Ülkemize getirilen bu çeşitlerin çevre şartlarına dayanıklılıklarının belirlenmesinde fayda vardır. Bu çerçevede planlanan bu araştırma farklı kaynaklardan temin edilen kinoa çeşitlerinin farklı tuzluluk seviyelerine tepkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Araştırma 2015 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesinde sera çalışması olarak yürütülmüştür. Çalışmada farklı kaynaklardan temin edilen 10 kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşidi kullanılmıştır. Bu materyallerin 1 tanesi Danimarka (Titicaca), 1 tanesi İngiltere (Sandoval Mix), 2 tanesi Peru (Qhaslala Blanca ve Moqu Arrochilla) ve 6 tanesi ABD (Rainbow, Red Head, Cherry Vanilla, French Vanilla, Mint Vanilla ve Oro de Valle) kökenlidir.

Sera denemeleri 25/15±5°C gündüz/gece sıcaklığı rejiminde yürütülmüştür. Saksı denemelerinde kullanılan toprak, bahçe toprağına %10 oranında yanmış çiftlik gübresi katılarak hazırlanmıştır. Yapılan toprak analizinde saksılara doldurulan materyalin tınlı yapıda, organik maddece zengin (%4,7), tuzsuz (toplam tuz: %0,032), nötr karakterli (pH: 7,04), kireç yönünden düşük (%0,72), alınabilir fosfor yönünden yeterli (4,20 ppm) seviyede olduğu belirlenmiştir.

Sera koşullarında yapılan çalışma tesadüf parselleri deneme deseninde üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Ebatları 20x15x10 cm olan her saksıya 10 adet tohum ekilmiş, çıkıştan sonra seyreklenme yapılarak her saksıda 3 bitki bırakılmıştır. Saksılar başlangıçta musluk suyu ile sulanmış olup, tuz uygulamalarına (0, 100, 200, 300, 400 ve 500 mM NaCl) çıkıştan on gün sonra başlanmıştır. Her sulamada farklı konsantrasyonlarda NaCl çözeltisi ile su verilerek saksılara tuz uygulaması yapılmıştır. Deneme, tuz uygulamaları başladıktan sekiz hafta sonra tamamlanarak; sürgün ve kök uzunluğu, sürgün ve kök kuru ağırlığı ve tuz tolerans yüzdesi belirlenmiştir (Hariadi et al., 2011; Ruiz-Carrasco et al., 2011; Adolf et al., 2012). Araştırmada 180 saksı (10 genotip x 3 tekrerrür x 6 uygulama) yer almıştır. Sürgün ve köklerin uzunlukları yeşil materyalde milimetrik cetvelle ölçülerek belirlenmiş, kuru ağırlıkları ise 80 °C'lik kurutma fırınında sabit ağırlığa gelene kadar kurutulularak bulunmuştur. Tuz tolerans

yüzdesi (TTY)'nin belirlenmesinde ise aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$TTY = \left(\frac{\text{Uygulamadaki bitki kuru ağırlığı}}{\text{kontrol uygulamasındaki bitki kuru ağırlığı}} \right) \times 100$$

Elde edilen veriler MSTAT-C paket programı yardımıyla varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kinoa çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarında sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, sürgün kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve tuz tolerans yüzdesi değerlerinde çeşide ve tuz konsantrasyonuna göre çok önemli farklılıklar bulunmuştur. Çeşit x tuzluluk interaksyonu da incelenen bütün özelliklerde %1 seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çalışmada kinoa çeşitlerinin sürgün uzunlukları çok önemli farklılık göstererek 8.7 cm ile 18.0 cm arasında değişmiştir (Çizelge 1). En yüksek sürgün uzunluğuna sahip çeşit Peru kökenli Qhaslala Blanca'dır. Tuzluluk konsantrasyonunun artışına bağlı olarak sürgün uzunluğu 16.1 cm'den 8.5 cm'ye düşmüştür. Çeşitlerin sürgün uzunlukları tuzluluk konsantrasyonlarından farklı etkilenmişlerdir. Genel olarak çeşitlerin en uzun sürgün boyu kontrol uygulamasında (0 mM) ortaya çıkmıştır. Artan tuzluluk seviyesi sürgün uzunluğunu düşürmüştür. Ancak bazı çeşitlerde artan tuzluluk seviyelerinde sürgün uzunluğunun değişmediği, hatta bir miktar arttığı görülmektedir. Örneğin hafif tuzluluk seviyesinde (100 mM) kontrole göre Titicaca, Moqu Arrochilla ve Cherry Vanilla çeşitlerinde sürgün uzunluğu daha yüksek bulunmuştur. Mint Vanilla çeşidinde 200 ve 300 mM konsantrasyonlarında 100 mM konsantrasyonuna göre daha uzun sürgünler belirlenmiştir.

