



Tuz Stresinin Bazı Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Çeşitlerinin Çimlenme Özellikleri Üzerine Etkisi

Hayrettin KUŞÇU^{1*}, Aylin ÇAYĞARACI², Jean De Dieu NDAYIZEYE²

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü,
Görükle Kampüsü, Bursa, Türkiye

²Uludağ Üniversitesi, F.B.E. Arazi ve Su Kaynakları Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye
*e-posta: kuscu@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 11.08.2017; Kabul Tarihi: 27.11.2017

Öz: Bu çalışma, tuz stresinin dört kinoa çeşidinin (K-521, Karmen, Rainbow ve Valle) çimlenmesi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Çeşitlerin tuzluluk toleransının dereceleri, altı farklı tuz (NaCl) konsantrasyonu (0, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM) tohum çimlenme döneminde değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, tuz konsantrasyonundaki artış tüm çeşitlerde çimlenme yüzdesi, çimlenme enerjisi ve çimlenme indeksi değerlerini önemli düzeyde ($P<0.05$) azaltmış ve çimlenme zamanını geciktirmiştir. Çeşitlerin tuz stresine tepkileri farklılık göstermiştir. Tüm tuz düzeyleri için K-521 en yüksek çimlenme yüzdesi ve çimlenme enerjisine sahip çeşit olmuştur. Tuz konsantrasyonundaki artışla birlikte çimlenme oranındaki azalma en yüksek Rainbow çeşidinde olmuştur. Farklı tuz düzeyleri altında çimlenme hızı ve çimlenme süresi yönüyle K-521 ve Valle, diğer çeşitlerden daha iyi performans göstermiştir. Bu çalışmada, Rainbow çeşidi tuzluluğa daha duyarlı bulunmuştur. Sonuç olarak, K-521 ve Valle çeşitleri tuzlu topraklar için önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Çimlenme enerjisi, çimlenme indeksi, çimlenme yüzdesi, kinoa, tuzluluk.

Effect of Salt Stress on Germination Parameters of Some Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) Cultivars

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of salt stress on germination of four quinoa cultivars (K-521, Karmen, Rainbow and Valle). The degrees of salinity tolerance among these cultivars were evaluated at seed germination stage at six different salt (NaCl) concentrations (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mM). The results showed that increases in selected salt concentrations decreased germination percentage, germination energy and germination index significantly ($P<0.05$) as well as germination period was delayed. Responses of cultivars to salt stress indicated differences. For all salt concentrations, K-521 had the highest germination percentage and germination energy. Rainbow had the highest reduction of germination rate with the increase in salt concentration. On the other hand, K-521 and Valle showed better results than the other cultivars in respect of germination

index and germination time. The results showed that K-521 and Valle are the cultivars to be recommended for saline soils. Rainbow was more sensitive to salinity in this study.

Keywords: Germination energy, germination index, germination percentage, quinoa, salinity.

Giriş

Bitkisel üretimde stres, bitkinin yetiştirildiği ortamdaki farklı etmenlerin tohumun çimlenmesinden başlayarak bitki gelişimini ve verimi olumsuz olarak etkilemesine neden olmaktadır. Tuzluluk, tarımsal üretkenliği azaltan ve tarımsal üretim alanlarını sınırlayan önemli bir çevresel etmenddir. Dünya genelinde tuzdan etkilenen tarımsal alanın 800 milyon hektarın üzerinde olduğu bilinmektedir (Rengasamy, 2010). Türkiye’de ise sulama yönetimindeki yanlışlıklar ve yetersiz drenaj nedeniyle 1.5 milyon hektarlık toprak tuzluluk problemiyle karşı karşıyadır (Yazar ve Kaya, 2014).

Bitki türlerinin tuza karşı tepkileri, buna ilişkin sınıflandırmalar ile sık rastlanan tuzluluk kaynağı bileşikler üzerindeki araştırmalar oldukça eski tarihlere dayanmaktadır (Levitt, 1980). Bu çalışmalar, NaCl, CaCl₂ ve KCl’ün doğal ve yapay yetiştirme ortamlarında sık rastlanan tuz stresi kaynaklarının en önemlileri arasında yer aldıklarını ve bitkilerin bu bileşiklere tepkilerinin türler ve hatta çeşitlere göre önemli farklılıklar gösterebildiğini ortaya koymuştur (Delesalle ve Blum, 1994; Turhan ve Başer, 2001).

