

Sebiha EROL^{1a*}

Emine BUDAKLI ÇARPICI^{2a}

¹Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa

²Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,
Bursa

^{1a}ORCID: 0000-0002-7906-3367

^{2a}ORCID: 0000-0002-2205-2501

*Sorumlu yazar:

sebihaerol3@gmail.com

DOI

<https://doi.org/10.46291/ISPECJASv015iss4pp910-918>

Alınış (Received): 31/05/2021

Kabul Tarihi (Accepted): 30/06/2021

Anahtar Kelimeler

Polietilen glikol, tuz stresi, çimlenme, kinoa, tuza tolerans indeksi

Keywords

Polyethylene glycol, salt stress, germination, quinoa, salt tolerance index

Tuz Stresi Koşullarında PEG Ön Uygulamalarının Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın Çimlenme Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Özet

Bu çalışma, tuz stresinde polietilen glikol (PEG) ön uygulamalarının kinoa'nın çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin incelemek amacıyla yürütülmüştür. Denemede bitki materyali olarak kinoa'nın Kankolla çeşidi kullanılmış ve farklı PEG ön uygulamaları (kontrol, -1 bar, -2 bar, -3 bar ve -4 bar) ile tuz konsantrasyonları (0 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM ve 500 mM) ele alınmıştır. Araştırma Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bitki Fizyolojisi Laboratuvarı'nda tesadüf parselleri deneme deseninde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; incelenen özelliklerden çimlenme yüzdesi, kökçük uzunluğu, kökçük yaş ağırlığı, sapçık yaş ağırlığı ve tuza tolerans indeksi bakımından en yüksek değerler -3 bar PEG ön uygulaması x 200 mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir. Ortalama çimlenme süresi üzerine PEG ön uygulaması x tuz konsantrasyonu etkisi önemsiz olmuştur. Tuzlu koşullarda (200 mM NaCl) başarılı bir çıkış ile iyi bir kökçük ve sapçık gelişiminin sağlanması amacıyla -3 bar PEG uygulaması önerilebilir.

Determination of the Effects of PEG Primings on Germination Properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Under Salt Stress Conditions

Abstract

This study was carried out to examine the effects of polyethylene glycol (PEG) applications on the germination properties of quinoa under salt stress. Kankolla quinoa variety was used as plant material in the experiment and different PEG primings (control, -1 bar, -2 bar, -3 bar and -4 bar) and salt concentrations (0 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM and 500 mM) were used. The research was carried out in a randomized plot design with three replications in Bursa Uludağ University Faculty of Agriculture, Field Crops Department, Plant Physiology Laboratory. According to the results obtained from the research; the highest values in terms of germination percentage, root length, root fresh weight, shoot fresh weight and salt tolerance index were obtained from -3 bar PEG priming x 200 mM NaCl application. The interaction effect of PEG pretreatment x salt concentration on mean germination time was insignificant. In saline conditions (200 mM NaCl), -3 bar PEG application may be recommended in order to ensure successful emergence, good root and shoot development.

GİRİŞ

Geniş bir adaptasyon kabiliyetine sahip olması nedeniyle çok farklı coğrafik koşul ve rakımlarda yetişebilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisi son yıllarda giderek daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Orijini Güney Amerika'nın And dağları olan kinoa, yüksek vitamin, mineral, protein ve antioksidan içeriğinden dolayı tercih edilen bir bitkidir (Vega-Galvez ve ark., 2010). Aslında gerçek bir tahıl olmayan kinoanın en önemli özelliği tanelerinin gluten içermemesidir (Geren ve ark., 2014). ABD'de son 10 yıldır yaygın olarak tüketilmekle birlikte Birleşmiş Milletler tarafından 2013 yılını "kinoa yılı" olarak ilan edilmiştir (Tan ve Yöndem, 2013). Kinoa, ülkemizde kinova, kuinoa veya kenva gibi isimlerle de anılmaktadır (Tan ve Temel, 2019). Kazayağgiller veya Ispanakgiller (Chenopodiaceae, yeni ismi ile Amaranthaceae) familyasına girmekte olup çift çenekli ve $2n=4x=36$ kromozomlu allotetraploid bir bitkidir (Akçay, 2017). Kinoa tek yıllık, tohumla çoğalan ve dallanmış kazık kök sistemine sahip olan otsu bir bitkidir. Bitkinin olgunlaşmasına bağlı olarak yaprak rengi yeşilden sarı, kırmızı ve mora doğru değişim göstermektedir (Tan ve Yöndem, 2013). Kinoanın kullanım alanı her geçen gün hızla artmaktadır. Kinoa gevrek olarak kahvaltı öğünlerinde, un haline getirilerek makarna ve ekmek yapımında, besleyicilik özelliği yüksek olmasından dolayı bebek maması endüstrisinde, pirinç gibi kullanılarak pilavı yapımında ve ayrıca taze yeşil hali salatalarda, yaprak kısımları ise sebze olarak değerlendirilebilmektedir. Gün geçtikçe kullanım alanı artan kinoa hayvan beslenmesinde de kaba yem kaynağı olarak tercih edilen alternatif bir bitki olarak ön plana çıkmaktadır (Tan ve Temel, 2019). Kinoanın en önemli özelliklerinden birisi toprak tuzluluğuna tahıllarda oranla daha dayanıklı olmasıdır (Tan ve Temel, 2019). Halofit bitkilerden biri olan kinoa yüksek toprak ve/veya sulama suyu tuzluluğuna karşı toleranslıdır. Özellikle tuza duyarlı ve toleranslı bitkilerin anatomik ve fizyolojik