Yapılan araştırmalar kinoanın tuzluluğa orta-yüksek derecede dayanıklı bitkiler sınıfına girdiğini göstermektedir (Hariadi et al., 2011; Eisa et al., 2012; Adolf et al., 2013; Ruiz et al., 2015). Bitki birçok araştırmada 500 mM düzeyindeki tuz yoğunluğuna sahip ortamlarda yaşamaya devam etmiş (Jacobsen et al., 2003; Koyro and Eisa, 2008), fakat veriminde önemli azalmalar meydana gelmiştir (Hariadi et al., 2011; Peterson, 2013). Ashraf (1994) tuza tolerans özelliğinin esas kaynağının kalıtsal unsurlar olduğunu bildirmektedir. Bu nedenle çalışmamızda ortaya çıkan sonuçta olduğu gibi tuza tolerans bakımından aynı türe ait genotipler arasında da farklılıklar olabilmektedir. Akçay ve Tan (2018) kinoanın bazı çeşitlerinin hafif tuzlu ortamlarda daha hızlı çimlendiğini belirlemişlerdir. Dumanoglu vd. (2016) ise kinoanın

tohum verimini 75 mM tuzluluk seviyesinde kontrolden daha yüksek bulmuşlardır.

Çizelge 1. Farklı tuzluluk konsantrasyonlarında kinoa çeşitlerinin sürgün uzunlukları (cm)

Çeşitler	Tuz Konsantrasyonu (mM)						Ortalama*
	0	100	200	300	400	500	
Titicaca	11.9	12.1	10.4	10.6	9.2	7.1	10.2 DEF
Oro de Valle	10.8	10.2	9.8	9.3	9.0	7.4	9.4 EF
Mint Vanilla	16.1	11.1	12.7	13.3	10.1	7.2	11.8 CD
F. Vanilla	13.1	9.3	9.3	8.0	8.8	7.2	9.3 EF
Rainbow	12.1	9.4	10.2	10.1	8.7	8.0	9.8 DEF
S. Mix	18.0	12.3	12.4	8.3	7.9	7.5	11.1 DE
Red Head	20.7	17.2	12.6	12.8	11.2	8.3	13.8 BC
M. Arochilla	16.2	18.3	16.6	10.4	12.2	10.4	14.0 B
C. Vanilla	7.5	8.9	9.8	9.1	8.6	8.4	8.7 F
Q. Blanca	34.2	20.6	16.4	11.2	12.3	13.6	18.0 A
Ortalama*	16.1 A	12.9 B	12.0 B	10.3 C	9.8 C	8.5 D	11.6

LSD Çeşit: 2.0, Tuzluluk: 1.1, Ç x T: 4.8

* Değişik harfle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Çeşitlerin kök uzunlukları 5.8 cm (Rainbow) ile 7.6 cm (Red Head ve Moqu Arrochilla) arasında değişerek önemli farklılık göstermiştir (Çizelge 2). Tuzluluk seviyeleri de kök uzunluğunda etkili olmuş, genel olarak artan tuzluluk konsantrasyonlarında daha kısa köklenme gerçekleşmiştir. Fakat çeşitlerin köklenmeleri tuzluluk konsantrasyonlarına farklı

tepkiler vermiştir. Genel olarak tuzluluk arttıkça kök uzunlukları azalmıştır, fakat bazı çeşitler bu genel eğilimden sapmalar göstermişlerdir. Bunun en güzel örneği Titicaca çeşididir. Titicaca çeşidinde kontrol şartlarında 5.8 cm olan kök uzunluğu 100 mM konsantrasyonunda önemli bir artışla 7.1 cm ve 200 mM konsantrasyonunda 7.7 cm olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Farklı tuzluluk konsantrasyonlarında kinoa çeşitlerinin kök uzunlukları (cm)