Kıt kaynaklarla artan dünya nüfusunun gıda gereksinimini karşılamak, günümüzün en önemli problemlerinden biridir. Bu nedenle, farklı ekolojik koşullarda yetiştiriciliği yapılabilecek bitki çeşitleri ile birim alandan daha fazla verim ve bitki besin maddesi elde etmeye yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Yüksek besin değerine sahip olmasının yanı sıra kuraklık, don, tuzluluk gibi olumsuz çevre koşullarına dayanıklılığı ile kinoa bitkisi, günümüzde tüm dünyada ilgi odağı haline gelmiştir (Yazar ve Kaya, 2014). Kinoa, her bünyede toprağa uyum sağlayabilir. Zayıf drenajlı, düşük verimli veya alkalilik ya da asitlilik problemi olan marjinal topraklarda yetiştirilebilir (Gonzalez ve ark., 2009). Kinoa bitkisi sulama suyu elektriksel iletkenliği 40 dS/m düzeyine kadar, diğer birçok bitkinin aksine, kök bölgesindeki yüksek tuzluluk düzeyine tolerans gösterebilmektedir (Yazar ve Kaya, 2014). Kinoa bazı uzmanlara göre dünyadaki açlık sorununa çare olabilecek bitkilerden birisidir. Tohumlarının tahıl ve bakliyatlar gibi insan yiyeceği olarak kullanımı ve ticareti her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Küresel iklim değişikliği ve kuraklık gibi sebeplerden dolayı pirinç üretiminin azalması ve maliyetlerin artması, kinoa gibi alternatif ürünlere yönelimi artırmıştır. Amerika kıtasında insan beslenmesinde asırlardır kullanılan bu bitki, Avrupa’da geleceğin gıda ve yem bitkisi olarak dikkat çekmektedir (Jacobsen ve Stolen, 1993; Sigsgaard ve ark., 2008; Bertero ve Ruiz, 2010).

Kinoa, %100 deniz suyu ile sulandığı koşulda dahi yaşamını sürdürebilen, tuza dayanıklı bir bitkidir (Koyro ve Eisa, 2008). Kinoa bitkisi, dokularında tuz iyonları biriktirebilir ve hücre turgoru ile terlemeyi muhafaza ederek yaprak su potansiyelini dengeleyebilmektedir (Jacobsen ve ark., 2003; Gómez-Pando ve ark., 2010). Çeşitlere göre farklılık göstermekle birlikte, kinoa verimi kök bölgesindeki orta derecede tuzlu koşullar altında (10-20 dS m⁻¹), düşük tuzluluk değerindeki verime kıyasla daha yüksektir. Dolayısıyla, kinoa, yüksek tuzluluğa sahip ortamlarda yetişebilen bir halofitik bitki olarak tanımlanabilir (Bosque Sanchez ve ark., 2003; Jacobsen ve ark., 2003).

Daha önce yapılan çalışmalarda, kinoa bitkisinin tuzluluk dahil bir çok stres etmenine dayanıklı olduğu, tuzluluk koşulları altında verim, kalite, morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine etkileri araştırılmış olsa da farklı kinoa çeşitlerinin değişen tuz stresi koşullarında çimlenme özellikleri üzerine etkisi yeterince araştırılmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada, tuz stresinin farklı kinoa çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2017 yılında, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Sulama ve Drenaj Laboratuvarında yürütülmüştür. K-521, Karmen, Rainbow ve Valle olmak üzere dört farklı tatlı kinoa çeşidi (*Chenopodium quinoa Willd*) bitki materyali olarak kullanılmıştır. Bu çeşitlere 6 farklı tuz konsantrasyonu (0, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl) uygulanmıştır.

Çimlendirme denemesi, bölünmüş parseller deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada, ana parsellerde kinoa çeşidi, alt parsellerde, tuz konsantrasyonları yer almıştır. Her çeşitten yeknesak boyutlarda 1200 tohum (her uygulama için 4 tekrerrür x 6 farklı tuz konsantrasyonu x 50 tohum = 1200 tohum) alınmış ve içerisinde Whatman No.1 filtre kâğıdı bulunan her bir petri kabına (11 cm çapında) 50 tohum birbirlerine temas etmeyecek biçimde konulmuştur (Atak ve ark., 2006).

Denemede 96 petri kabı kullanılmıştır (4 çeşit x 6 uygulama x 4 tekrerrür). Petri kapları, içerisine farklı tuz içeren çözelti konulmuş ve evaporasyonu önlemek için parafilm ile kaplanmıştır. Tohumların çimlenme deneyleri, 20/25°C (gece/gündüz) sıcaklıkta (Khodarahmpour ve ark., 2012) 10 gün süreyle gerçekleştirilmiştir. Çimlenen tohumlar her gün aynı saatte sayılmıştır. Kökçük 2 mm'ye ulaştığında tohum çimlenmiş olarak kabul edilmiş ve petri kabından uzaklaştırılmıştır.