yapıları benzer olmakla birlikte tuza toleranslı bitkiler tuz adaptasyonu ile ilgili mekanizmaları daha etkin kullanabilmektedirler (Beyazçiçek ve Yılmaz, 2020). Kinoa bitkisinde tuza dayanım bitkinin gelişme dönemlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genellikle kinoa tuzluluğun etkisinden; derin ve yoğun bir kök sistemi oluşturarak, yaprak alanını azaltarak, özel kesecikler oluşturarak ve stomalarını kapatarak kurtulabilmektedir. Kinoa tohumlarının tuzlu ortamlarda daha kolay çimlendiği, hatta bazı çeşitlerde bitki gelişmesi ve verimin, hafif-orta derece tuzlu topraklarda daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Akçay, 2017). Jensen ve ark. (2000) birçok kinoa çeşidinin deniz suyu seviyesinde tuz içeren ortamlarda (40 dS/m) dahi yetişebildiğini bildirmişlerdir. Panuccio ve ark. (2014), farklı tuz konsantrasyonlarının kinoanın çimlenmesi üzerine etkilerini incelediklerinde, kontrol şartlarında çimlenme yüzdesinin %100 olduğunu ve artan tuzlulukla (100, 200, 300 ve 400 mM) birlikte çimlenme yüzdesinin sırasıyla %100, %100, %95 ve %80 şeklinde değiştiğini tespit etmişlerdir. Eisa ve ark. (2012) kinoada bitki büyümesinin hafif tuz konsantrasyonlarında uyarıldığını ve en iyi bitki gelişiminin 100 mM NaCl konsantrasyonundan elde edildiğini bildirmişlerdir. Koyro and Eisa (2008), kinoada 500 mol/m^3 NaCl konsantrasyonunda çimlenmenin tamamen durduğunu belirlemişlerdir. Buna karşılık yapılan bazı çalışmalarda ise artan tuzluluk seviyelerinin (0, 100, 200, 300, 400 ve 500 mM NaCl) çimlenme yüzdesini sadece azalttığını, ancak çimlenmenin devam ettiğini ve çimlenme süresini uzattığını bildirmişlerdir (Kuşçu ve ark., 2017; Akçay ve Tan, 2018). Bu çalışmada; tuzlu koşullarda yapılacak yetiştiricilik açısından PEG ön uygulamasının çimlenme dönemindeki etkileri incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Bitki Fizyolojisi Laboratuvarı'nda tesadüf

parselleri deneme deseninde üç tekerrürlü olarak planlanmıştır. Denemede bitki materyali olarak Kankolla çeşidi kullanılmıştır. Denemede beş farklı PEG ön uygulaması (kontrol, -1 bar, -2 bar, -3 bar ve -4 bar) ile altı farklı tuz konsantrasyonu (0 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM ve 500 mM) faktör olarak ele alınmıştır. Çimlendirme öncesinde tohumlar %2'lik sodyum hipoklorit ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Tohumlar 7 dak. sodyum hipoklorit ile çalkalanmış ve ardından çeşme suyu ve saf su ile iyice yıkanmıştır (Herrera ve Pinto, 2009). Yüzey sterilizasyonu yapılan tohumlar farklı PEG konsantrasyonlarında 24 saat bekletilmiştir. Çözeltilerde 24 saat süreyle bekletilmiş tohumlar, önceki nem içeriklerine dönünceye kadar oda koşullarında 24 saat kurutma kağıtları üzerine alınarak kurutulmuştur. Tek katlı çimlendirme kağıtları bulunan petri kaplarına 25 adet tohum yerleştirilmiştir. Tek katlı çimlendirme kağıtlarına yerleştirilen tohumların üzerine 0 mM, 100 mM, 200 mM, 300 mM, 400 mM ve 500 mM tuz konsantrasyonlarındaki solüsyon dökülmüş ve buharlaşmayı engellemek amacıyla petrilere etrafı parafilm ile kapatılmıştır. Bu aşamadan sonra petrilere 25 ± 1 °C sıcaklığa ayarlı çimlendirme kabine konulmuş ve 7 gün sonra petrilere çimlenme yüzdesi (ÇY-%), ortalama çimlenme süresi (OÇS-gün), sapçık uzunluğu (SU-cm), kökçük uzunluğu (KU-cm), sapçık yaş ağırlığı (SYA-mg), kökçük yaş ağırlığı (KYA-mg) ve tuza tolerans indeksi (TTİ) gibi özellikler incelenmiştir. Ortalama çimlenme süresi (OÇS) (gün) $= [(1. \text{günde çimlenen tohum sayısı} \times 1) + (2. \text{günde çimlenen tohum sayısı} \times 2) + \dots + (n. \text{günde çimlenen tohum sayısı} \times n)] / \text{Toplam çimlenen tohum sayısı}$ eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır (Karagüzel ve ark., 2004). Tuza tolerans indeksi ise Bağcı ve ark.

