

Zeynep DUMANOĞLU¹
Damla IŞIK²
Hakan GEREN³

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 35100, İzmir / Türkiye

² Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 35100 İzmir / Türkiye

³ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bitkileri Bölümü, 35100 İzmir / Türkiye

sorumlu yazar: zeyno0191@gmail.com

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)’da Farklı Tuz (NaCl) Yoğunluklarının Tane Verimi ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi

Effect of Different Salt (NaCl) Concentrations on The Grain Yield and Some Yield Components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Alınış (Received): 04.02.2015

Kabul tarihi (Accepted): 01.03.2016

Anahtar Sözcükler:

Kinoa, *Chenopodium quinoa*, NaCl, tane verimi

Key Words:

Quinoa, *Chenopodium quinoa*, NaCl, grain yield

ÖZET

Tuz stresi bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Bir And bölgesi bitkisi olan kinoa (*Chenopodium quinoa*)’nın cansız stres faktörlerine dikkate değer ölçüde toleransı bulunmaktadır. Bu çalışma, 2015 yılında kontrollü şartlarda uygulanan farklı tuz seviyelerinin (0-75-150-225-300-375 mM NaCl) kinoa tane verimi ve bazı verim özelliklerine etkisini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Denemede bitki boyu, dal sayısı, salkım sayısı, bin tane ağırlığı, biyolojik verim, hasat indeksi, tane verimi ve tane ham protein oranı gibi özellikler incelenmiştir. Sonuçlar, artan tuz seviyelerinin kontrolle karşılaştırıldığında yukarıda bahsedilen özellikleri olumsuz yönde etkilediğini, ancak bin tane ağırlığının etkilenmediğini göstermiştir.

ABSTRACT

Salt stress is one of the main abiotic factors limiting crop productivity on the world. Quinoa (*Chenopodium quinoa*) is an Andean plant showing a remarkable tolerance to abiotic stresses. This study was conducted in order to determine the effects of different salt concentrations (0-75-150-225-300-375 mM NaCl) on the grain yield and some yield characteristics of quinoa under controlled conditions in 2015. Traits tested in the experiment were plant height, number of branches, biomass yield, number of inflorescence, 1000 seed weight, harvest index, grain yield and crude protein content of grain. Results indicated that increasing salt levels negatively affected above mentioned traits compared to control, but thousand grain weights was not affected by salt.

GİRİŞ

İspanakgiller (*Chenopodiaceae*) familyasının bir üyesi olan kinoa (*Chenopodium quinoa*), fizyolojik olarak “C3 bitkileri” grubunda değerlendirilen; tek yıllık, çift çenekli, otsu bir bitkidir (Jacobsen et al., 2003). MÖ 3000’li yıllardan bu yana insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan bitkinin (Weber, 1978), ana vatanı Güney Amerika’nın And Dağları’dır (Kaya, 2010; Tan, 2013). Dünya kinoa üretiminin %80’den fazlasını karşılayan (Vilche et al., 2003; Jancurová et al., 2009) Peru ve Bolivya bölgelerinde 5000 yıldan beri

yetiştirilen bitki, 80’li yılların başında Avrupa’ya getirilmiştir (Pearsall, 1992). Kinoa tanesi, yüksek protein oranı (Iqbal, 2015), vitamin (A, B₂, E) ve mineraller (Ca, Fe, Cu, Mg, Zn) açısından son derece zengindir (Repo-Carrasco et. al., 2003; Konishi et. al., 2004). Ayrıca bünyesinde %10-18 yağ, %60 nişasta, %5 kül ile %4 ham selüloz bulundurmaktadır (Bhargava et al., 2007).

İnka dilinde “Ana Tahıl” anlamına (Koyro and Eisa, 2008) gelen kinoa’nın en önemli özelliği tanelerinin gluten içermemesidir (Geren ve ark., 2014). Bu nedenle

özellikle Çölyak (*Celiac*) hastalarının (*gluten enteropatisi*) rahatlıkla tüketebileceği bir besin kaynağını simgelemektedir (Kuhn et al., 1996; Geren, 2015). Bu bitkiye olan ilginin artışı ve öneminin giderek daha fazla fark edilmesiyle FAO (Dünya Gıda ve Tarım Örgütü) 2013 yılını "Dünya Kinoa Yılı" olarak ilan etmiştir (Geren ve Dumanoğlu, 2015). Ne var ki, kinoa tanesinin dış kabuğu saponin ile kaplıdır. Bu madde acı tadı nedeniyle bitkiyi zararlılara karşı korurken (Koyun, 2013), gıda olarak tüketiminde mekanik veya kimyasal işlemlerle uzaklaştırılmalıdır (Ward, 2000).