Çimlenme yüzdesi (ÇY) aşağıda verilen formüle göre belirlenmiştir (Geçer, 2003).

$$\text{ÇY} = (\text{ÇTS}/\text{T}) * 100$$

Eşitlikte; ÇTS çimlenen tohum sayısını, T ise kullanılan toplam tohum sayısını simgelemektedir.

Çimlenme indeksi (Çİ) aşağıdaki formüle uygun olarak hesaplanmıştır (Abazarian ve ark., 2011).

$$\text{Çİ} = S_1/t_1 + S_2/t_2 + \dots + S_n/t_n$$

Eşitlikte; S, t. günde çimlenen tohum sayısını, t ise çimlenmenin gerçekleştiği gün sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme oranındaki azalma (ÇOA) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Madidi ve ark., 2004).

$$\text{ÇOA} = (1 - N_x / N_c) \times 100$$

Eşitlikte, N_x farklı tuz uygulamalarındaki çimlenen % tohum oranını, N_c kontrol uygulamasındaki çimlenen % tohum oranını ifade etmektedir.

Çimlenme enerjisi 7. günde çimlenen tohum sayısının toplam tohum sayısına oranlanmasıyla hesaplanmıştır.

Çimlenme süresi (ÇS) (gün) = [(1.günde ÇTS x 1) + (2. günde ÇTS x 2) + ...+ (n. günde ÇTS x n)] / toplam ÇTS eşitliği ile belirlenmiştir (Karagüzel ve ark., 2004).

Denemeden elde edilen verilerin SPSS 23 istatistik programıyla varyans analizleri yapıldıktan sonra, ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistik önemleri Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi (P<0.05) ile belirlenmiştir. Ayrıca, her çeşit için tuz konsantrasyonu ile çimlenme yüzdesi arasındaki ilişkileri belirlemek için regresyon analizleri yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Denemede, tuz konsantrasyonların farklı kinoa çeşitlerinde çimlenme yüzdesi, çimlenme enerjisi, çimlenme indeksi, çimlenme oranındaki azalma ve çimlenme süresi için varyans analizi sonuçları Çizelge 1’de gösterilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde farklı kinoa çeşitleri arasında ve farklı tuz konsantrasyonları arasında incelenen bütün parametreler için p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Çeşit × tuz konsantrasyonu interaksiyonunun çimlenme yüzdesi ve süresi için p<0.05 düzeyinde, çimlenme enerjisi, çimlenme indeksi ve çimlenme oranındaki azalma için p<0.01 düzeyinde önemli etki si bulunmuştur. Bu sonuç, farklı düzeylerdeki tuz stresinin farklı kinoa çeşitleri üzerinde çimlenme özellikleri yönüyle değişik etkiler gösterdiğini ispatlamaktadır.

Çizelge 1. Farklı kinoa çeşitlerinin artan tuz konsantrasyonları karşısında çimlenme yüzdesi, çimlenme enerjisi, çimlenme indeksi, çimlenme oranındaki azalma ve çimlenme süresi varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	Çimlenme yüzdesi (%)	Çimlenme oranındaki azalma	Çimlenme enerjisi	Çimlenme indeksi	Çimlenme süresi (gün)
Çeşit (Ç)	**	**	**	**	**
Tuz (T)	**	**	**	**	**
Ç x T	*	**	**	**	*

*, ** F testine göre sırasıyla p<0.05 ve p<0.01 düzeyinde önemli.

Çimlenme Yüzdesi

Farklı tuz konsantrasyonları altında çimlendirilen kinoa çeşitlerinin (Karmen, Valle, K-521 ve Rainbow) çimlenme yüzdesi değerleri arasında farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 2). En yüksek çimlenme yüzdesi kontrol (0 mM) konusundan saptanmıştır. Genelde, çimlenme yüzdesi 100 mM NaCl konsantrasyonundan sonraki artışla önemli ölçüde azalma göstermiş ve en düşük çimlenme yüzdesi tüm çeşitlerde 250 mM’lık NaCl konsantrasyonlarında elde edilmiştir. Ortalama çimlenme oranı çeşitler açısından önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek ortalama çimlenme yüzdesi (%90.75) K-521 çeşidinden elde edilirken onu sırasıyla Valle, Rainbow ve Karmen çeşitleri izlemiştir. Ancak, ortalama çimlenme oranı yönüyle Valle, Rainbow ve Karmen çeşitleri arasında p<0.05 düzeyinde önemli bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 2).