Çeşitler	Tuz Konsantrasyonu (mM)						Ortalama*
	0	100	200	300	400	500	
Titicaca	5.8	7.1	7.7	6.7	6.8	6.2	6.7 AB
Oro de Valle	8.7	8.7	6.3	6.7	6.5	6.0	7.3 A
Mint Vanilla	7.7	5.8	5.8	7.3	5.2	5.6	6.6 AB
F. Vanilla	8.5	7.1	5.9	6.2	7.3	5.2	6.7 AB
Rainbow	6.9	4.7	7.0	6.4	4.8	5.3	5.8 B
S. Mix	9.7	7.3	6.3	5.7	6.5	6.4	7.0 A
Red Head	9.3	8.3	7.8	7.9	6.7	5.6	7.6 A
M. Arochilla	8.6	7.6	8.7	6.6	6.8	7.3	7.6 A
C. Vanilla	8.3	7.6	7.0	7.0	6.7	6.4	7.2 A
Q. Blanca	9.1	7.3	6.7	5.3	6.8	7.0	7.1 A
Ortalama*	8.3 A	7.1 BC	6.9 CD	6.6 CD	6.4 CD	6.1 D	6.9

LSD Çeşit: 1.0, Tuzluluk: 0.8, Ç x T: 1.7

* Değişik harfle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır

Daha önce yapılan birçok araştırmada tuz uygulamasına maruz kalan bitkilerin kök uzunluklarında azalmalar olduğu bildirilmektedir (Elkoca vd., 2003; Güldüren ve Elkoca, 2012). Tohumların osmotik potansiyeli yüksek bir ortamda bulunması kısmi olarak tohum hidrasyonuna izin vermekte, böylece ön çimlenme başlamakta fakat

birincil kök çıkışı yavaşlatılmaktadır (Elkoca et al., 2007). Elbette tuzluluğun köklenme üzerine olan etkisi genotiplere ve tuzluluğun derecesine göre değişiklik göstermektedir. Ruiz-Carrasco et al., (2011) yaptıkları çalışmada incelenen kinoa genotiplerinde kök uzamasının 150 mM NaCl konsantrasyonuna

kadar etkilenmediğini, fakat 300 mM yoğunlukta azalma olduğunu bulmuşlardır.

Araştırmada incelenen materyaller arasında en yüksek sürgün ağırlığı Qhaslala Blanca ve Red Head (0.68 g ve 0.62 g) çeşitlerinde bulunmuştur (Çizelge 3). En düşük değerler ise 0.28 g ile French Vanilla ve Rainbow çeşitlerinde bulunmuştur. Tuz konsantrasyonu içermeyen kontrol şartlarında çeşitlerin ortalama sürgün kuru ağırlığı 0.80 g iken; 100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM ve 500 mM tuz konsantrasyonlarında sırasıyla 0.50 g, 0.47 g, 0.40 g, 0.32 g ve 0.23 g olarak bulunmuştur. Tuzluluğun artması ile birlikte incelenen çeşitlerin sürgün kuru ağırlıkları da genel olarak azalma göstermiştir. Fakat genotiplerin göstermiş olduğu genel tepkiye uymayan durumlar vardır ve bunlar interaksyonun önemli çıkmasına neden olmuşlardır. Örneğin Titicaca, Oro de Valle, Mint Vanilla, Rainbow ve Sandoval Mix

çeşitlerinde artan tuzlulukla birlikte sürgün kuru ağırlığı genelde azalmasına rağmen zaman zaman artışlar da görülmektedir.