Kinoanın diğer önemli özellikleri ise; cansız stres koşullarına (örneğin kuraklık, tuzlu topraklar, vb.) diğer bazı kültür bitkilerinden daha dayanıklı olmasıdır. Kuraklığa dayanıklı bitkiler içerisinde bir simge (Geren ve Geren, 2015) haline gelen kinoanın 6-8,5 pH derecesine sahip topraklarda da yetişebildiği, ancak yüksek tane verimi için yaz aylarında sulanması (250-350 mm) gerektiği pek çok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir (Jacobsen, 2003).

Tuz stresi tahıllar başta olmak üzere bitkisel ürünlerin yetiştirilmesini sınırlandıran en önemli faktörlerden birisidir (Ruiz-Carrasco et al., 2011). Bu nedenle, tuz oranı yüksek olan toprakların değerlendirilmesi ve bitkisel üretim miktarının artırılmasına yönelik çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Genel olarak bitki büyümesine doğrudan etki eden tuz, bitkinin su alım yeteneğini azaltırken; yapraklarda aşırı birikmesiyle, bitki yapraklarında hasara neden olmakta ve yeni sürgünlerin oluşumunu engellemektedir (Algozaibi et al., 2015). Kinoa bitkisinin diğer tahıl gruplarına oranla daha fazla tuza dayanım göstermesi; bir başka ifadeyle, farklı tuz yoğunluklarına sahip topraklarda yetişebilmesi, araştırmacıların ve üreticilerin dikkatini çekmiştir.

Pek çok araştırmacı kinoa bitkisinin 500 mM düzeyindeki tuz yoğunluğuna sahip topraklarda hayatta kalabildiğini (Jacobsen et al., 2003; Koyro and Eisa, 2008) ancak tane veriminde önemli azalmalar meydana geldiğini veya hiç tohum bağlamadığını ifade etmişlerdir (Hariadi et al., 2011; Peterson, 2013).

Wilson et al. (2002), Andean melez kinoa çeşitlerinde farklı tuz yoğunluklarında (3-7-11-19 dSm⁻¹) ve değişik tuz çeşitlerini (MgSO₄, Na₂SO₄, NaCl, and CaCl₂) karıştırarak oluşturduğu karışımları 4 gün süre ile toprağa eklemiş; 3 dS m⁻¹'luk karışımı ise kontrol grubu olarak kabul etmişlerdir. 11 dS m⁻¹ tuz yoğunluğuna kadar 32 cm'ye ulaşan bitki boyunun 19 dS m⁻¹ seviyesinde 23 cm'ye düştüğünü bildiren araştırmacılar, kontrol grubu (3 dS m⁻¹) da dahil olmak üzere 11 dS m⁻¹ tuz yoğunluğuna kadar 13-15 g/bitki arasında değişen yaş bitki ağırlığının 19 dS m⁻¹'de 9

g/bitki'ye düştüğünü, kuru bitki ağırlığında da benzer sonuçların alındığını bildirmişlerdir.

Gómez-Pando et al. (2010), tarafından 182 farklı kinoa tohumlarının çimlenme oranları üç ayrı NaCl yoğunluğunda (0-25-30 dS m⁻¹) incelemiştir. 25 dS m⁻¹ tuz seviyesinde 15 çeşidin %60'dan fazlasının çimlendiğini belirten araştırmacılar, 30 dS m⁻¹ tuz yoğunluğunda ise bu oranın %60'ın altında kaldığını saptamışlardır.

Şili'nin kıyı, orta ve güney bölgelerinden alınan dört farklı kinoa genotipini (PRJ, PRP, UDEC9, B078), üç farklı tuz yoğunluğunda (0, 150 ve 300 mM NaCl) büyüme ve gelişmesini inceleyen Ruiz-Carrasco et al. (2011), kinoa genotiplerinden sadece birinin (B078) 300 mM'luk tuz seviyesi altında çimlenme oranında önemli bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Bu genotipin sürgün uzunluğunun, kontrol uygulamasına yakın bir değer aldığını bildiren araştırmacılar, diğer genotiplerde ise 150 mM tuz seviyesinde azalmaların meydana gelmeye başladığını hatta 300 mM'de bu azalmanın %60'dan fazla olduğunu saptamışlardır.

Yapılan bu çalışmalar, değişik kinoa çeşitlerinin, farklı tuz seviyelerine vermiş oldukları tepkilerin aynı olmadığı ancak genel anlamda, kinoa bitkisinin yüksek yoğunluklu tuz içeriğine sahip olan topraklarda yetiştirilebildiğini ortaya koymuştur.