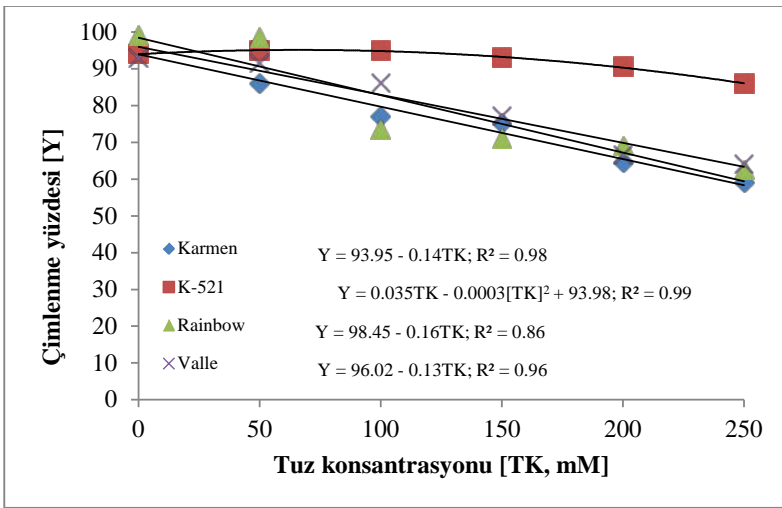
Çizelge 2. Bazı kinoa çeşitlerinde farklı tuz konsantrasyonlarının ortalama çimlenme yüzdesi değerleri (%)

Çeşit	Tuz konsantrasyonu (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Karmen	95.5 ab ¹	86.00 bc	77.00 cd	75.00 cde	64.50 efg	59.00 g	76.17 A
Valle	93.00 ab	91.50 ab	86.00 bc	77.00 cd	66.50 d-g	64.00 efg	79.67 B
K-521	94.00 ab	95.00 ab	95.00 ab	93.00 ab	90.50 ab	77.00 cd	90.75 A
Rainbow	99.00 a	98.5 ab	73.50 def	71.00 d-g	69.00 d-g	62.50 fg	78.92 B
Ortalama	95.38 a	92.75 a	82.88 b	79.00 b	72.63 c	65.63 d	

¹ Küçük harfler çeşit × tuz konsantrasyonu interaksyonu yönüyle, büyük harfler çeşitler arasındaki ve koyu küçük harfler ise tuz konsantrasyonları arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Çeşit x NaCl interaksyonu yönüyle, en yüksek çimlenme yüzdesi Rainbow çeşidinin kontrol konusundan elde edilirken en düşük ise Karmen çeşidinin 250 mM'lık tuz konsantrasyonundan saptanmıştır. Düşük çimlenme yüzdesinin ana nedeni, Na ve Cl iyonlarına bağlı toksisitedir. Hariadi ve ark. (2010), kinoa'nın çimlenme yüzdesinin 0, 100, 200 ve 300 mM'lık NaCl konsantrasyonlarında önemli bir değişme göstermediğini ve %95-99 arasında bir çimlenmenin gerçekleştiğini ancak 400 mM'lık bir uygulamayla birlikte çok önemli düzeyde azalmalar meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular söz konusu çalışmadan elde edilen çimlenme yüzdesi değerlerine göre daha düşük seviyelerde kalmıştır. Bunun nedeni, çimlendirme ortamının ve çeşidin farklılığından olabilir. Tüm bu sonuçlara ek olarak, yapılan çalışmada kinoa bitkisinin 250 mM'lık yüksek bir tuzluluk ortamında dahi %65.63 gibi oldukça yüksek bir çimlenme gösterdiği görülmektedir. Hariadi ve ark. (2010), hemen hemen deniz suyu tuzluluk düzeyine eşit 500 mM'lık tuzlu bir ortamda dahi kinoa'nın gelişme gösterebildiğini ve 100-200 mM'lık NaCl uygulamalarında görece daha yüksek bitki gelişimi ve kuru madde elde edilebileceğini saptamışlardır. Dolayısıyla, kinoa bitkisinin NaCl stresini osmotik olarak dengeleyebilen çok etkili bir sisteme sahip olduğu söylenebilir.

