

Farklı NaCl Konsantrasyonlarının Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinin Çimlenme Dönemindeki Etkileri

Sezen TOKSOY KÖSEOĞLU¹, Ali DOĞRU¹

¹ Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

Correspondance Author: Sezen TOKSOY KÖSEOĞLU

E-mail : sezentoksoy@sakarya.edu.tr

Received :01.01.2021

Accepted: 06.04.2021

ÖZET

Tuzluluk, dünya üzerindeki tarımsal alanlarda görülen en yaygın abiyotik stres faktörleri arasındadır. Bu çalışmada bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin çimlenme döneminde tuz stresine tepkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Araştırmada 7 adet ekmeklik buğday genotipi (Pamukova 97, Beşköprü, Metin, Bezostaya-1, Hanlı, Tahirova 2000, Momtchill) ve 5 farklı tuz konsantrasyonu (0, 50, 100, 150 ve 200 mM) kullanılmıştır. Uygulama Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'nde iki faktörlü ve 3 tekrarlı yürütülmüştür. Tuz uygulamaları sonucunda tohumlarda 24. saatteki su alım oranı, çimlenme gücü, çimlenme oranındaki azalma, radikula, koleoptil uzunluğu ve azalma oranları, radikula, koleoptil kuru ağırlığı ve azalma oranları, tuza tolerans indeksi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar tuz uygulamalarının incelenen tüm parametreleri olumsuz etkilediğini ve incelenen genotipler arasında tuzluluğa tepkide önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday, *Triticum aestivum*, Çimlenme, Tuz stresi

The Effects Of Different NaCl Concentrations in the Germination Period of Some Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes

ABSTRACT

Salinity is among the most common abiotic stress factors seen in agricultural areas around the world. In this study, it was aimed to determine the response of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to salt stress during germination. In the research, 7 bread wheat genotypes (Pamukova 97,

Beşköprü, Metin, Bezostaya-1, Hanlı, Tahirova 2000, Momtchill) and 5 different salt concentrations (0, 50, 100, 150 and 200 mM) were used. Application was carried out as Randomized Plots Design with two factors and three replications. As a result of salt application, the water intake rate at 24. hours, germination percentage, radicle and coleoptile length, radicle and coleoptile dry weight, salt tolerance index were calculated. The results obtained show that salt applications negatively affect all parameters examined and it reveals that there are significant differences in response to salinity among the genotypes studied.

Keywords: Bread wheat, *Triticum aestivum*, Germination, Salt stress.

1. GİRİŞ

Toprak tuzluluğu, dünya çapında yaklaşık 95 milyon hektarı etkileyen, mahsul üretimi için önemli bir kısıtlamadır [1]. Bu topraklar, kurak mevsimde toprak suyunun kılcal yükselmesi ve buharlaşması veya sulama sularının tuzluluğundan dolayı üst toprakta yüksek tuz konsantrasyonlarına maruz kalır. Bitkilerin tuza tolerans dereceleri türden türe değişiklik göstermektedir. Dünyada her yıl fazla miktarda arazinin tuzluluk nedeniyle kaybedilmesi tuzluluk faktörünün önemini daha da vurgulamaktadır. Ülkemizde yaklaşık 1,5 ha alanda tuzluluk sorunu görülmektedir. Bu da işlenen toprakların % 5,5'ine yakın bir değere denk gelmektedir. Yetersiz yağış ve yüksek buharlaşma tuzluluğun asıl sebepleri iken; okyanus etkileri ve kötü drenaj koşulları da toprakta tuzluluk oluşturmaktadır [2, 3].

Topraktaki tuz miktarı bitki gelişiminin farklı evrelerinde farklı etkilere sebep olduğu gibi, bu etkiler türden türe hatta bir türün farklı genotipleri arasında değişmektedir [3]. Kurak ve yarı kurak topraklarda çimlenmeyi etkileyen en önemli faktör tuzluluktur [4]. Tuzluluk tohum çimlenmesini engeller, nodül oluşumunu azaltır, bitki gelişimini geciktirir ve mahsul verimini düşürür [5]. Toprak tuzluluğunun mahsul üretimi üzerindeki zararlı etkilerini azaltmaya yönelik bir yaklaşım, tuza toleranslı çeşitlerin geliştirilmesidir [6].

Tuz stresi çalışan araştırmacılar bitkinin erken gelişim dönemleri üzerinde daha fazla durmaktadır [3, 7]. Bitkilerin çimlenme döneminde görülen tuz kaynaklı olumsuzluklar esas olarak tohumun su alımının engellenmesinden kaynaklanmaktadır [8]. Bunun yanında tuzlu topraklarda verimi azaltan diğer sebepler arasında; toprakta fazla miktarda bulunan Na^+ ve Cl^- gibi iyonlarının toksik etkisi, bitki iyon dengesinin bozulması, besin taşınımındaki sorunlar, önemli fizyolojik işlevlerin (fotosentez, solunum) zarar görmesi sayılabilir [3, 9-16].