(2007)'e göre belirlenmiştir. Sapçık ve kökçük yaş ağırlığını belirlemek amacıyla her bir petriden 10 sürgün alınmış, sapçık ve kökçük kısımlarına ayrıldıktan sonra cetvelle uzunluk ölçümleri yapılmış ve ardından terazide tartılıp 10 sürgünün ortalaması alınarak sapçık ve kökçük yaş ağırlıkları hesaplanmıştır (Demiroğlu Topçu ve Özkan, 2020). Tuza tolerans indeksi $= (Sx' \text{deki toplam kuru ağırlık} / S0' \text{daki toplam kuru ağırlık}) \times 100$

Eşitlikte, Sx: Tuz konsantrasyonu, S0: kontrol grubunu ifade etmektedir. Araştırmadan elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak varyans analizine tabi tutulmuştur (Turan, 1995). Bütün hesaplamalar bilgisayarda MINITAB ve MSTAT-C paket programlarından faydalanılarak yapılmıştır. Önemlilik testlerinde % 1 ve % 5, farklı grupların belirlenmesinde ise % 5 olasılık düzeyi kullanılmıştır. Farklı grupların belirlenmesinde LSD testinden yararlanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada tuz stresi koşullarında farklı PEG ön uygulamalarının kinoada çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, kökçük uzunluğu, sapçık uzunluğu, kökçük ve sapçık yaş ağırlığı ve tuza tolerans indeksi özelliklerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde farklı PEG ön uygulamaları arasında çimlenme yüzdesi ve kökçük yaş ağırlığı hariç incelenen diğer özelliklerde önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Farklı tuz konsantrasyonları kinoada incelenen tüm çimlenme özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir. Ön uygulama x tuz konsantrasyonu ikili etkileşimini incelendiğinde ise ortalama çimlenme süresi hariç incelenen tüm özelliklerde önemli ölçüde farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tuz stresi koşullarında farklı PEG ön uygulamalarının kinoada çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, kökçük ve sapçık uzunluğu, kökçük ve sapçık yaş ağırlığı ve tuza tolerans indeksi üzerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları (Kareler ortalaması)

Varyasyon Kaynağı	SD	ÇY	OÇS	KU	SU	KYA	SYA	TTİ
Ön Uygulama(ÖÜ)	4	22,4	0,1575*	2,523**	1,800**	0,3345	8,1613**	932,905**
Tuz (T)	5	8936,86**	3,099**	26,166**	24,4562**	3,2568**	114,626**	16886,5**
P x T	20	62,72*	0,0499	1,402**	0,54115**	0,56865**	4,24005**	680,476**
Hata	60	46,22	0,043	0,287	0,119	0,185	0,5740	96,420

SD: Serbestlik Derecesi, ÇY: Çimlenme yüzdesi, OÇS: Ortalama çimlenme süresi, KU: Kökçük uzunluğu, SU: Sapçık uzunluğu, KYA: Kökçük yaş ağırlığı, SYA: Sapçık yaş ağırlığı, TTİ: Tuza tolerans indeksi