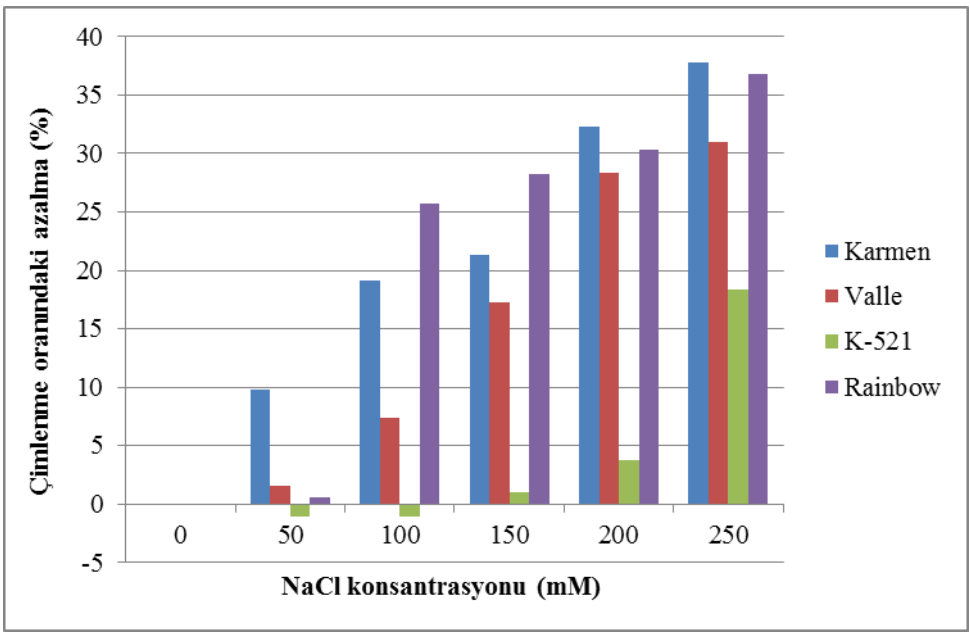
Denemeye alınan tüm kinoa çeşitleri için, NaCl konsantrasyonları ve çimlenme yüzdeleri arasındaki regresyon eşitlikleri elde edilmiştir (Şekil 1). Karmen, Rainbow ve Valle çeşitleri için NaCl konsantrasyonları ve çimlenme yüzdesi arasında negatif doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. K-521 çeşidi için NaCl ve çimlenme yüzdesi arasındaki ilişki 2. dereceden polinomiyel bir eşitlikle açıklanmıştır. Çeşitlere göre, regresyon eşitliklerinin belirleme katsayıları (R^2) 0.86 ile 0.99 arasında değişmektedir. En yüksek belirleme katsayısı K-521 çeşidi için belirlenmiş olup, NaCl konsantrasyonundaki değişime bağlı olarak çimlenme oranındaki değişimi %99 düzeyinde elde edilen regresyon doğrusunun belirleyebileceği söylenebilir.



Şekil 1. Kinoa çeşitlerinin NaCl konsantrasyonu ve çimlenme yüzdesi arasındaki ilişkisi

Çimlenme Oranındaki Azalma

Çimlenme oranındaki azalmanın tuz uygulamalarından etkilenme durumları Şekil 2’de verilmiştir. Araştırmada, düşük tuz konsantrasyonu (50 mM) üç kinoa çeşidinde (Karmen, Valle ve Rainbow) kontrol konusuna (0 mM NaCl) göre çimlenme oranında düşük düzeyde bir azalmaya neden olmuştur. Tuz konsantrasyonu artmasına rağmen K-521 çeşidinde 50 mM ve 100 mM düzeylerinde azalma olmamış aksine %1’lik küçük bir artış ($P<0.05$) gerçekleşmiştir. 50 mM tuz konsantrasyonunda kontrol konusuna göre çimlenme oranındaki azalma %0,5 ile en düşük Rainbow çeşidinde gerçekleşirken en fazla azalma (%10) Karmen çeşidinde olmuştur. Düşük tuz düzeyinde Rainbow çeşidi en düşük azalmayı gösterse de yüksek düzeylerdeki azalma (%37) çok yüksek olmuştur. Rainbow çeşidinin bu değerleri Karmen çeşidiyle benzerlik gösterdiğinden bu iki çeşidin de yüksek tuz düzeylerinde çimlenme oranlarında azalma yüksek olduğundan tuza toleransının düşük olduğunu söyleyebiliriz. Tuza toleransı en yüksek çeşit K-521 olmakla birlikte Valle çeşidi de diğer iki çeşide kıyasla daha iyi bir performans göstermiştir.