Bu çalışma, tohum çimlenmesi sırasında bazı ekmeklik buğday genotiplerinde tuzluluk toleransı için hatlar arası değişkenliğin karakterize edilmesi amacıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada bitki materyali olarak 7 adet ekmeklik buğday genotipi (Pamukova 97, Beşköprü, Metin, Bezostaya-1, Hanlı, Tahirova 2000, Momtchill) kullanılmıştır.

Benzer morfolojiye ve yaklaşık aynı büyüklüğe sahip buğday tohumları seçilerek, kabuk sterilizasyonunu sağlamak amacıyla % 5' lik sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisinde 3 dakika bekletilmiş ve daha sonra üç kez distile su ile yıkanmıştır. Ardından içerisinde çift katlı filtre kağıdı bulunan 15 cm'lik petri kaplarına 30'ar adet tohum yerleştirilmiştir. Çift katlı filtre kağıtları arasına konulan tohumların üzerine 15 ml farklı tuz yoğunluklarını içeren çözeltiler (0, 50, 100, 150, 200 mM) eklenmiştir. Bu işlemlerden hemen sonra petriler karanlık koşullara sahip $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sıcaklığa ayarlı iklimlendirme dolabına konulmuş ve burada 8 gün muhafaza edilmiştir. Bu süre içerisinde petrilerde tuz birikimini engellemek amacıyla 2 gün aralıklarla filtre kâğıtları değiştirilmiş ve ardından tekrar 15 ml çözelti verilmiştir. Çimlenmenin 8. günü radikula uzunluğu 2 mm'yi geçen tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiş ve sayımları yapılmıştır [17]. Tohumlarda 8. gün sonra çimlenenlerin % oranları hesaplanarak çimlenme gücü tespit edilmiştir. Çimlenmenin 8. gününde her bir petri kabından 10 sürgün örnek olarak alınmış ve bu örneklerde radikula ve koleoptil uzunlukları ölçülmüştür. Yine aynı örneklerde radikula ve

koleoptil kuru ağırlıklarının belirlenmesi için örnekler radikula ve koleoptil kısımlarına ayrılmış ve 70°C 'de 24 saat kurutulup tartılmıştır [18].

Uygulama Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'nde iki faktörlü ve 3 tekrarlı yürütülmüştür. Tuz uygulamaları sonucunda tohumlarda 24. saatteki su alım oranı, çimlenme gücü, çimlenme oranındaki azalma (%) [19], radikula ve koleoptil uzunluğu, radikula ve koleoptil kuru ağırlığı, radikula ve koleoptil uzunluğundaki azalma oranı (%) [19], kuru ağırlıktaki azalma oranı (%) [19] ve tuza tolerans indeksi hesaplanmıştır.

Elde edilen verilerin aritmetik ortalama ve standart hataları hesaplanmış, daha sonra verilere SPSS 22.0 paket programı kullanılarak, varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Lowest Standard Deviations (LSD) testi ile karşılaştırılmıştır [20, 21]. Her bir bağımsız değişken için uygulamaların kontrole göre neden olduğu farkın önem kontrolü (Anlamlı Önemli Fark; AÖF) %5 düzeyinde Duncan testi ile hesaplanmıştır.

3. BULGULAR

3.1.24. Saatteki Su Alım Oranı (%)

Genotiplerin 24. saatteki su alım oranı bakımından NaCl konsantrasyonlarından önemli oranda etkilenmiş genotip x NaCl etkileşimi önemli bulunmuştur (Tablo 1). Farklı NaCl konsantrasyonlarında genotiplere ait su alım oranları % 46-29 arasında değişmiştir. 24. saat sonunda en yüksek su alım oranı Beşköprü, Momtchill, Hanlı genotiplerinde 0 mM NaCl konsantrasyonundan elde edilirken, en düşük su alım oranı 200 mM NaCl konsantrasyonuna maruz bırakılan Pamukova 97 ve Beşköprü genotiplerinde tespit edilmiştir.

3.1. Çimlenme Gücü, Çimlenme Oranındaki Azalma

Çimlenme gücü parametresine bakıldığında genotip x tuz etkileşimine ilişkin değerler % 30.00-100 arasında değişmektedir (Tablo 2).