Tuzluluk fizyolojik kuraklığa sebep olmakta ve bunun sonucu olarak bitkiler yeterince su alamamaktadır (Goertz and Coons, 1991). Transpirasyon ile kaybedilen su karşılanmadığı zaman hücrelerde turgor basıncı azalarak bitki gelişmesi sınırlanmaktadır (Ashraf, 1994). Bitkilerin su alamamasının sonucu olarak sürgün ağırlığında azalma ortaya çıkmaktadır. Bu araştırmada da tuz konsantrasyonları arttıkça çeşitlerin sürgün kuru ağırlıkları azalmıştır. Daha önce çeşitli bitkilerle yapılan araştırmalarda tuzlu şartlarda sürgün kuru ağırlığının azaldığı, kullanılan çeşitler arasında önemli farklılıkların bulunduğu tespit edilmiştir (Ashraf, 1994; Elkoca, 1997; Atak et al., 2006; Yıldırım et al., 2008).

Çizelge 3. Farklı tuzluluk konsantrasyonlarında kinoa çeşitlerinin sürgün kuru ağırlıkları (g)

Çeşitler	Tuz Konsantrasyonu (mM)						Ortalama*
	0	100	200	300	400	500	
Titicaca	0.45	0.49	0.36	0.41	0.30	0.20	0.37 CD
Oro de Valle	0.62	0.39	0.45	0.30	0.20	0.12	0.35 CD
Mint Vanilla	0.52	0.25	0.45	0.51	0.30	0.24	0.38 BCD
F. Vanilla	0.55	0.30	0.28	0.20	0.23	0.14	0.28 D
Rainbow	0.45	0.20	0.36	0.20	0.33	0.16	0.28 D
S. Mix	1.34	0.39	0.56	0.27	0.26	0.21	0.51 ABC
Red Head	1.30	0.70	0.60	0.60	0.34	0.13	0.62 A
M. Arrochilla	0.75	0.63	0.55	0.45	0.50	0.46	0.56 AB
C. Vanilla	0.80	0.65	0.38	0.48	0.40	0.33	0.51 ABC
Q. Blanca	1.19	1.00	0.72	0.58	0.30	0.29	0.68 A
Ortalama*	0.80 A	0.50 B	0.47 B	0.40 BC	0.32 CD	0.23 D	0.45

LSD Çeşit: 0.18, Tuzluluk: 0.10, Ç x T: 0.21

* Değişik harfle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Sürgün ve kök uzunluğu ile sürgün kuru ağırlığı yüksek materyallerden biri olan Qhaslala Blanca kök kuru ağırlığında ilk sırayı alan çeşit olmuştur (Çizelge 4). Bunu Red Head, Moqu Arrochilla ve Titicaca çeşitleri takip etmiştir. Genel olarak tuzluluk konsantrasyonu arttıkça bitkilerin kök kuru ağırlıklarında azalma meydana gelmiştir. Bu azalma başlangıçta daha belirgin gerçekleşirken 200 mM'den 300 ve 400 mM konsantrasyonunda daha yavaştır. Ancak bazı çeşitlerde tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak kök uzunluğunun sürekli azalmadığı görülmektedir. Örneğin Titicaca çeşidinde 100 mM tuzluluk seviyesinde kontrol seviyesine oranla kök kuru ağırlığında 2.5 katından daha fazla bir artış ortaya çıkmıştır.

Abiotik faktör olarak tuz stresi bitkilerde çimlenme gerilemesine, kök ve toprak üstü organlarının gelişiminin engellenmesine, ayrıca kök ve sap kuru ağırlıklarının azalmasına neden olmaktadır (Epstein, 1985). Bu durum farklı kültür bitkileri ile yapılan pek çok çalışmada ortaya konmuştur. Daha önce ifade edildiği gibi kinoa tuzluluğa nispeten dayanıklı bir türdür. Ancak dayanıklılık genotipler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Bazı genotipler artan tuz oranlarına kök gelişmesini yavaşlatarak tepki gösterirken, bazıları hafif konsantrasyonlarda normal gelişmelerini sürdürebilmekte, hatta hafif artış dahi gösterebilmektedirler.