Şekil 2. Çimlenme oranındaki azalma

Çimlenme Enerjisi

Tuzun farklı dozlarının kinoa çeşitlerinin çimlenme enerjisi üzerine etkileri Çizelge 3'de verilmiştir. Kinoa bitkisi üzerinde farklı tuzluluk düzeylerinin etkisi, tuz konsantrasyonu, çeşit ve tuz konsantrasyonu x çeşit yönüyle istatistiksel olarak %95 güven aralığında önemli bulunmuştur. Genel olarak 50 mM'ın üzerinde artan NaCl düzeyleri çimlenme enerjisini azaltmıştır. Ortalama sonuçlar üzerinden bir değerlendirme yapıldığında, 0 ve 50 mM'lık NaCl uygulamaları arasında çimlenme enerjisi önemli bir farklılık göstermediği için ilk grupta yer alırken, 100 ve 150 mM'lık NaCl uygulamalar kendi arasına önemli bir farklılık göstermemiş ve 2. grupta yer almıştır. Beklendiği gibi, değerlendirilen tüm çeşitlerde en düşük çimlenme enerjisi 250 mM'lık NaCl uygulamasından elde edilirken (ortalama 0.62) en yüksek ise kontrol uygulamasından ortalama 0.95 olarak gerçekleşmiştir. Araştırma bulgularına göre, çimlenme enerjisi en yüksek olan kinoa çeşidi K-521, en düşük olan çeşit ise Karmen'dir (Çizelge 3). Tohumun gelişmekte olan embriyodaki toksik olan Na^+ iyonunu dışlama yeteneği NaCl konsantrasyonundaki artışla azaldığında iyon toksisitesi oluşmakta ve tohumun çimlenme enerjisi azalmaktadır (Koyro ve Eisa, 2008; Hariadi ve ark., 2010)

Çizelge 3. Bazı kinoa çeşitlerinde farklı tuz konsantrasyonlarının ortalama çimlenme enerjisi değerleri

Çeşit	Tuz konsantrasyonu (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Karmen	0.95 ab ¹	0.86 bc	0.76 cde	0.73 de	0.60 fg	0.55 g	0.74 C
Valle	0.93 ab	0.92 ab	0.86 bc	0.77 cd	0.66 d-g	0.64 efg	0.80 B
K-521	0.94 ab	0.95 ab	0.95 ab	0.93 ab	0.90 ab	0.76 cde	0.90 A
Rainbow	0.99 a	0.99 a	0.73 de	0.71 def	0.68 def	0.56 g	0.77 BC
Ortalama	0.95 a	0.93 a	0.82 b	0.78 b	0.71 c	0.62 d	

¹ Küçük harfler çeşit × tuz konsantrasyonu interaksyonu yönüyle, büyük harfler çeşitler arasındaki ve koyu küçük harfler ise tuz konsantrasyonları arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir ($p < 0.05$).

Çeşit × tuz interaksyonu yönüyle en yüksek çimlenme enerjisi 0.99 ile kontrol ve 50 mM NaCl konusu altında Rainbow çeşidinden elde edilirken en düşük ise 250 mM NaCl uygulaması altında Karmen ve Rainbow çeşitlerinden elde edilmiştir. K-521 çeşidinde 200 mM'lık NaCl uygulamasına kadar olan tuzluluk seviyelerinde çimlenme enerjisi önemli düzeyde etkilenmezken 250 mM'lık uygulamada önemli ölçüde azalma gerçekleşmiştir. Karmen çeşidinde 50 mM, Valle ve Rainbow çeşitlerinde ise 100 mM'ın üzerindeki tuz stresinde çimlenme enerjisi önemli ölçüde azalma göstermiştir.

Çimlenme İndeksi

Farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamaları altında kinoa çeşitlerinin çimlenme indeksi (hızı) değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. Ortalama sonuçlara göre, tuz konsantrasyonu arttıkça kinoa tohumlarının çimlenme indeksi düşmüştür. Çeşitlerin farklı tuz konsantrasyonları altındaki ortalama sonuçları incelendiğinde en yüksek çimlenme indeksine sahip çeşitler Valle ve K-521 olurken en düşük (16.3) ise Karmen olmuştur. Ortalama sonuçlarda en yüksek değer Valle çeşidinde olmasına rağmen yüksek tuz (200mM) konsantrasyonlarına dayanıklılığı en iyi K-521 çeşidi göstermiştir. Rainbow çeşidinde farklı konsantrasyonlardaki tuz uygulamaları altında çimlenme indeksinde istatistiksel olarak önemli bir düşüş gözlemlenirken, K-521 çeşidinde tuz konsantrasyonu arttıkça çimlenme indeksi değerinde azalma görece daha düşük olmuştur. Çeşit x tuz interaksyonu incelendiğinde Valle çeşidi kontrol konusu altında 36.8'lik bir çimlenme indeksi gösterirken onu yine 50 mM'lık tuz konsantrasyonu altında Valle çeşidi ve kontrol konusu altında K-521 çeşidi izlemiştir. Ayrıca, tüm dozlar altında Valle ve K-521 çeşitlerinin çimlenme indeksi değerleri birbirine yakın ve görece daha yüksektir. Bununla birlikte orta derecede tuz stresinde (100 mM) çimlenme indeksi yönünden Valle çeşidini sırasıyla K-521, Karmen ve Rainbow çeşitleri izlemiş ancak istatistiksel yönden Karmen ve Rainbow çeşitleri arasında, Valle ve K-521 arasında önemli bir farklılık oluşmamıştır. Yüksek tuz konsantrasyonunda (250 mM) çimlenme indeksi yönünden Karmen ve Rainbow çeşitleriyle, Valle ve K-521 çeşitleri arasında önemli bir fark oluşmamıştır. Sonuç olarak, Valle ve K-521 çeşitlerinin yüksek tuz konsantrasyonlarında daha hızlı bir çimlenme gösterdiği söylenebilir. Munns (2002)'a göre, tuzluluk stresinin osmotik ve