Tablo 1. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonları uygulanan buğday genotiplerinin 24. saatteki su alım oranı (%)

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	40	36	34	32	29
Beşköprü	46	40	38	39	32
Metin	41	44	38	38	37
Tahirova 2000	41	40	39	37	38
Bezostaya-1	41	40	40	38	37
Hanlı	42	42	41	39	40
Momtchill	44	40	38	35	34

Araştırmada en yüksek çimlenme gücü Bezostaya-1 genotipinde tuzsuz ve 50 mM tuz koşullarından, Beşköprü genotipinde ise 100 mM NaCl konsantrasyonundan elde edilmiştir. Fakat buna karşılık en düşük çimlenme gücü (% 30.00) Pamukova 97 genotipinin 200 mM NaCl konsantrasyonunda saptanmıştır. İncelenen genotipler arasında çimlenme gücü bakımından tuzluluktan en az etkilenen genotipler Momtchill, Bezostaya-1, Tahirova 2000 ve Metin genotipi, en hassas olan genotipler ise Pamukova 97 ve Beşköprü genotipleri olmuştur (Tablo 3). Bazı genotiplerin çimlenme gücü, artan tuz konsantrasyonlarına karşılık kararlı ve düşük oranlarda azalırken, bazılarında azalma oranları daha düzensiz ve yüksek oranlarda olmuştur (Şekil 1).

Tablo 2. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonları uygulanan buğday genotiplerinde çimlenme gücü (%)

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	53	50	33	60	30
Beşköprü	96	96	100	90	56
Metin	86	80	96	73	86
Tahirova 2000	93	90	70	63	60
Bezostaya-1	100	100	93	93	83
Hanlı	83	80	83	66	56
Momtchill	80	93	93	90	90

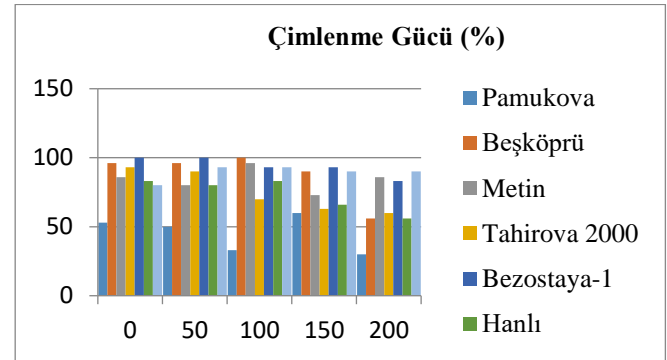
3.2. Radikula Uzunluğu (cm)

Radikula uzunluğu en fazla Metin genotipinde 0 mM tuz konsantrasyonunda (13,7 cm), en düşük ise

200 mM tuz konsantrasyonunda Beşköprü (0,22 cm) genotipinden elde edilmiştir (Tablo 4). 200 mM tuz konsantrasyonunda kontrol grubuna göre genotiplerin radikula uzunluğundaki azalma % 64-98,1 arasında değişmiş ve genotipler içerisinde en az etkilenenler Metin, Tahirova 2000 ve Hanlı genotipleri olmuştur (Tablo 5).

Tablo 3. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonları uygulanan buğday genotiplerinde çimlenme oranındaki azalma (%)

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	-	5,66	37,74	-13,21	43,40
Beşköprü	-	0	-4,17	6,25	41,67
Metin	-	6,98	-11,63	15,12	0
Tahirova 2000	-	3,23	24,73	32,26	35,48
Bezostaya-1	-	0	7	7	17
Hanlı	-	3,62	0	20,48	32,53
Momtchill	-	-16,25	-16,25	-12,5	-12,5


Şekil 1. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonları uygulanan buğday genotiplerinde çimlenme oranı (%).

3.4. Koleoptil Uzunluğu (cm)

Genel olarak tuz konsantrasyonları arttıkça genotiplerin koleoptil uzunlukları azalma göstermiştir. Araştırmada, genotiplerin artan tuz konsantrasyonlarına karşı tepkileri farklı olduğundan genotip x tuz etkileşimi önemli bulunmuştur. Koleoptil uzunluğu bakımından en yüksek değer Bezostaya-1 ve Momtchill genotiplerinin 0 mM tuz konsantrasyonundan elde edilirken, en kısa koleoptil ise 200 mM tuz konsantrasyonunda Pamukova 97 genotipinde tespit edilmiştir (Tablo 6). En yüksek tuz konsantrasyonunda kontrole göre genotiplerin radikula uzunluğu % 72-85 arasında değişmiş ve bu anlamda genotipler içerisinde en az etkilenen

Momtchill, Hanlı ve Tahirova 2000 genotipi olmuştur (Tablo 7).

Tablo 4. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının buğday genotiplerinde radikula uzunluğu (cm) üzerine etkileri.