Çizelge 4. Farklı tuzluluk konsantrasyonlarında kinoa çeşitlerinin kök kuru ağırlıkları (g)

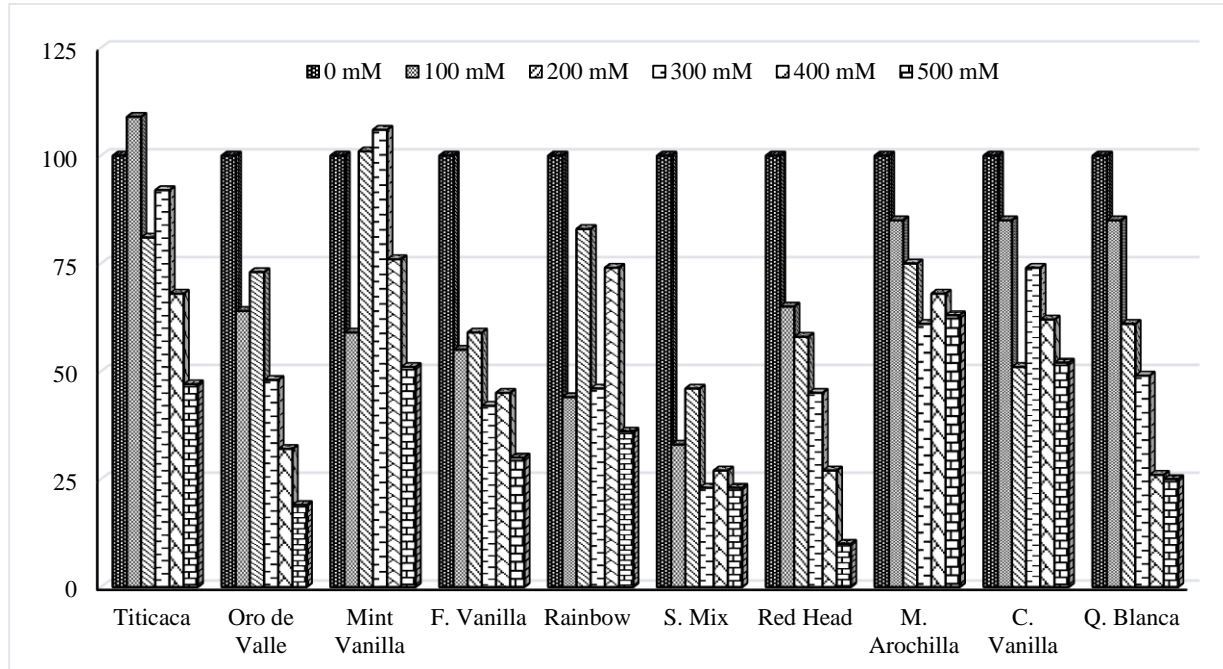
Çeşitler	Tuz Konsantrasyonu (mM)						Ortalama*
	0	100	200	300	400	500	
Titicaca	0.036	0.088	0.031	0.030	0.017	0.015	0.036 AB
Oro de Valle	0.061	0.016	0.020	0.020	0.020	0.010	0.025 BC
Mint Vanilla	0.065	0.013	0.022	0.029	0.016	0.031	0.029 BC
F. Vanilla	0.034	0.020	0.015	0.014	0.030	0.010	0.020 C
Rainbow	0.030	0.010	0.023	0.021	0.013	0.011	0.018 C
S. Mix	0.100	0.036	0.038	0.014	0.017	0.012	0.036 AB
Red Head	0.126	0.051	0.036	0.036	0.018	0.016	0.048 A
M. Arochilla	0.058	0.043	0.039	0.026	0.031	0.028	0.038 AB
C. Vanilla	0.049	0.047	0.022	0.019	0.015	0.013	0.027 BC
Q. Blanca	0.132	0.081	0.021	0.014	0.023	0.022	0.049 A
Ortalama*	0.69 A	0.41 B	0.27 BC	0.22 C	0.20 C	0.17 C	0.33

LSD Çeşit: 0.015, Tuzluluk: 0.016, Ç x T: 0.024

* Değişik harfle işaretlenen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır.

Araştırmada farklı tuz konsantrasyonlarında tuz tolerans yüzdesi çeşitlere ve tuzluluğun seviyesine göre önemli farklılıklar göstermiştir (Şekil 1). Tuz tolerans yüzdesi en yüksek olan genotipler Titicaca, Mint Vanilla, Moqu Arochilla ve Cherry Vanilla çeşitleridir. Sandoval Mix çeşidi ise tuz tolerans yüzdesi en düşük materyal olarak ortaya çıkmıştır. Kontrol şartlarında %100 olan tolerans değeri tuzluluk seviyesinin artmasına paralel olarak düşmüştür. Ancak bu düşüş çeşitler arasında farklılık göstermiştir.