*,** : Sırasıyla % 1 ve % 5 önemlidir, öd: önemsiz

Farklı PEG ön uygulamalarının kinoada çimlenme yüzdesi üzerine etkileri istatistiki anlamda önemsiz olmuş ve genel olarak çimlenme yüzdesi %76,89-79,56 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Tuz stresinin çimlenme yüzdesi üzerine etkileri incelendiğinde, tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak çimlenmenin azaldığı ve en yüksek tuz konsantrasyonunda çimlenme yüzdesinin kontrole oranla yaklaşık % 68 azaldığı tespit edilmiştir. Panuccio ve ark. (2014) tuz konsantrasyonunun artması ile çimlenme yüzdesinin azaldığını ancak bu azalışın çok yavaş olduğunu bildirmişlerdir. İkili interaksyonun çimlenme yüzdesi üzerine etkisi %5 olasılık düzeyinde önemli olmuş ve en yüksek çimlenme yüzdesi -3 bar PEG ön uygulaması x tuzsuz koşullar ile -2 bar PEG ön uygulaması x 100 mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2). Tuzun 100 ve 200 mM dozlarında PEG uygulamaları (-1, -2 ve -3 bar) başarılı sonuç vermiş ve çimlenmeyi artırmıştır. Çimlendirme aşamasında farklı maddeler kullanılarak yapılan ön uygulamaların etkili olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; Yang ve ark. (2018), tuz stresinin olumsuz etkilerini hafifletmek için % 10, % 15 ve % 25 saponin çözeltilerinin etkili olduğunu bildirmişlerdir. Oral ve ark. (2020) yüksek tuz dozlarında su alımının ve enzimatik aktivitenin yavaşlamasına bağlı olarak kinoada büyüme ve gelişmenin olumsuz etkilendiğini, GA₃ uygulamalarının ise tuzun bu olumsuz etkisini azalttığını tespit

etmişlerdir. Moreno ve ark. (2018), kinoada su ve PEG-6000 kullanılarak yapılan ön uygulamalarla 600 mM tuz konsantrasyonlarında bile çimlenme sağlanabildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar 300 mM tuz konsantrasyonunda su ve PEG (-1 MPa) ön uygulaması ile kontrole oranla daha yüksek çimlenme yüzdesinin elde edildiğini tespit etmişlerdir. Ortalama çimlenme süresi bakımından PEG ön uygulamaları arasındaki farklılıklar istatistiki anlamda önemli (p<0,05), tuz konsantrasyonları arasındaki fark ise çok önemli (p<0,01) olmuştur. İkili interaksyonların ise ortalama çimlenme süresi üzerine etkisi önemsiz çıkmıştır (Çizelge 1). PEG ön uygulamaları bakımından en kısa çimlenme süresi 4.74 gün ile -2 bar PEG, en uzun çimlenme süresi ise 4,94 ile -3 bar PEG uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2). Duar (2018), benzer su potansiyellerinde, ortalama çimlenme süresi üzerine tuzluluğun olumsuz etkisinin PEG çözeltilerinden daha az olduğunu ve -1,2 MPa PEG uygulamasında çimlenmenin tamamen durduğunu tespit etmiştir. Artan tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak kinoada ortalama çimlenme süresi artış göstermiş ve en uzun çimlenme süresi 5,43 gün ile 500 mM NaCl uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 2). Koyro and Eisa (2008) kinoada düşük tuzlu ortamlarda çimlenmenin hızlandığını, ancak yüksek seviyelerde su alımı engellendiği için çimlenme süresini uzadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Kinoada tuz stresi koşullarında farklı PEG uygulamalarından elde edilen çimlenme yüzdesi (%) ve ortalama çimlenme süresine (gün) ait ortalama değerler

Tuz stresi (NaCl-mM)	Priming (bar)					Ort.
	Kontrol	-1	-2	-3	-4	
Çimlenme Yüzdesi (%)						
0	98,67 a	94,67 a-d	97,33 ab	100,00 a	92,00 a-e	96,53 a
100	89,33 a-f	96,00 a-c	100,00 a	86,67 b-g	86,67 b-g	91,73 ab
200	85,33 c-h	90,67 a-e	90,67 a-e	97,33 ab	89,33 a-f	90,67 b
300	81,33 e-j	86,67 b-g	85,33 c-h	78,67 f-j	84,00 d-ı	83,20 c
400	76,00 g-j	72,00 j	72,00 j	73,33 ij	74,67 h-j	73,60 d
500	30,67 kl	21,33 l	32,00 kl	32,00 kl	37,33 k	30,67 e
Ort.	76,89	76,89	79,56	78,00	77,33	
Ortalama Çimlenme Süresi (gün)						
0	4,23	4,20	4,37	4,33	4,30	4,29 f
100	4,47	4,40	4,30	4,60	4,47	4,45e
200	4,47	4,70	4,70	4,70	4,53	4,62 d
300	5,10	5,03	4,93	5,10	5,03	5,04 c
400	5,23	5,13	4,97	5,37	5,37	5,21b
500	5,13	5,47	5,17	5,73	5,63	5,43 a
Ort.	4,77 bc	4,82 bc	4,74 c	4,97 a	4,89 ab	