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	6,94 ^a	3,98 ^{b*}	4,03 ^{b*}	3,5 ^{bc*}	1,63 ^{c*}
Beşkoprü	11,58 ^a	9,11 ^{b*}	6,68 ^{c*}	5,58 ^{c*}	0,22 ^{d*}
Metin	13,7 ^a	9,04 ^{b*}	7,53 ^{c*}	5,56 ^{d*}	4 ^{e*}
Tahirova 2000	9,15 ^a	7,71 ^{b*}	6,9 ^{bc*}	5,93 ^{c*}	3,29 ^{d*}
Bezostaya-1	12,82 ^a	11 ^{b*}	6,86 ^{c*}	4,59 ^{d*}	3 ^{e*}
Hanlı	9,01 ^a	8,65 ^a	5,81 ^{b*}	5 ^{b*}	2,79 ^{c*}
Momtchill	11,36 ^a	9,17 ^{b*}	5,08 ^{c*}	4,48 ^{c*}	2,75 ^{d*}

*% 5 düzeyinde anlamlı önemli fark

Tablo 5. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının buğday genotiplerinde radikula uzunluğundaki azalma oranı (%).

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	-	42,65 [*]	41,93 [*]	49,57 [*]	76,51 [*]
Beşkoprü	-	21,33 [*]	42,31 [*]	51,81 [*]	98,1 [*]
Metin	-	34,02 [*]	45,07 [*]	59,42 [*]	70,80 [*]
Tahirova 2000	-	15,74 [*]	24,59	35,19 [*]	64,04 [*]
Bezostaya-1	-	14,20 [*]	46,49 [*]	64,20 [*]	76,60 [*]
Hanlı	-	3,99	35,52 [*]	44,51 [*]	69,03 [*]
Momtchill	-	19,28 [*]	55,28 [*]	60,56 [*]	75,79 [*]

*% 5 düzeyinde anlamlı önemli fark

Tablo 6. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının buğday genotiplerinde koleoptil uzunluğu (cm) üzerine etkileri

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	7,25 ^a	4,6 ^{b*}	3,9 ^{b*}	3,22 ^{b*}	1,12 ^{c*}
Beşkoprü	8,69 ^a	6,52 ^{b*}	5,2 ^{c*}	3,52 ^{d*}	1,4 ^{e*}
Metin	8,11 ^a	7,57 ^a	5,6 ^{b*}	3,75 ^{c*}	1,17 ^{d*}
Tahirova 2000	8,26 ^a	7,26 ^{b*}	5,35 ^{c*}	4,14 ^{d*}	1,98 ^{e*}
Bezostaya-1	9,61 ^a	6,92 ^{b*}	5,59 ^{c*}	3,44 ^{d*}	1,57 ^{e*}
Hanlı	8,01 ^a	6,84 ^{b*}	5,19 ^{c*}	3,74 ^{d*}	2 ^{e*}
Momtchill	9,77 ^a	8,26 ^{b*}	5,5 ^{c*}	4,35 ^{d*}	2,64 ^{e*}

*% 5 düzeyinde anlamlı önemli fark

Tablo 7. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının buğday genotiplerinde koleoptil uzunluğundaki azalma oranı (%)

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	-	36,55 [*]	46,21 [*]	55,59 [*]	84,55 [*]
Beşkoprü	-	24,97 [*]	40,16 [*]	59,49 [*]	83,89 [*]
Metin	-	6,66	30,95 [*]	53,76 [*]	85,57 [*]
Tahirova 2000	-	12,11 [*]	35,23 [*]	49,88 [*]	76,03 [*]
Bezostaya-1	-	27,99 [*]	41,83 [*]	64,20 [*]	83,66 [*]
Hanlı	-	14,61 [*]	35,21 [*]	53,31 [*]	75,03 [*]
Momtchill	-	15,46 [*]	43,71 [*]	55,48 [*]	72,98 [*]

*% 5 düzeyinde anlamlı önemli fark

3.3. Kuru ağırlık (mg)

Kuru ağırlık değerleri genotiplere ve tuz konsantrasyonlarına göre farklılıklar göstermiştir. En yüksek kuru ağırlık Bezostaya-1 genotipinden tuzsuz koşullarda ve en düşük değerler ise Pamukova 97 çeşidinin 200 mM tuz konsantrasyonlarında saptanmıştır (Tablo 8). Genotipler arasında en yüksek tuz konsantrasyonunda kontrole oranla kuru ağırlığında en az azalma; Hanlı, Momtchill ve Tahirova 2000 genotipinde tespit edilmiştir (Tablo 9).