Hatta bazı çeşitlerde kontrole göre artışlar belirlenmiştir. Özellikle Mint Vanilla çeşidi oldukça çarpıcı sonuçlar göstermiş, 200 ve 300 mM tuzluluk seviyelerinde tolerans yüzdesi kontrole göre çok yüksek bulunmuştur. Tuz tolerans yüzdesi tuz uygulamasındaki bitki kuru ağırlığının kontrol uygulamasındaki kuru ağırlığına bölünmesiyle belirlenmektedir. Bu nedenle stres şartlarında kuru ağırlığı daha fazla olan uygulamaların tolerans yüzdesi daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 1. Farklı tuz konsantrasyonlarında yetiştirilen kinoa çeşitlerinin tuz tolerans değerleri (%)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada tuz konsantrasyonları kinoanın kök ve sürgün gelişmesine önemli etkiler yapmıştır. Sürgün uzunluğu ve kök uzunluğu ile kuru ağırlıkları artan tuzluluğa paralel olarak azalmıştır. Ancak sürgün gelişmesi kök gelişmesine göre artan tuzluluktan daha fazla etkilenmiştir. Tuzluluktan etkilenme derecesi çeşitler arasında büyük farklılıklar göstermiştir. Bazı çeşitlerde kök ve sürgün gelişmesi hafif tuzluluk şartlarında (100 mM) kontrole göre daha yüksek bulunmuştur. Sürgün uzunluğunda Moqu Arrochilla, sürgün kuru ağırlığı ve kök kuru ağırlığında Titicaca çeşidi bu durumun örnekleridir. Bu sonuçlar bazı çeşitlerde kinoanın hafif tuzlu şartlarda daha iyi gelişme gösterdiğini ortaya koymaktadır. Yüksek tuzluluk seviyelerinde bütün çeşitlerde kök ve sürgün gelişmesi büyük oranda gerilemiştir. Ancak deniz suyu tuzluluğu sayılan 500 mM konsantrasyonunda bitkilerin yaşamaya devam ettiği görülmektedir. Bu konsantrasyon seviyesinde Qhaslala Blanca en yüksek sürgün uzunluğu, Mint Vanilla en yüksek kök kuru ağırlığı, Moqu Arrochilla ise en yüksek kök uzunluğu ve sürgün kuru ağırlığına sahip olmuşlardır. Tuz tolerans yüzdesi en yüksek çeşitler Titicaca ve Mint Vanilla olmuştur. Bu iki çeşidin kuru madde üretimi çok yüksek olmamasına rağmen tuzlu ortamda üretimleri daha az düştüğü için dayanıklı genotipler arasında yer almışlardır. Sandoval Mix ise tuza hassasiyeti en yüksek çeşit olarak belirlenmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar kinoada tuzluluk stresinin sürgün ve kök gelişmesine olumsuz etki yaptığını ortaya koymuştur. Ancak genotiplerin stres faktörlerine karşı gösterdikleri tepkiler farklı olmuştur. Bu nedenle elde edilen veriler tuzluluğa dayanıklılık ıslahında yol gösterici olabilir.

TEŞEKKÜR

Bu makale Emre AKÇAY'ın Yüksek Lisans Tezi'nden üretilmiştir. Çalışmaya destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz (Proje No: TOVAG-214O232).

KAYNAKLAR

Adolf, V.I., Shabala, S., Andersen, M.N., Razzaghi, F., Jacobsen, S.E., 2012. Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions. *Plant and Soil*, 357: 117-129.

Adolf, V.I., Jacobsen, S.E., Shabala, S., 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Environ. and Exp. Bot.*, 92: 43-54.

Akçay, E., Tan, M., 2018. Farklı tuz konsantrasyonlarında kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın çimlenme özelliklerinin belirlenmesi. *Alınteri Zirai Bil. Derg.*, 33 (1): 85-91.