Kökçük uzunluğu üzerine PEG ön uygulamaları, tuz konsantrasyonları ve PEG ön uygulaması x tuz konsantrasyonu interaksyonunun etkisi istatistiki açıdan çok önemli ($p<0,01$) olmuştur (Çizelge 1). PEG ön uygulamaları incelendiğinde, en uzun kökçük 2,49 cm ile -3 bar PEG, en kısa ise 1,56 cm ile -4 bar PEG uygulamasında belirlenmiştir. -3 bar PEG uygulaması kontrole oranla kökçük gelişimini önemli ölçüde artırmıştır. Oral ve ark. (2020) GA₃ ön uygulamasının kinoada kökçük uzunluğunu artırdığını ve en uzun kökçüğün 7,78 cm ile 300 ppm GA₃ uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir. Tuz konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde; en uzun kökçük 3,77 cm ile 200 mM NaCl, en kısa ise 0,48 cm ile 500 mM NaCl uygulamasında belirlenmiştir. Tuz uygulamasındaki artış başlangıçta kökçük gelişimini olumlu yönde etkilemiş, ancak 200 mM NaCl dozundan sonra kök gelişimi gerilemeye başlamıştır. Ruiz-Carrasco et al., (2011) kinoa genotiplerinde kökçük uzunluğunun 150 mM NaCl uygulamasına kadar etkilenmediğini, 300 mM dozunda ise azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Akçay ve Tan (2019), tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak kökçük

uzunluğunda önemli seviyede gerilemelerin olduğunu ve kontrol grubunda 8,3 cm olan kökçük uzunluğunun 500 mM konsantrasyonunda 6,10 cm olduğunu bildirmişlerdir. Beyazçiçek ve Yılmaz (2020), tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak kökçük uzunluğunun kontrole oranla 400 mM tuz konsantrasyonunda yaklaşık % 81 azaldığını tespit etmişlerdir. İkili interaksyonlar incelendiğinde en uzun kökçük 5,27 cm ile -3 bar PEG ön uygulaması x 200 mM NaCl uygulamasında belirlenmiştir. 100 ve 200 mM NaCl tuz uygulamalarında PEG ön uygulamaları kökçük uzunluğunda önemli ölçüde artışlara neden olmuş ancak bu pozitif etki 400 ve 500 mM NaCl tuz uygulamalarında etkisini kaybetmiştir. GA₃ ön uygulamasının tuzlu koşullarda kökçük gelişimini inceleyen Oral ve ark. (2020), artan tuz konsantrasyonlarında GA₃ dozlarındaki artışa bağlı olarak kökçük uzunluğunun arttığını bildirmişlerdir. Sapçık uzunluğu üzerine PEG ön uygulamaları, tuz konsantrasyonları ve PEG ön uygulaması x tuz konsantrasyonu interaksyonunun etkisi istatiki açıdan çok önemli ($p<0,01$) çıkmıştır (Çizelge 1). PEG ön uygulamaları kinoada sapçık

uzunluğunu olumsuz yönde etkilemiş ve artan dozlara bağlı olarak sapçık uzunluğu azalmıştır. Tuz konsantrasyonları bakımından en uzun sapçık 2,92 cm ile 100 mM NaCl, en kısa ise 500 mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir. Denemede ele alınan en yüksek tuz konsantrasyonu olan 500 mM NaCl uygulamasında kökçük gelişimi devam ederken sapçık gelişimi tamamen durmuştur. Bu durum stres koşullarında bitkilerin toprak üstü gelişimlerinin toprak altı organlarının gelişimine oranla daha fazla etkilenmesinden ileri gelmektedir (Arslan ve Aydınoglu, 2019; Şen ve ark., 2021). Ayrıca, Mahdavi ve Sanavy (2007), bitkinin yaşam ortamında bulunan tuzun osmotik su potansiyelini azalttığını ve bu durumda bitkilerde su stresinin oluşmasına neden olduğunu ve stresin artmasıyla birlikte sapçık uzunluğunun azaldığını bildirmişlerdir. Beyazçiçek ve Yılmaz (2020), artan tuzluluğun sapçık uzunluğunu olumsuz etkilediğini ve 400 mM NaCl tuz konsantrasyonunda kontrole oranla sapçık uzunluğunun yaklaşık % 87 azaldığını bildirmişlerdir. İkili interaksyonda en yüksek sapçık uzunluğu 4,30 cm ile PEG ön uygulaması ve tuz konsantrasyonlarının kontrol uygulamasında belirlenmiştir. PEG ön uygulamalarında sap gelişimi başlangıçta artan tuz konsantrasyonlarından daha az etkilenmiş olmakla birlikte 400 ve 500 mM NaCl uygulamalarında sapçık gelişimi tamamen durmuştur (Çizelge 3). Oral ve ark. (2020) tuzlu koşullarda GA₃ ön uygulamasının sapçık uzunluğunu arttırdığını ve en uzun sapçığın 10.78 cm ile 100 mM NaCl x 200 ppm GA₃ uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir. Kökçük yaş ağırlığı üzerine tuz konsantrasyonları ile PEG ön uygulaması x tuz konsantrasyonu interaksyonunun etkisi istatistiki açıdan çok önemli (p<0,01) çıkmıştır (Çizelge 1). İstatistiki açıdan önemsiz olan PEG ön uygulamaları bakımından kökçük yaş ağırlığı genel