spesifik iyon bileşenine bağlı olarak etkisi zaman ölçeğinde önemli düzeyde farklılık gösterebilir.

Çizelge 4. Bazı kinoa çeşitlerinde farklı tuz konsantrasyonlarının çimlenme indeksi (hızı) değerleri

Çeşit	Tuz konsantrasyonu (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Karmen	23.80 ef ¹	20.27 fg	17.10 gh	15.52 h	11.74 ij	9.38 j	16.30 C
Valle	36.78 a	30.55 b	29.35 bc	22.92 ef	17.33 gh	15.46 h	25.40 A
K-521	30.31 b	27.65 bcd	26.15 cde	24.89 de	21.21 f	15.69 h	24.32 A
Rainbow	29.49 bc	25.08 de	16.70 h	14.54 hi	14.50 hi	9.66 j	18.33 B
Ortalama	30.10 a	25.89 b	22.33 c	19.47 d	16.20 e	12.55 f	

¹ Küçük harfler çeşit × tuz konsantrasyonu interaksyonu yönüyle, büyük harfler çeşitler arasındaki ve koyu küçük harfler ise tuz konsantrasyonları arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir (p<0.05).

Çimlenme Süresi

Kinoa çeşitlerinin çimlenme süresi üzerinde farklı tuz konsantrasyonlarının etkisi önemli olmuştur (Çizelge 5). Ortalama sonuçlara göre çimlenme süresi en kısa olan çeşitler K-521 ve Valle iken en geç (3.36 gün) çimlenen çeşit ise Karmen'dir. Çeşitlerin ortalama sonuçlarına bağlı olarak ortalama çimlenme süresi kontrol (0 mM) konusunda 2.3 gün iken 250 mM'lık tuz konsantrasyonunda 3.6 güne çıkmıştır. Diğer taraftan 50 ve 100 mM'lık NaCl içeren tuzlu su uygulamaları altında çeşitlerin ortalama çimlenme süreleri değişmemiştir. Taiz ve Zeiger (2002), tuz çözeltisindeki yüksek NaCl konsantrasyonunun ozmotik potansiyeli artırdığını ve tohumların çimlenme sürelerinin gecikmesine neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 5. Bazı kinoa çeşitlerinde farklı tuz konsantrasyonlarının ortalama çimlenme süresi (gün) değerleri

Çeşit	Tuz konsantrasyonu (mM)						Ortalama
	0	50	100	150	200	250	
Karmen	2.98 ijk ¹	2.99 ijk	3.11 jk	3.26 k	3.71 l	4.09 lm	3.36 C
Valle	1.76 a	2.34 b-f	2.10 a-d	2.39 c-g	2.61 e-i	2.76 f-j	2.33 A
K-521	1.90 ab	2.06 abc	2.05 abc	2.14 a-e	2.47 c-h	3.13 jk	2.29 A
Rainbow	2.55 d-i	2.83 g-k	2.97 ijk	3.19 jk	2.88 h-k	4.41 m	3.14 B
Ortalama	2.30 a	2.56 b	2.56 b	2.75 bc	2.92 c	3.60 d	

¹ Küçük harfler çeşit × tuz konsantrasyonu interaksyonu yönüyle, büyük harfler çeşitler arasındaki ve koyu küçük harfler ise tuz konsantrasyonları arasındaki önemli farklılıkları göstermektedir (p<0.05).

Sonuç

Farklı tuz konsantrasyonları altında dört farklı kinoa çeşidinin çimlenme özellikleri değerlendirilmiştir. Tohumların çimlenmesiyle ilgili değerlendirilen parametrelerin tümü dikkate alındığında, sırasıyla K-521 ve Valle çeşitleri diğer kinoa çeşitlerinden daha iyi performans göstermiştir. Bu nedenle, tuzlu koşullarda bu çeşitlerin yetiştiriciliği önerilebilir. Bu araştırmayla, tuz stresine dayanıklı olarak bilinen kinoa bitkisinin, çeşitlere göre tuza toleransının farklılık gösterebileceği belirlenmiştir. Tuzlu toprak koşullarında kinoa yetiştiriciliğinde bu çalışmanın sonuçları kullanılabilir.