Ashraf, M., 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Rev. in Plant Sci.*, 13: 17-42

Atak, M., Kaya, M.D., Kaya, G., Kılıç, Y., Ciftci, C.Y., 2006. Effects of NaCl on the germination, seedling growth and water uptake of Triticale. *Turkish J. Agric. For.*, 30: 39-47.

Cardozo, A., Tapia, M.E., 1979. Valor Nutritivo. Quinoa y la Kaniwa. *Cultivos Andinos*. In: Tapia, ME. (Ed.), *Serie Libros y Materiales Educativos*, Vol. 49, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogota, Columbia, pp. 149-192.

Dumanoğlu, Z., Işık, D., Geren, H., 2016. Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da farklı tuz (NaCl) yoğunluklarının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkisi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 53(2): 153-159.

Eisa, S., Hussin, S., Geissler, N., Koyro, H.W., 2012. Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a potential cash crop halophyte, *AJCS*, 6 (2): 357-368.

Elkoca, E., 1997. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de Tuza Dayanıklılık Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

Elkoca, E., Haliloglu, K., Esitken, A., Ercisli, S., 2007. Hydro and osmopriming improve chickpea germination. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Sci.*, 57: 193-200.

Elkoca, E., Kantar, F., Güvenç, İ., 2003. Değişik NaCl konsantrasyonlarının kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin çimlenme ve fide gelişmesine etkileri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 34 (1): 1-8.

Epstein, E., 1985. Salt-tolerant crops: origin, development, and prospects of the concept. *Plant and Soil*, 89: 187-198.

FAO, 2008. Land and plant nutrition management service. Available from, www.fao.org/ag/agl/agll/spush. (04.05.2017)

Garcia, M., Raes, D., Jacobsen, S.E., 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agric. Wat. Man.*, 60: 119-134.

Goertz, S.H., Coons, J.M., 1991, Tolerance of tepary and navy beans to NaCl during germination and emergence. *Hortscience*, 26: 246-249.

Güldüren, Ş., Elkoca, E., 2012. Kuzey Doğu Anadolu Bölgesi ve Çoruh Vadisi'nden toplanan bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin çimlenme döneminde tuza toleransları. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 43 (1): 29-41.

Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S.E., Shabala, S., 2011. Ionic and osmotic relations in

- quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plant grown at various salinity levels. J. Exp. Bot., 62: 185-193.
- Jacobsen, S.E., Mujica, A., Jensen, A.C., 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Rev. Int., 19: 1-2.
- Jensen, C.R., Jacobsen, S.E., Andersen, M.N., Nunez, N., Andersen, S.D., Rasmussen, L., Mogensen, V.O., 2000. Leaf gas exchange and water relations of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. European J. Agron., 13: 11-25.
- Koyro, H.W., Eisa, S.S., 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant and Soil, 302: 79-90.
- Peterson, A.J., 2013. Salinity tolerance and nitrogen use efficiency of quinoa for expanded production in temperate North America, Master of Science in Crop Science, Washington State Univ. Dep. of Crop and Soil Sci., Washington.
- Ruiz, K.B., Biondi, S., Martinez, E.A., Orsini, F., Antognoni, F., Jacobsen, S.E., 2015. Quinoa - A model crop for understanding salt tolerance mechanisms in halophytes. Plant Biosyst., 150: 357-371.
- Ruiz-Carrasco, K., Antognoni, F., Coulibaly, A.K., Lizardi, S., Covarrubias, A., Martinez, E.A., Molina-Montenegro, M.A., Biondi S., Zurita-Silva, A., 2011. Variation in salinity tolerance of four lowland genotypes of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as assessed by growth, Physiological Traits and Sodium Transporter Gene Expression. Plant Physiol. and Biochem., 49: 1333-1341.
- Wilson, C., Read, J.J., Abo-Kassem, E., 2002. Effect of mixed-salt salinity on growth and ion relations of a quinoa and a wheat variety, J. Plant Nutr., 25(12): 2689-2704.
- Yıldırım, B., Yaşar, F., Özpay, T., Türközü, D., Terzioğlu, Ö., Tamkoç, A., 2008. Variations in response to salt stress among field pea genotypes (*Pisum sativum* sp. *arvense* L.). J. Anim. and Vet. Adv., 7 (8): 907- 910.