olarak 1,08-1,43 mg arasında değişim göstermiştir. Tuz konsantrasyonlarında artış başlangıçta kök yaş ağırlığında önemli bir değişime neden olmamış ancak 200 mM NaCl dozundan sonraki dozlar kök gelişimini olumsuz etkilemiştir (Çizelge 3). Hariadi ve ark. (2011), 100 mM NaCl konsantrasyonunda kökçük uzunluğunun kontrole göre daha yüksek olduğunu ancak konsantrasyonun artmasına bağlı olarak kökçük gelişiminin olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Sapçık yaş ağırlığı üzerine PEG ön uygulamaları, tuz konsantrasyonları ve PEG ön uygulaması x tuz konsantrasyonu interaksyonunun etkisi istatistiki açıdan çok önemli (p<0,01) çıkmıştır (Çizelge 1). PEG ön uygulamaları sapçık uzunluğunda olduğu gibi sapçık yaş ağırlığı üzerinde de negatif etki göstermiş ancak artan PEG ön uygulamaları arasındaki farklılıklar önemsiz olmuştur. Tuz konsantrasyonlarının etkisi incelendiğinde ise en yüksek sapçık yaş ağırlığı 6.80 mg ile 100 mM NaCl uygulamasında tespit edilmiş ve 500 mM NaCl dozunda ise sapçık gelişimi tamamen durmuştur. Hariadi ve ark. (2011) 100, 200 ve 300 mM NaCl dozlarının sapçık gelişimi önemli ölçüde arttırdığını, 500 mM NaCl dozunda bitki gelişiminin devam ettiğini ve sapçık ağırlığının kontrole oranla % 20 azaldığını tespit etmişlerdir. Beyazçiçek ve Yılmaz (2020), en yüksek bitki yaş ağırlığının 100 mM NaCl, en düşük ise 400 mM NaCl dozundan elde edildiğini bildirmişlerdir. Kinoa da yapılan her iki çalışmada da en yüksek sapçık yaş ağırlığı 100 mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir. PEG ön uygulaması x tuz konsantrasyonu interaksyonunun etkisi incelendiğinde; 400 mM NaCl dozuna kadar artan tuz konsantrasyonlarında PEG ön uygulamalarının etkisi olumlu yönde olmuş ve en yüksek sapçık yaş ağırlığı 8,14 mg ile -3 bar PEG ön uygulaması x 200 mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kinoada tuz stresi koşullarında farklı PEG uygulamalarından elde edilen kökçük uzunluğu (cm), sapçık uzunluğu (cm), kökçük yaş ağırlığı (mg) ve sapçık yaş ağırlığına (mg) ait ortalama değerler

Tuz stresi (NaCl-mM)	Priming (bar)					Ort.
	Kontrol	-1	-2	-3	-4	
Kökçük Uzunluğu (cm)						
0	3,10 d-g	2,97 e-h	3,87 b-d	2,88 f-ı	1,33 k-m	2,83 b
100	2,17 h-k	4,03 bc	3,50 b-f	3,21 c-g	2,56 g-j	3,10 b
200	4,23 b	3,81 b-e	3,77 b-e	5,27 a	1,79 j-l	3,77 a
300	1,84 j-l	2,07 ı-k	1,81 j-l	2,50 g-j	2,61 g-j	2,17 c
400	0,81 mn	1,04 l-n	0,62 mn	0,66 mn	0,65 mn	0,76 d
500	0,52 mn	0,55 mn	0,47 mn	0,41 n	0,43 n	0,48 d
Ort.	2,11 b	2,41 ab	2,34 ab	2,49 a	1,56 c	
Sapçık Uzunluğu (cm)						
0	4,30 a	2,27 e-h	3,15 bc	1,76 hı	2,92 b-d	2,88 a
100	3,20 bc	3,33 b	2,79 b-e	2,68 c-e	2,58 d-f	2,92 a
200	2,87 b-d	2,37 d-g	2,58 d-f	2,71 c-e	1,73 hı	2,45 b
300	2,07 f-ı	1,93 g-ı	1,75 hı	1,68 ı	1,67 ı	1,82 c
400	0,96 j	0,00 k	0,80 j	0,00 k	0,00 k	0,35 d
500	0,00 k	0,00 k	0,00 k	0,00 k	0,00 k	0,00 e
Ort.	2,23 a	1,65 bc	1,85 b	1,47 c	1,48 c	
Kökçük Yaş Ağırlığı (mg)						
0	2,65 a	1,22 c-h	0,94 f-j	1,56 b-f	1,42 b-h	1,56 a
100	1,39 b-h	1,73 b-d	1,54 b-f	1,90 bc	2,08 ab	1,73 a
200	1,66 b-e	1,60 b-f	1,49 b-g	2,65 a	1,68 b-e	1,82 a
300	1,03 d-ı	1,08 d-ı	0,82 g-k	0,94 f-j	1,68 b-e	1,11 b
400	1,04 d-ı	1,31c-h	0,73 h-k	1,24 c-h	0,99 e-j	1,06 b
500	0,22 k	1,15 d-h	0,95 f-j	0,31 jk	0,40 ı-k	0,61 c
Ort.	1,33	1,35	1,08	1,43	1,38	
Sapçık Yaş Ağırlığı (mg)						
0	6,85 b-d	2,317 j	3,72 hı	3,15 ij	5,43 e-g	4,30 c
100	7,29 a-c	7,15 a-d	5,58 e-g	6,42 c-e	7,54 a-c	6,80 a
200	7,98 ab	5,39 e-g	5,92 d-f	8,14 a	4,80 f-h	6,45 a
300	4,85 f-h	5,34 e-g	5,26 e-g	5,19 e-g	4,59 gh	5,05 b
400	3,84 hı	0,00 k	2,72 ij	0,00 k	0,00 k	1,31d
500	0,00 k	0,00 k	0,00 k	0,00 k	0,00 k	0,00 e
Ort.	5,14 a	3,37 b	3,87 b	3,82 b	3,73 b	