Bu çalışma; kontrollü şartlar altında "Q-52" isimli kinoa çeşidine uygulanan farklı tuz yoğunluklarının tane verimi ve bazı verim özelliklerine etkisini incelemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma; 2015 yılı Mart-Ekim ayları arasında, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünün serasında, saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Saksı denemesinde kullanılan toprak İzmir'in Bayındır ilçesinden temin edilerek, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Toprak Analiz Laboratuvarları'nda fiziksel ve kimyasal açıdan analiz edilmiş (Çizelge 1), toprak özellikleri bakımından kinoa bitkisinin yetişmesini kısıtlayıcı bir unsurun bulunmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 1: Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1: Some physical and chemical characteristics of experimental soil

Özellikler	Özellikler	Özellikler	Özellikler
Kum (%)	80.2	Eriyebilir Toplam Tuz (%)	0.03
Kil (%)	1.8	Organik Madde (%)	2.27
Mil (%)	18.0	Toplam N (%)	0.092
Bünye	Tınlı Kum	Faydalı P (ppm)	2.54
pH	5.83	Faydalı K (ppm)	40
Kireç (%)	0.82	Faydalı Ca (ppm)	1300

Altı farklı (0-75-150-225-300-375 NaCl mM) tuz seviyesinin kinoada tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisinin incelendiği çalışmamızda, "Q-52" isimli kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşidi kullanılmış ve deneme 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Deneme toprağı, 2 mm'lik elekten elendikten sonra, üst çapı 22 cm, alt çapı 17 cm, yüksekliği de 21 cm olan plastik saksıların her birine; üst kısmından 2 cm boşluk kalacak şekilde 4 kg toprak ile doldurulmuştur. Bu işlemin ardından, tesadüfen seçilen 4 saksının tarla kapasitesi (g/saksı) hesaplanarak ve ortalamaları belirlenmiştir. Hesaplanan tarla kapasitesinin ardından, yukarıda belirtilen tuz konsantrasyonları hazırlanarak sulama suyu şeklinde ilgili saksılara deneme süresinin başında uygulanmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü seranın, ortalama sıcaklığı 30°C, nem seviyesi ise %65 civarında tutulmuştur. Tohumlar 24 Mart 2015 tarihinde her saksıya 5'er tane olacak şekilde ekilmiş, fideler 8-10 cm boya ulaştığında da toplanmıştır.

Tohum ekilmeden önce toprağın 4 cm derinliğine, 7 kg/da karşılığı N (üre), 10 kg/da P ve 8 kg/da K uygulanmış; bitkiler yaklaşık 20 cm boylandığında ise ikinci bir 8 kg/da karşılığı N (NH₄NO₃) üstten verilmiştir. Çalışma süresince, iki günde bir saksılar dijital teraziyile tartılarak, ilgili su seviyesi tarla kapasitesinde (saf su) tutulmuştur. Deneme süresi içerisinde bitki üzerinde görülen kırmızı örümcek (*Tetranychus sp.*) nedeniyle bir kez insektisit (2,2-dichloroethenyl dimethyl phosphate) uygulaması yapılmıştır.

Saksıdaki bitkiler tamamen kuruduğu, bir başka ifadeyle, bitkinin çiçek salkımı elle ovuşturulduğunda tanelerin avuç içine döküldüğü zamanda (ort.~13 nem) hasat işlemlerine başlanmıştır.

Bu amaçla, bitki boyu (cm), dal sayısı (adet/bitki), salkım sayısı (adet/bitki), bin tane ağırlığı (g) biyolojik verim (g), hasat indeksi (%) ve tane verimi (g/bitki) gibi parametreler Geren ve ark. (2015)'na göre belirlenmiştir. Elde edilen kinoa taneleri öğütülerek 1 mm'lik elekten geçirilmiş, örneklere Kjeldahl yönteminin uygulanmasıyla N içerikleri saptanarak, N oranının 6.25 katsayısı ile çarpılması sonucunda ham protein oranları hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler tek faktörlü tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutularak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Yurtsever, 1984).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bitki boyu: Verilere uygulanan istatistiki analiz sonuçları, tuz yoğunluklarının bitki boyu üzerine önemli etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Çizelge 2'nin bitki boyu kısmı incelendiğinde; en yüksek bitki boyu 85.0 cm ile 75 mM tuz yoğunluğunda elde edilmiş, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan 0 mM tuz yoğunluğu 80.5 cm ile izlemiştir. En düşük bitki boyu ise 27.0 cm ile 375 mM tuz seviyesini içeren saksıdan elde edilmiştir. Kinoa bitkisine uygulanan tuz seviyesi yükseldikçe yani 0 mM'den 375 mM'e doğru gidildikçe, bitki boylarının kısaldığı dikkati çekmektedir.