Kaynaklar

- Abazarian R., Yazdani M.R., Khosroyar K. and P. Arvin. 2011. Effects of Different Levels of Salinity on Germination of Four Components of Lentil Cultivars. *African Journal of Agricultural Research*, 6(5): 2761-2766.
- Atak M., Kaya M. D., Kaya G., Kılı Y. and C. Y. Çiftçi. (2006). Effects of NaCl on the Germination, Seedling Growth and Water Uptake of Triticale. *Turk. J. Agric. For.*, (30): 39-47.
- Bertero, H.D. and R.A. Ruiz. 2010. Reproductive Partitioning in Sea Level Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) Cultivars. *Field Crops Research*, 118: 94-101.
- Bosque Sanchez, H., Lemeur, R., Van Damme, P. and S-E Jacobsen. 2003. Ecophysiological Analysis of Drought and Salinity Stress of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19: 111-119.
- Delesalle, V.A. and S. Blum. 1994. Variation in Germination and Survival among Families *Sagittaria Latifolia* in Response to Salinity and Temperature. *International Journal of Plant Sciences*, 155(2): 187-195.
- Geçer, M.K. 2003. Domateste Farklı Tuzluluk Seviyelerinin Fide Kalitesi, Bitki Gelişimi ve Verim Üzerine Etkileri, (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
- Gómez-Pando, L.R., Alvarez-Castro, R. and A. Eguiluz-de Ia Barra. 2010. Effect of Salt Stress on Peruvian Germplasm of *Chenopodium Quinoa* Willd.: A Promising Crop. *Journal of Agronomy & Crop Science*, 196: 391-396.
- González, J. A., Gallardo, M., Hilal, M., Rosa, M. and F. E. Prado. 2009. Physiological Responses of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) to Drought and Waterlogging Stresses: Dry Matter Partitioning. *Botanical Studies*, 50: 35-42.
- Hariadi, Y., Marandon, K., Tian, Y., Jacobsen, S.E. and S. Shabala. 2010. Ionic and Osmotic Relations in Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) Plants Grown at Various Salinity Levels. *Journal of Experimental Botany*, 62(1): 185-193.
- Jacobsen, S. E. and O. Stolen. 1993. Quinoa-Morphology, Phenology and Prospects for its Production as A New Crop in Europe. *European J. Agron.*, 2: 19-29.
- Jacobsen, S. E., Mujica, A. and C.R. Jensen. 2003. The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors. *Food Reviews International*, 19: 99-109.
- Karagüzel, O., Cakmakçı, S. Ortacesme, V. and B. Aydinoglu. 2004. Influence of Seed Coat Treatments on Germination and Early Seedling Growth of *Lupinus Varius* (L.). *Pakistan Journal of Botany*, 36(1): 65-74.
- Khodarahmpour Z., Ifar M. and M. Motamed. 2012. Effects of NaCl Salinity on Maize (*Zea mays* L.) at Germination and Early Seedling Stage. *African J. Biotechnol.*, 11(2): 298-303.

- Koyro H.W. and S.S. Eisa. 2008. Effect of Salinity on Composition, Viability and Germination of Seeds of *Chenopodium Quinoa* Willd. *Plant and Soil*, 302: 79-90.
- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses: Volume II- Water, radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York, pp. 365-488.
- Madidi S.E., Baroudi B.E. and F.B. Aameur 2004. Effects of Salinity on Germination and Early Growth of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. *Int. J. Agric. Biol.*, 6: 767-770.
- Munns R. 2002. Comparative Physiology of Salt and Water Stress. *Plant, Cell and Environment*, 25:239–250.
- Rengasamy P. 2010. Soil Processes Affecting Crop Production in Salt-Affected Soils. *Australian Journal of Soil Research*, 37:613–620.
- Sigsgaard, L., Jacobsen, S. E. and J. L. Christiansen. 2008. Quinoa, *Chenopodium quinoa*, Provides A New Host for Native Herbivores in Northern Europe: Case Studies of the Moth, *Scrobipalpa atriplicella*, and The Tortoise Beetle, *Cassida nebulosa*. *Journal of Insect Science*, 8(49): 1-4.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Sunderland, MA. 690 p.
- Turhan, H. ve İ. Başer. 2001. Toprak Tuzluluğu ve Bitki Gelişimi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 14(1): 171-179.
- Yazar, A. and Ç. Kaya. 2014. A New Crop for Salt Affected and Dry Agricultural Areas of Turkey: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, Special Issue: 2: 1440-1446.