Tablo 8. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının buğday genotiplerinde kuru ağırlık (mg) üzerine etkileri

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	8,27 ^a	5,96 ^{ab}	5,87 ^{ab}	4,79 ^{bc*}	2,34 ^{c*}
Beşkoprü	13,75 ^a	11,63 ^{b*}	9,62 ^{c*}	8,03 ^{c*}	4 ^{d*}
Metin	14,14 ^a	11,32 ^{b*}	11,43 ^{b*}	8,92 ^{c*}	4,96 ^{d*}
Tahirova 2000	11,6 ^a	12,31 ^a	11,2 ^a	8,74 ^{b*}	5,93 ^{c*}
Bezostaya-1	15,72 ^a	14,39 ^{b*}	10,99 ^{c*}	7,71 ^{d*}	5,4 ^{e*}
Hanlı	11,98 ^a	10,66 ^{ab}	9,2 ^{bc*}	7,6 ^{c*}	5,27 ^{d*}
Momtchill	13,23 ^a	13 ^a	10,78 ^{b*}	9,55 ^{b*}	6,56 ^{c*}

*% 5 düzeyinde anlamlı önemli fark

3.4. Tuza Tolerans İndeksi (%)

Ekmeklik buğday genotiplerinin tuza tolerans indeksleri gerek genotipler gerekse tuz konsantrasyonları bakımından farklılık göstermiştir. Değerlere bakıldığında, genotiplerin tuza tolerans indekslerinin %39,9 ile %110,6 arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Tablo 10). Buna göre en

yüksek tuza tolerans indeksi Tahirova 2000 ve Momtchill çeşidinin 50 mM tuz konsantrasyonlarında tespit edilmiştir.

Tablo 9. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının buğday genotiplerinin kuru ağırlığı üzerindeki azalma oranı (%).

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	-	27,93	29,02	42,08*	71,70*
Beşköprü	-	15,42*	30,04*	41,6*	70,91*
Metin	-	19,94*	19,17*	36,92*	64,92*
Tahirova 2000	-	-6,12	3,45	24,66*	48,88*
Bezostaya-1	-	8,46*	30,09*	50,95*	65,65*
Hanlı	-	11,02	23,21*	36,56*	56,01*
Momtchill	-	1,74	18,52*	27,82*	50,42*

*% 5 düzeyinde anlamlı önemli fark

Tablo 10. Farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarının buğday genotiplerinin tuza tolerans indeksi (%) üzerine etkisi

Genotipler	Tuz Konsantrasyonları (mM)				
	0	50	100	150	200
Pamukova97	100 ^a	74,5 ^a	92,3 ^{ab}	103 ^{ab}	39,9 ^{b*}
Beşköprü	100 ^a	87,4 ^a	84,9 ^a	86,4 ^a	50,2 ^{b*}
Metin	100 ^a	82,4 ^{a*}	102,8 ^b	79,9 ^{b*}	56,01 ^{c*}
Tahirova 2000	100 ^a	110,6 ^{ab}	92,5 ^{bc}	78,03 ^{cd*}	69,3 ^{d*}
Bezostaya-1	100 ^a	92 ^a	77,1 ^{b*}	71,5 ^{b*}	73 ^{b*}
Hanlı	100 ^a	92,5 ^a	97,1 ^a	86,2 ^a	76,1 ^a
Momtchill	100 ^a	104,3 ^a	86,4 ^{ab}	91,7 ^{ab}	70,2 ^{b*}

*% 5 düzeyinde anlamlı önemli fark

Tuz konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak genotiplerin tuza tolerans indeks değerlerinde de önemli azalmalar olduğu belirlenmiştir. Araştırmada incelenen diğer özellikler bakımından ön plana çıkan Momtchill, Bezostaya-1, Hanlı ve Tahirova 2000 genotipi tuza tolerans indeksi bakımından da kendini göstermiştir. Bu genotipin tuza tolerans indeksi, en yüksek tuz konsantrasyonunda kontrol grubuna oranla % 30'un altında azalma göstermiştir.

Parametreler arasındaki korelasyon analizi sonuçları Tablo 11'de verilmiştir. Aralarında ilişki bulunan parametrelerdeki % 5 düzeyinde anlamlı önemli farklar tabloda işaretlenmiştir. Bazı parametreler yüksek korelasyon gösterirken, bazı parametreler zayıf bazı parametreler ise hiç

korelasyon göstermemiştir. Parametreler arasında en az korelasyon gösteren parametre çimlenme gücü parametresidir. Bu parametre en düşük korelasyonu Pamukova97 ve Metin genotiplerinde göstermiştir. En güçlü korelasyon ise radikula uzunluğu, koleoptil uzunluğu ve kuru ağırlık parametreleri arasında tespit edilmiştir. Bu parametrelerin en yüksek korelasyon gösterdiği genotip ise Pamukova97 genotipidir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tarım alanlarında verimi düşüren en önemli tehditlerden biri tuzluluktur. Nüfus artışıyla artan besin ihtiyacı tarımda verimin öneminin anlaşılmasını sağlamaktadır. Tuza toleransı yüksek bitkilerin yetiştirilmesi hem verimi artıracak hem de ekonomik faydalar sağlayacaktır. Bitkilerin erken gelişim dönemleri yani çimlenme ve fide dönemleri en hassas dönemleri olduğu için türlerin ve tür içindeki çeşitlerin tuza toleransının belirlenmesinde bu gelişim evreleri daha çok dikkate alınmaktadır.