Çizelge 2: Farklı tuz (NaCl) yoğunluklarının kinoda verim ve bazı verim unsurlarına etkisi

Table 2: Effect of different NaCl concentrations on the yield and some yield characteristics of quinoa

NaCl (mM)	Bitki boyu (cm)	Dal sayısı (adet/bitki)	Salkım sayısı (adet/bitki)	1000 tane ağırlığı (g)
0	80.5 ab	7.5 a	12.8 b	5.12
75	85.0 a	8.0 a	23.8 a	5.23
150	77.5 b	6.0 b	9.5 c	5.48
225	56.8 c	5.5 b	5.5 d	5.71
300	39.0 d	4.0 c	4.0 de	5.61
375	27.0 e	4.0 c	3.0 e	5.28
Ortalama	61.0	5.8	9.8	5.40
LSD (.01)	6.5	1.3	1.6	öd
CV(%)	7.6	16.1	11.7	6.2
	Biyolojik verim (g/bitki)	Hasat indeksi (%)	Tane verimi (g/bitki)	Tane ham protein oranı (%)
0	9.7 b	20.5 b	1.99 b	18.5 a
75	15.8 a	22.5 a	3.55 a	18.4 a
150	7.3 c	19.7 b	1.43 c	16.9 b
225	5.6 d	23.8 a	1.32 c	15.4 c
300	3.7 e	10.9 c	0.40 d	13.5 d
375	3.0 e	2.2 d	0.07 d	10.8 e
Ortalama	7.5	16.6	1.46	15.6
LSD (.01)	1.1	1.7	0.4	1.1
CV(%)	9.7	7.1	16.8	4.8

ÖD: önemli değil (not significant), CV: varyasyon katsayısı (coefficient of variation)

Aralarında kinoanın da olduğu pek çok bitkide, tuz yoğunluklarının bitkinin morfolojik ve fizyolojik özelliklerine olan etkisini inceleyen bazı araştırmacılar (Romero-Aranda et al., 2001; Ghoulman et al., 2002; Munns, 2002; Flowers, 2004; Islam et al., 2007; Abdel-Ghani, 2008; Azhar, 2008) artan tuz seviyesine bağlı olarak bitki boylarında önemli azalmaların meydana geldiğini, topraktaki tuz seviyesinin yükselmesine paralel olarak bitkilerde bodurlaşmanın gözlemlendiğini ve bu veriler ışığında kinoanın pek çok kültür bitkinin dayanamadığı yüksek tuz oranına sahip topraklarda hayatta kalabildiğini belirtmişlerdir. Gómez-Pando et al. (2010), 25 dS m⁻¹lik tuz yoğunluğundaki topraklarda kinoa bitkisinin bazı çeşitlerinde, bitki boylarının kontrol grubuna (0 dS m⁻¹) göre %6 oranında azaldığını, 30 dS m⁻¹lik tuz seviyesinde ise %60'lık bir azalmanın gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Bulgularımız, artan tuz dozlarının kinoa bitkisinde bitki boy uzamasını engellediğini bildiren Wilson et al. (2002) ve Gómez-Pando et al. (2010)'ın sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

Genel olarak artan tuz yoğunluğuna bağlı olarak bitki boyunda azalma görülürken, yapılan araştırmalardan farklı sonuç elde eden araştırmacılar da olmuştur. Nitekim Algosaibi et al. (2015), dört farklı tuz seviyesinde (1.25-4-8-16 dS m⁻¹) yetiştirdikleri kinoda, 61 cm'lik en yüksek bitki boyunu 8 dS m⁻¹ tuz yoğunluğunda, 53 ve 54 cm'lik en düşük boy değerlerini ise sırasıyla 4 ve 16 dS m⁻¹ tuz seviyelerinde saptadıklarını bildirmişlerdir.

Dal sayısı: İstatistiki analiz sonuçları; tuz yoğunluklarının bitki başına dal sayısı üzerine önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Çizelge 2'in dal sayısı kısmı incelendiğinde, en yüksek dal sayısı 8 adet/bitki ile 75 mM tuz yoğunluğundan elde edilmiş, onu istatistiki olarak aynı grupta yer alan 0 mM tuz seviyesi 7.5 adet/bitki ile takip etmiştir. En düşük dal sayısı ise 4 adet/bitki ile 300 mM ve 375 mM tuz dozu içeren saksılardan elde edilmiştir. Çalışmamızda, kinoaya uygulanan tuz yoğunluğu yükseldikçe, yani 0 mM'den 375 mM yoğunluğa doğru gidildikçe, bitki başına oluşan dal sayısının düştüğü izlenmiştir.

Hariadi et al., (2011), altı farklı tuz seviyesinde (0-100-200-300-400-500 mM NaCl) yetiştirdikleri kinoada, 0-100 mM seviyelerinde 90 cm'ye varan uzunluktaki dalların, 500 mM NaCl yoğunluğunda sadece birkaç tane olduğunu ve 40 cm'ye kadar uzayabildiğini bildirmişlerdir. Bu veriler ışığında artan tuz seviyesine bağlı olarak kinoada sadece dal sayılarının değil, dal uzunluklarının da olumsuz yönde etkilendiği anlaşılmaktadır.