Çimlendirme döneminde tespit edilen tuza tolerans indeksi üzerine PEG ön uygulamaları, tuz konsantrasyonları ve PEG ön uygulaması x tuz konsantrasyonu interaksyonunun etkisi istatistiki açıdan çok önemli ($p<0,01$) çıkmıştır (Çizelge 1). PEG ön uygulamaları tuza tolerans indeksini olumsuz yönde etkilemiş ve kontrole oranla artan PEG uygulamalarında

tuza tolerans indeksi giderek azalmış, ancak uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz olmuştur. Kinoada 100 ve 200 mM NaCl uygulamalarında tuza tolerans indeksi en yüksek olmuş ve artan dozlara bağlı olarak tolerans indeksi giderek azalmıştır. Araştırmada en yüksek tuza tolerans indeksi -3 bar PEG ön uygulaması x 200 mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kinoada tuz stresi koşullarında farklı PEG uygulamalarından elde edilen tuza tolerans indeksine ait ortalama değerler

Tuz stresi (NaCl-mM)	Priming (bar)					Ort.
	Kontrol	-1	-2	-3	-4	
0	100,00 ab	37,19 ı	49,02 hı	49,58 hı	72,18 d-f	61,59 b
100	91,40 bc	93,51 bc	74,99 d-f	87,54 b-d	101,19 ab	89,73 a
200	101,48 ab	73,54 d-f	78,07 d-f	113,51 a	68,21 ef	86,96 a
300	61,93 f-h	67,65 ef	64,03 e-h	64,60 e-h	66,07 e-g	64,86 b
400	51,31 g-i	13,75 j	36,38 ı	13,02 j	10,46 j	24,99 c
500	12,11 j	2,35 j	10,00 j	3,26 j	4,21 j	6,39 d
Ort.	68,08 a	49,63 b	52,08 b	55,25 b	53,72 b	

SONUÇ ve ÖNERİLER

PEG uygulamalarının tuzlu koşullarda kinoada çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin incelendiğinde çalışma sonucunda, çimlenme yüzdesi, kökçük uzunluğu, kökçük yaş ağırlığı, sapçık yaş ağırlığı ve tuza tolerans indeksi bakımından en yüksek değerlerin -3 bar PEG ön uygulaması x 200 mM NaCl uygulamasından elde edilmiştir. Ortalama çimlenme süresi üzerine PEG ön uygulaması x tuz konsantrasyonu interaksiyon etkisi ise önemsiz olmuştur. Tuzlu koşullarda (200 mM NaCl) başarılı bir çıkışın sağlanması, iyi bir kökçük ve sapçık gelişiminin sağlanması amacıyla -3 bar PEG uygulaması önerilebilir. Ancak bu uygulamanın fide aşamasındaki etkisinin araştırılması tuzlu alanlarda yapılacak yetiştiricilik açısından son derece önemlidir. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda PEG ön uygulamalarının fide dönemindeki etkisi de incelenmelidir.

KAYNAKLAR

Akçay, E. 2017. Farklı tuzluluk ve sulama seviyelerinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotiplerinde kök ve sürgün gelişmesine etkileri. Yüksek Lisans Tezi Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum.