Artan tuz konsantrasyonları hücre dışı ortamın ozmotik basıncını arttırmış ve bu da tohumların su alım oranını düşürmüştür [18]. Bulgularda kaydedilen 24. saatteki su alım oranları tuz konsantrasyonuna bağlı olarak önemli derecede azalmıştır. Bu sonuç başka araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir. Maas ve Hoffman [22] ile Basalah [23] yüksek tuz seviyesinden dolayı iyon dengesinin ve ozmotik dengenin bozulması sonucu tohumların su alımlarının azaldığını; Akbari ve ark., [24] 12. saatte buğday çeşitlerinin artan tuz konsantrasyonları karşısında su alım oranının önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir.

Tüm genotiplerde tuz konsantrasyonlarının artışıyla çimlenme oranında azalma gözlenmiştir. Artan tuz seviyelerine bağlı olarak çimlenme oranındaki azalma, Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarının toksitesinin yanı sıra, artan ozmotik basıncın çimlenme için gerekli olan suyun tohum tarafından alınmasını engellemesinden kaynaklanmaktadır [25].

Tuz konsantrasyonlarının artmasıyla beraber radikula uzunluğunda önemli düşüşler meydana gelmiştir. Bitkilerin tuza dayanımında önemli göstergelerden biri radikulanın gelişme durumudur. Çimlenme sırasında su alımında tuz engeli yoksa radikula normal

Tablo 11. Parametreler arasındaki korelasyon analizi

Pamukova97	Radikula uzunluğu	Koleoptil uzunluğu	Kuru ağırlık	Tuza tolerans indeksi	Çimlenme gücü
Radikula uzunluğu	1				
Koleoptil uzunluğu	0,923*	1			
Kuru ağırlık	0,910*	0,929*	1		
Tuza tolerans indeksi	0,480*	0,405*	0,519*	1	
Çimlenme gücü	0,336*	0,376*	0,279*	0,276	1
Beşköprü	Radikula uzunluğu	Koleoptil uzunluğu	Kuru ağırlık	Tuza tolerans indeksi	Çimlenme gücü
Radikula uzunluğu	1,00				
Koleoptil uzunluğu	0,856*	1,00			
Kuru ağırlık	0,905*	0,896*	1,00		
Tuza tolerans indeksi	0,653*	0,685*	0,756*	1,00	
Çimlenme gücü	0,691*	0,729*	0,760*	0,641*	1,00
Metin	Radikula uzunluğu	Koleoptil uzunluğu	Kuru ağırlık	Tuza tolerans indeksi	Çimlenme gücü
Radikula uzunluğu	1				
Koleoptil uzunluğu	0,829*	1			
Kuru ağırlık	0,774*	0,839*	1		
Tuza tolerans indeksi	0,558*	0,606*	0,723*	1	
Çimlenme gücü	0,147	0,075	0,153	,293*	1
Tahirova 2000	Radikula uzunluğu	Koleoptil uzunluğu	Kuru ağırlık	Tuza tolerans indeksi	Çimlenme gücü
Radikula uzunluğu	1				
Koleoptil uzunluğu	0,889*	1			
Kuru ağırlık	0,711*	0,812*	1		
Tuza tolerans indeksi	0,584*	0,638*	0,712*	1	
Çimlenme gücü	0,750*	0,898*	0,695*	0,629*	1
Bezostaya-1	Radikula uzunluğu	Koleoptil uzunluğu	Kuru ağırlık	Tuza tolerans indeksi	Çimlenme gücü
Radikula uzunluğu	1				
Koleoptil uzunluğu	0,901*	1			
Kuru ağırlık	0,926*	0,899*	1		
Tuza tolerans indeksi	0,644*	0,597*	0,731*	1	
Çimlenme gücü	0,880*	0,853*	0,878*	0,516*	1
Hanlı	Radikula uzunluğu	Koleoptil uzunluğu	Kuru ağırlık	Tuza tolerans indeksi	Çimlenme gücü
Radikula uzunluğu	1				
Koleoptil uzunluğu	0,912*	1			
Kuru ağırlık	0,807*	0,874*	1		
Tuza tolerans indeksi	0,293*	0,412*	0,545*	1	
Çimlenme gücü	0,737*	0,800*	0,654*	0,272	1
Momtchill	Radikula uzunluğu	Koleoptil uzunluğu	Kuru ağırlık	Tuza tolerans indeksi	Çimlenme gücü
Radikula uzunluğu	1				
Koleoptil uzunluğu	0,929*	1			
Kuru ağırlık	0,827*	0,861*	1		
Tuza tolerans indeksi	0,408*	0,493*	0,608*	1	
Çimlenme gücü	-0,524*	-0,457*	-0,228	-0,096	1