Gómez-Pando et al. (2010), kinoa bitkisi ile yapmış oldukları çalışmada yüksek tuz yoğunluklarının bitkinin

kök gelişimini olumsuz yönde etkilemesine karşılık, yaşam döngüsü uzunluğuna belirgin bir şekilde etkisinin olmadığını fakat bitki boyunda genel olarak bir kısalma oluşurken dal sayısında da önemli azalmalar meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Salkım sayısı: Analiz sonuçlarına göre, bitki başına düşen en yüksek salkım sayısı 23.8 adet ile 75 mM tuz yoğunluğunda sağlanırken, 375 mM NaCl yoğunluğunda ise en düşük (3.0 salkım/bitki) salkım sayısı elde edilmiştir (Çizelge 2). Bulgularımız, kinoa bitkisine uygulanan tuz yoğunlukları arttıkça bitki başına düşen salkım sayısının azaldığını ortaya koymaktadır.

Pek çok araştırmacı (Jacobsen et. al., 2001-2003; Adolf et. al., 2013), artan tuz yoğunluklarında kinoa büyümesi ve gelişimi ile yeni sürgün oluşumunun olumsuz yönde etkilenmesi nedeniyle salkım üretiminde de azalmaların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Nitekim Munns ve Rawson (1999), kinoa yetiştirilen topraklarda tuz seviyesinin yükselmesi ile generatif organ payının düştüğünü ve olgunluk döneminin uzadığını belirtmişlerdir.

1000 tane ağırlığı: Bin tane ağırlığı (BTA) değerlerine uygulanan istatistiki analiz sonuçları, farklı tuz yoğunluklarının bu özellik üzerine önemli etkilerinin olmadığını göstermiştir. Çizelge 2'in BTA kısmı incelendiğinde, ortalama BTA değeri 5.40 g olarak bulunmuştur.

Algosaibi et al. (2015), dört farklı tuz yoğunluğunda (1.25-4-8 ve 16 dS m⁻¹) kinoayla yapmış oldukları çalışmada, 3.49 g'lık en yüksek BTA'nın 1.25 dS m⁻¹ tuz yoğunluğunda, 2.79 g'lık en düşük BTA'nın ise 4 dS m⁻¹ tuz seviyesinde kaydedildiğini bildirmişlerdir. 8 ve 16 dS m⁻¹ tuz seviyelerinde ise BTA'nın yaklaşık 3 g olduğunu ve bu iki seviye arasındaki farkın önemli olmadığını da vurgulamışlardır.

Biyolojik verim (BV): Farklı tuz yoğunluklarının kinoa BV'i üzerinde önemli etkilerinin saptandığı çalışmamızda en yüksek BV 15.8 g/bitki ile 75 mM tuz yoğunluğunda, en düşük BV ise 3.0 g/bitki ile 375 mM tuz seviyesinde saptanmıştır (Çizelge 2). Bulgularımız, kinoa bitkisine uygulanan tuz yoğunlukları arttıkça bitki başına düşen BV'in azaldığını ortaya koymuştur. Ayrıca kontrol grubundan elde edilen BV'in, 75 mM'luk tuz yoğunluğuna göre daha düşük seviyede olduğu da göze çarpmaktadır.

Nitekim birçok araştırmacı, çok düşük tuz seviyelerinde yetiştirilen pek çok kültür bitkisinde, hiç tuz bulunmayan ortamlara göre daha yüksek verim ve kalitede ürün aldıklarını bildirmişlerdir (Bhargava et al., 2007; Bhargava et al., 2008).

Eisa et. al. (2012), altı farklı tuz seviyesinde (0-100-200-300-400-500 mM NaCl) yetiştirdikleri kinoda, 100 mM NaCl seviyesinde yaklaşık 120 g olan yaş ağırlığın tuz yoğunluğu arttıkça düştüğünü ve 500 mM düzeyinde yaklaşık 20 g olduğunu bildirmişlerdir. Wilson et. al. (2002) ve Koyro et. al. (2008) da çalışmalarında, artan tuz seviyelerine bağlı olarak kinoa bitkisinin yaş ve kuru ağırlık değerlerinde önemli azalışlar olduğunu belirtmişlerdir.

Hasat indeksi (HI): Yapılan analizler sonucunda HI üzerinde tuz seviyelerinin önemli etkilerinin bulunduğu anlaşılmıştır (Çizelge 2). En yüksek HI değerleri sırasıyla 225 mM (%23.8) ve 75 mM (%22.5) tuz yoğunluklarında elde edilirken, en düşük HI (%2.2), beklendiği gibi, 375 mM NaCl seviyesinde belirlenmiştir. Çalışmamızda ilk dört tuz seviyesinde nispeten birbirlerine yakın düzeyde bulunan hasat indeksinin 300 mM'den sonra önemli derecede düştüğünü gözlenmiştir.