Akçay, E., Tan, M. 2018. Farklı tuz konsantrasyonlarında kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'nın çimlenme özelliklerinin belirlenmesi. Alinteri Journal of Agriculture Sciences, 33(1): 85-91.

Akçay, E., Tan, M. 2019. Farklı tuzluluk seviyelerinin bazı kinoa (*Chenopodium*

quinoa Willd.) çeşitlerinde kök ve sürgün gelişmesine etkileri. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 50 (3): 292-298.

Arslan, M., Aydınoglu, B. 2019. Tuzluluk (NaCl) stresinin mürdümükte (*Lathyrus sativus* L.) çimlenme ve erken fide gelişme özelliklerine etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 7(1): 49-54.

Bağcı, S.A., Ekiz, H., Yılmaz, A. 2007. Salt tolerance of sixteen wheat genotypes during seedling growth. Turkish J. Agric. Forestry, 31: 363-372.

Beyazççek, H., Yılmaz, Ş. 2020. Bazı yabancı orjinli kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinde tuz stresinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. MKU. Tar. Bil. Derg. 25(2): 159-168.

Demiroğlu Topçu, G, Özkan, Ş.S. 2020. Effects of different salt sources and concentrations on germination parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.) seeds. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 4(3), 456-467.

Duar, I. 2018. Effects of hydro and hormonal priming on quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) seed germination under salt and drought stress. Pakistan Journal of Botany; 50(5): 1669-1673.

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.

Geren, H., Kavut, Y.T., Demiroğlu, Topçu G., Ekren, S., İştıpliler, D. 2014. Akdeniz iklimi koşullarında yetiştirilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.)'da

farklı ekim zamanlarının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 51(3): 297-305.

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 Exper. Bot. 62(1): 185–193.

Herrera, J.D., Pinto, M. 2009. Importance of Ionic and osmotic components of salt stress on the germination of four quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) selections. Chilean Journal of Agricultural Research, 69(4): 477-485.

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 Journal of Agronomy 13: 11-25.

Karagüzel, O., Cakmakçı, S., Ortacesme, V., Aydınoglu B. 2004. Influence of seed coat treatments on germination and early seedling growth of *Lupinus varius* (L.). Pakistan Journal of Botany, 36(1): 65-74.

Koyro, H.W., Eisa, S.S. 2008. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd.. Plant Soil, 302: 79–90.

Kuşçu, H., Çayğaracı, A., Ndayizeye, J.D. 2018. Tuz stresinin bazı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşitlerinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. U. Ü. Zir. Fak. Derg. 32(1): 89-99.

Mahdavi, B., Sanavy, S.A.M.M. 2007. Germination and seedling growth in grass pea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(2): 273-279.

Moreno, C., Seal, C.E., Papenbrock, 2018. Seed priming improves germination in saline conditions for *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus caudatus*. Agro Crop Sci., 204: 40–48.

Oral, E., Altuner, F., Tunçtürk, R., Baran, İ. 2020. Giberellik asit (GA₃) ön uygulamasına tabi tutulmuş kinoa

(*Chenopodium quinoa* Willd.) tohumunda tuz (NaCl) stresinin çimlenme özellikleri üzerine etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 23(2): 349-356.

Panuccio, M.R., Jacobsen, S.E., Akhtar, S.S., Muscolo, A. 2014. Effect of saline water on seed germination and early seedling growth of the halophyte quinoa. AOB Plants, 6.

Ruiz-Carrasco, K., Antognoni, F., Coulibaly, A.K., Lizardi, S., Covarrubias, A., Martinez, E.A., Molina-Montenegro, M.A., Biondi, S., ZuritaSilva, 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.

Şen, A., Başaran, U., Çopur-Doğrusöz, M., Gülümser, E., Mut, H. 2021. Alkali stresinin mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin fide gelişimi ve kalitesi üzerine etkisi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 8(2): 205-212.

Tan, M., Yöndem, Z. 2013. İnsan ve hayvan beslenmesinde yeni bir bitki: kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi, 25(2): 62-66.

Tan, M., Temel, S. 2019. Her yönüyle kinoa önemi, kullanılması ve yetiştiriciliği. İKSAD Publishing House, Ankara, Turkey. s. 182. ISBN: 978-605-7875-88-4.

Turan, Z.M. 1995. Araştırma ve Deneme Metodları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, No:62, 121 s., Bursa.

Vega-Galvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., Martinez, E.A. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient andean grain: a review. Journal of the Science Food Agriculture. 90: 25412547.

Yang, A., Akhtar, S.S., Zhijuan, Qi., S.I., Saddiq, M.S. 2018. Saponin seed priming improves salt tolerance in quinoa. J Agro Crop Sci. 204: 31–39.