%5 düzeyinde anlamlı önemli fark

gelişim göstermektedir. Bu nedenle tuz stresi nedeniyle radikula gelişiminde ortaya çıkan gerilemeler, bitkinin su alımındaki azalmalardan kaynaklanmaktadır [26]. Aynı şekilde tuz stresinin sürgün gelişimi üzerinde de olumsuz etkileri olmuştur. Tuz stresi, hipokotil büyümesini kök büyümesinden daha fazla inhibe etmiştir. Azalmanın büyüklüğü, büyük ölçüde genotiplere ve NaCl konsantrasyonlarına bağlıdır [42].

Tüm genotiplerde NaCl stresi kuru ağırlığı önemli ölçüde azaltmıştır. Önemli bir genotip tuzluluk etkileşimi, genotiplerin tuzluluk stresine farklı tepki verdiğini göstermiştir. Tuz stresinin kök ve sürgün gelişimi üzerindeki olumsuz etkileri birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir. Tuz uygulaması bitki kuru ağırlığını olumsuz etkilemiştir. Tuz stresi ve bitki kuru ağırlığının bitki içindeki Cl^- ve Na^+ konsantrasyonları arasında önemli negatif ilişki olduğunu bildirilmiştir [27, 28].

Tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak çalışılan parametreler üzerindeki olumsuz etkiler birçok çalışmada tespit edilmiştir. Bulgularımız bu bulgularla benzerlik göstermiştir [6, 18, 24, 26, 29-37].

Tuza tolerans indeksi bitkilerde hatta bir bitkinin farklı genotipleri arasında değişen bir değerdir. Çalışılan 7 genotipin de tuza tolerans indeksi değişiklik göstermiştir. Tuz konsantrasyonunun tahıllarda tuza tolerans indeksini önemli derecede azalttığı bazı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir [3, 38-41].

Bu çalışmada farklı NaCl konsantrasyonlarının bazı ekmeklik buğday genotiplerinin çimlenme döneminde tuz stresine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada genotip x tuz konsantrasyonu tüm özelliklerde önemli bulunmuştur. Tuzluluk stresi, ozmotik etkiler [43] veya iyon toksisitesi [44, 45] yoluyla tohum çimlenmesini etkileyebilir. İki etkiyi ayırt etmeye yönelik fizyolojik çalışmalar sınırlıdır [44], ancak kanıtlar çimlenme

ortamının düşük su potansiyelinin önemli bir sınırlayıcı faktör olduğunu göstermektedir [46]. Genotiplerin incelenen özellikleri dikkate alındığında bunlar içerisinde tuz stresine tolerans açısından çok kararlı olmamakla birlikte, bazı genotiplerin birçok özellik açısından istikrarlı oldukları görülmüştür. Özellikle Hanlı ekmeklik buğday genotipi bu çalışmada tuza dayanıklılık bakımından ön plana çıkmıştır. Bununla birlikte daha sağlıklı önerilerde bulunabilmek için bu araştırmalar çimlenme dönemi ile birlikte fide dönemlerini de kapsayacak şekilde tarla çalışmaları ile desteklenmelidir.

Tuzlu topraklar iyi drenaj sistemleri, sulamanın kontrollü şekilde yapılması ve yıkama gibi yöntemlerle ıslah edilebilir. Fakat bu yöntemler uygulaması kolay olmayan maliyetli yöntemlerdir. Bu topraklar bir yandan bu yöntemlerle ıslah edilirken tuza toleransı yüksek olan bitkilerin yetiştirilmesiyle değerlendirilebilir. Ülkemizde iklim öğelerinin değişmesine bağlı olarak tuzlu topraklar artış göstermektedir. Bu nedenle tuz stresine dayanıklı çeşitlerin yetiştirilmesi verimin düşmesini engelleyecektir. Bu ve benzeri çalışmaların tuza toleransı çeşitlerin geliştirilmesine katkı sağlayacağı söylenebilir.

*Bu makale, 6-8 Mart 2020 tarihlerinde Ankara'da gerçekleştirilen Ankara 2. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi adlı kongrede sözlü bildiri olarak sunulmuş, özet metin olarak basılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bildirilmemiştir.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Bu çalışmanın yazım sürecinde uluslararası bilimsel, etik ve atıf kurallarına

uyulmuş ve toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır. Environmental Toxicology and Ecology Dergisi ve derginin editörleri etik ihlallerden sorumlu değildir. Tüm sorumluluk sorumlu yazara aittir ve bu çalışma ETOXEC dışında herhangi bir akademik yayın ortamında değerlendirilmemiştir.