Hariadi et al. (2011), kinoada en iyi büyüme ve gelişmenin 100-200 mM'luk NaCl yoğunluğunda meydana geldiğini, Jacobsen et al. (2003) ise, orta düzey tuzlu koşullar altında (~10-20 dS/m NaCl) kinoanın BV, tohum verimi ve HI'nin, hiç tuz olmayan ortama göre daha yüksek değerler elde edildiğini vurgulamışlardır. Bulgularımız, bu araştırmacıların sonuçları ile uyum içerisindedir. Zira araştırmamızda 0-75-150-225 mM tuz seviyelerinde nispeten birbirlerine yakın düzeyde bulunan HI'nin, 300 mM'den sonra önemli derecede düştüğü saptanmıştır.

Tane verimi: Deneme verilerine uygulanan analiz sonucunda, tane verimi üzerine tuz seviyelerinin önemli etkisinin bulunduğu anlaşılmıştır (Çizelge 2). En yüksek tane verimi 3.55 g/bitki ile 75 mM NaCl yoğunluğunda, en düşük tane verimi ise 0.07 g ve 0.40 g/bitki ile 375 ve 300 mM NaCl seviyelerinde kaydedilmiştir. Bulgularımız, kinoanın yetiştirildiği saksılarda tuz seviyelerindeki artışa bağlı olarak tane veriminin önemli düzeyde azaldığını göstermiştir.

İki farklı tuz ortamında (NaCl ve Na₂SO₄), dört farklı kinoa (Colorado 407D, UDEC-1, Baer, QQ065) çeşidini, dört değişik yoğunlukta (0-8-16-32 dS m⁻¹) yetiştiren Peterson ve Murphy (2015), NaCl ortamında 0-8 dS m⁻¹ dozunda 13-14 g/bitki olan ortalama tane veriminin, 32 dS m⁻¹ de 8 g'a düştüğünü, Na₂SO₄ tuz ortamında ise; aynı dozlarda, bitki başına 14-15 g olan tohum veriminin 32 dS m⁻¹ seviyesinde 12,5 g'a azaldığını belirlemişlerdir.

Gómez-Pando et al. (2010) ve Pe'rez et al.(1990) tuz stresi altında yetiştirilen kinoada tane verimlerinin kontrol uygulamasına göre yaklaşık %5-81 oranında düştüğünü belirtmişlerdir. Eisa et. al. (2012) altı farklı

tuz seviyesinde (0-100-200-300-400-500 mM NaCl) yetiştirdikleri kinoada, en yüksek tane veriminin 9.5 g/bitki ile kontrol grubunda elde edildiğini, 100 ve 200 mM NaCl seviyelerinde ise 8 g/bitki'ye düşen tohum veriminin artan tuz seviyesi ile birlikte azaldığını hatta 500 mM NaCl seviyesinde 1 g/bitki'nin altına düştüğünü bildirmişlerdir.

Bulgularımız "Q-52" isimli kinoa çeşidinin, 300 mM NaCl seviyesinden sonra da hayatta kaldığını ancak yarım gramın altında tohum üreterek, ekonomik bir üretim yapılamayacağını ortaya çıkarmıştır. Zira pek çok araştırmacının kinoa bitkisinin 500 mM düzeyindeki tuz yoğunluğuna sahip topraklarda hayatta kalabildiğini (Jacobsen et al., 2003; Koyro et. al., 2008) ancak tane veriminde önemli azalmalar meydana geldiğini veya hiç tohum bağlamadığını ifade etmeleri (Hariadi et al., 2011; Peterson, 2013), bulgularımızı desteklemektedir.

Tane ham protein (HP) oranı: Yapılan istatistik analizler, kinoa tanesinin HP oranı üzerine tuz yoğunluklarının önemli etkilerinin olduğunu göstermektedir (Çizelge 2). En yüksek HP oranı %18.5 ve %18.4 ile sırasıyla 0 ve 75 mM tuz seviyesinde kaydedilirken, en düşük HP orana ise %10.8 ile 375 mM tuz düzeyinde ulaşmıştır. Çalışmamızda artan tuz yoğunluğunun kinoa tane HP oranını olumsuz etkilediği, bir başka ifadeyle azalmalara neden olduğu saptanmıştır.

Koyro et al., (2008), farklı tuz yoğunluklarında (0-100-200-300-400-500 mM) yetiştirdikleri kinoa bitkisinde, %12.2 oranında HP değerini kontrol grubunda elde ederken, 100 mM tuz seviyesinde %11.7'ye, 200 mM de %11.3'e düştüğünü ancak 300 mM seviyesinde %12.6, 400 mM de %12.8'e yükselirken, 500 mM seviyesinde ise %15.9 oranına ulaştığını belirlemişlerdir. Ruffino et al. (2010), Sajama isimli kinoa çeşidiyle yürüttükleri bir çimlendirme çalışmasında, kontrol uygulamasında altıncı günde %12.5 olan HP oranının 250 mM tuz konsantrasyonunda %6.8'e düştüğünü gözlemlemişlerdir.

Bilindiği gibi, suyun osmotik olarak tutulmasından kaynaklanan tuzluluk stresinde bitki, tuz yoğunluk artışına bağlı olarak, daha az su ve besin maddesi almakta dolayısıyla hücre protoplazmasında iyon dengesizliği ortaya çıkmakta ve sonuç olarak protein sentezi engellenerek HP oranı düşmektedir (Türkan, 2008). Bu durum çalışmamızda da net bir şekilde saptanmış, yüksek NaCl yoğunluklarında bulunan bitkilerden en düşük HP oranı elde edilmiştir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Kontrollü şartlar altında bir saksı denemesi şeklinde yürütülen bu çalışmamızda, farklı tuz yoğunluklarında (0-75-150-225-300-375 mM NaCl) yetiştirilen Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisinin "Q-52" çeşidinin, 75 mM'den itibaren artan tuz (NaCl) dozlarında, tane verimi ve verim özelliklerinin önemli derece ve olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir. Ancak pek çok kültür bitkisinin hayatta dahi kalamayacağı tuz seviyesini temsil eden 375 mM NaCl seviyesinde bu bitkinin yaşamını sürdürebilmesi kinoa bitkisinin tuza dayanımının ne kadar yüksek olduğunu bir kere daha ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR

- Abdel-Ghani, A.H. 2008. Response of wheat varieties from semi-arid regions of Jordan to salt stress., J. Agron. Crop Sci.195:55–65.
- Adolf, I.V., S.E. Jacobsen and S. Shabala. 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Environmental and Experimental Botany 92:43–54.
- Algosaibi, A.M., M.M. El-Garawany, A.E. Badran and A.M. Almadin. 2015. Effect of irrigation water salinity on the growth of quinoa plant seedlings, Journal of Agricultural Science, 7(8):205-214.
- Azhar, F.M. 2008. The response of four sorghum accessions/cultivars to salinity during plant development., J. Agron. Crop Sci. 163:33–43.
- Bhargava, A., S. Shukla and D. Ohri. 2007. Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Field Crops Research 101:104–116.
- Bhargava, A., S. Shukla and D. Ohri. 2008. Genotype x environment interaction studies in *Chenopodium album* L.: An underutilized crop with promising potential, Communications in Biometry and Crop Science, 3(1):3–15.
- Eisa, S., S. Hussin, N. Geissler and H.W. Koyro. 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.
- Flowers, T.J. 2004. Improving crop salt tolerance, J. Exp. Bot. 55:307–319.
- Geren, H., Y.T. Kavut, G.D. Topçu, S. Ekren ve D. İstipliler. 2014. Akdeniz iklimi koşullarında yetiştirilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da farklı ekim zamanlarının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkileri, Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 51(3):297-305.
- Geren, H., Y.T. Kavut ve M. Altınbaş. 2015. Bornova ekolojik koşullarında farklı sıra arası uzaklıkların kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 52(1):69-78.
- Geren, H. and H. Geren. 2015. A preliminary study on the effect of different irrigation water levels on the grain yield and related characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), 26th International Scientific-Expert Conference of Agriculture and Food Industry, Sarajevo, 27-30 September 2015, Book of Abstracts, p:129.
- Geren, H. 2015. Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions, Turk J Field Crops, 20(1):59-64.
- Geren, H. ve Z. Dumanoglu. 2015. Kinoa yetiştiriciliği, Agromedy, Tem-Agus., 3(17):74-76.
- Ghoulman, C., A.Foursy and K. Fares. 2002. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars, Environ. Exp. Bot. 47:39–50.
- Go´mez-Pando, L.R., R.A´lvarez-Castro and A.Eguiluz-de la Barra. 2010. Effect of salt stress on Peruvian germplasm of *Chenopodium quinoa* Willd.: A promising crop, J. Agronomy & Crop Science, 196:391–396.
- Hariadi, Y., K. Marandon, Y. Tian, S.E. Jacobsen and S. Shabala. 2011. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels, J. Expt. Bot. 62:185–193.
- Iqbal, M.A. 2015. An assessment of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) potential as a grain crop on marginal lands in Pakistan, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 15(1):16-23.
- Islam, S., A. Malik, M. Islam and T. Colmer. 2007. Salt tolerance in a *Hordeum marinum*-*Triticum aestivum* amphiploid and its parents, J. Exp. Bot., 58:1219–1229.
- Jacobsen, S.E., H. Quispe and A. Mujica. 2001. Quinoa: An alternative crop for saline soils in The Andes, Scientists and Farmer-Partners in Research for the 21st Century, CIP Program Report 1999–2000, pp:403–408.
- Jacobsen, S.E, A. Mujica and C.R. Jensen. 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors, Food Rev. Int., 19(1-2):99-109.
- Jancurová, M., L. Minarovičová and A. Dandár. 2009. Quinoa – A Review, Czech J. Food Sci., 27(2):71–79.
- Kaya, Ç.İ. 2010. Akdeniz Bölgesinde damla sistemiyle tatlı ve tuzlu su kullanılarak uygulanan farklı sulama stratejilerinin kinoa bitkisinin verimiyle toprakta tuz birikimine etkileri ve Saltmed Modelinin test edilmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Konishi, Y., S. Hirano, H. Tsuboi and M. Wada. 2004. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds, Biosci. Biotechnol. Biochem., 68(1):231-234.

- Koyro, H.W. and S.S. Eisa. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd., Plant Soil, 302:79–90.
- Koyro, H.W., S.S. Eisa and H. Lieth. 2008, Salt tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd., grain of the Andes: influence of salinity on biomass production, yield, composition of reserves in the seeds, Water and Solute Relations, Mangroves and Halophytes: Restoration and Utilisation, 133-145, H.Lieth et al.(eds.), © Springer Science + Business Media B.V.
- Koyun, S. 2013. Güvenli Gıda: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Mesleki Bilimler Dergisi, 2(2):85-88.
- Kuhn, M., S. Wagner, W. Aufhammer, J.H. Lee, E. Kübler and H. Schreiber. 1996. Einfluß von pflanzenbaulicher Maßnahmen auf die Mineralstoffgehalte von Amaranth, Buchweizen, Reismelde und Hafer. Dt Lebensm Rundschau, 92:147-152.
- Munns, R. and H. Rawson. 1999. Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. Aust. J. Plant Physiol. 26, 459–464.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress, plant, cell and environment 25, 239–250.
- Pearsall, D. M. 1992. The origins of plant cultivation in South America, In: C.W. Cowan, P. J. Watson (Eds.), The Origins of Agriculture. Smithsonian Institute Press, Washington, DC, pp:173-205.
- Pe´rez, R., J.L. Rodrı´guez and M. Ortega. 1990. Efecto de la salinidad y sequi´a en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Agrociencia 1, 15–37.
- 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 University Department of Crop and Soil Science, Washington.
- Peterson, A.J. and K. Murphy. 2015. Tolerance of Lowland quinoa cultivars to sodium chloride and sodium sulfate salinity, Crop Sci. 55:331–338, Vol. 55, January–February 2015.
- Repo-Carrasco, R.C., Espinoza and S.E. Jacobsen. 2003. Nutritional value and use of The Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), Food Reviews International 19 (1 and 2), 179-189.
- Romero-Aranda, R., T. Soria, and J. Cuartero. 2001. Tomato plant water uptake and plant water relationships under saline growth conditions, Plant Sci. 160, 265–272.
- Ruffino, A.M.C., M. Rosa, M. Hilal, J.A. González and F.E. Prado. 2010. The role of cotyledon metabolism in the establishment of quinoa (*Chenopodium quinoa*) seedlings growing under salinity, Plant Soil 326: 213–224.
- Ruiz-Carrasco, K., F. Antognoni, A.K. Coulibaly, S. Lizardi, A. Covarrubias, E.A. Martı´nez, M.A. Molina-Montenegro, S. Biondi and A. Zurita-Silva. 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 Physiology and Biochemistry, 49, 1333-1341.
- Tan, M. ve Z. Yöndem. 2013. İnsan ve hayvan beslenmesinde yeni bir bitki: kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Alınteri, 25(B) 62-66, ISSN:1307-3311.
- Türkan, İ. 2008. Bitki Fizyolojisi 3, Baskıdan çeviri (Plant Physiology, Taiz, L., Zeiger, E.) Palme Yayınları: 455, ISBN 978-9944-341-61-5 s: 690, Ankara.
- Vilche, C., M. Gely and E. Santalla. 2003. Physical properties of quinoa seeds, Biosystems Engineering, 86: 59–65.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metotlar, Toprak ve Gübre Araş. Enstitüsü Yayınları No:121, Ankara.
- Ward, S.M. 2000. Response to selection for reduced grain saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Field Crop. Res.68, 157–163.
- Weber, E.J. 1978. The Inca's ancient answer to food shortage, Nature 272:486.
- Wilson, C., J.J. Read and E. Abo-Kassem . 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.