KAYNAKLAR

- [1] SzabolcsI, “Soils and salinization,” In M. Pessarakli Handbook of plant and crop stress, Marcel Dekker, New York, pp. 3– 11, 1994.
- [2] H. Akgül, “Tuzluluk,” Ziraat Mühendisliği Dergisi, s. 340, 2003.
- [3] B. Kara, İ. Akgün ve D. Altındal, “Tritikale genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuzluluğun (NaCl) etkisi,” Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, c. 25, s. 1, ss. 1-19, 2011.
- [4] I. Demir, K. M. Mavi, G. Okçu, “Effect of Salt Stress on Germination and Seedling Growth in Serially Harvested Aubergine (*Solanum melongena* L.) Seeds During Development,” Israel J. Plant Sci., vol. 51, pp. 125-131, 2003.
- [5] H. Greenway and R. Munns, “Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes,” Annu. Rev. Plant Physiol., vol. 31, pp. 149– 190, 1980.
- [6] E. Epstein, “Saline culture of crops: A genetic approach,” Science, vol. 210, pp. 399– 404, 1980.
- [7] J.W. Van Hoorn, N. Katerji, A. Hamdy, M. Mastrorilli, “Effect of Salinity on Yield and Nitrogen Uptake of Four Grain Legumes and on Biological Nitrogen Contribution From the Soil,” Agric Water Manag, vol. 51, pp. 87–98, 2001.
- [8] B. İnan, E. Orkunalp, R. Dogan, E. Budaklı Çarpıcı, “Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Hatlarının Çimlenme Döneminde Tuz Stresine Tepkileri,” U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, c. 32, s. 1, ss. 69-78, 2018.
- [9] S. M. Siegel, B. Z. Siegel, J. Massey, P. Lahne, J. Chen, “Growth of Corn in Saline Water,” Physiol Plant, vol. 50, pp. 71-73, 1980.
- [10] T. J. Flowers and A. R. Yeo, “Variability in the Resistance of Sodium Chloride Salinity Within Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties,” New Phytol, vol. 88, pp. 363-373, 1981.
- [11] A.C. Leopold and R.P. Willing, “Evidence of Toxicity Effects of Salt on Membranes,” In: Salinity Tolerance in Plants, (eds. R.C. Staples and G.H. Toenniessen), pp. 67-76, 1984.
- [12] M.M.F. Mansour, “Changes in Growth, Osmotic Potential and Cell Permeability of Wheat Cultivars Under Salt Stress,” Biol Plant, vol. 36, pp. 429-434, 1994.
- [13] A. İnal, A. Güneş, M. Aktaş, “Effects of Chloride and Partial Substitution of Reduced Forms of Nitrogen for Nitrate in Nutrient Solution of the Nitrate, Total Nitrogen and Chlorine Contents of Onion,” J Plant Nutrit, vol. 18, pp. 2219- 2227, 1995.
- [14] C. Paşa, S. Yaver, “Effect of NaCl on Seed Germination of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivar,” Agricultural Science and Technology, vol. 1, no:2, pp:1-3, 2009.
- [15] S. Yaver, C. Paşa, “Application of different NaCl concentrations on seed germination of flax (*Linum usitatissimum* L.) Cultivar,” Agricultural Science and Technology, vol. 1, no:3, pp:103-105, 2009.
- [16] S. Yaver, C. Paşa, F. Onemli, K. Atakisi, “Effect of NaCl on seed germination of five soybean (*Glycine max* L.),” World Soybean Resarch Conference VIII., pp: 260, 2009.
- [17] M.P. Fuller, J.H. Hamza, H.Z. Rihan and M. Al-Issawi, “Germination of primed seed under nacl stress in wheat,” ISRN Botany, Article ID 167804, 5 pages, 2012.

- [18] M. Atak, D. Kaya, G. Kaya, Y. Kılılı, C. Y. Çiftçi, "Effects of NaCl on the Germination, Seedling Growth and Water Uptake of Triticale," Turk J Agric For., vol. 30, pp. 39-47, 2006.
- [19] S.E. Madidi, B.E. Baroudi, F. B. Aameur, "Effects of Salinity on Germination and Early Growth of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars," Int J Agric Biol, vol. 6, pp. 767-770, 2004.
- [20] R. G. D. Steel, J. H. Torrie, "Principles and procedures of statistics," Mc Graw Hill Book Company Inc., New-York, 1980.
- [21] N. Yurtsever, "Deneysel İstatistik Metotları," Köy Hizmetleri Toprak ve Gübre Arş. Enst. Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No. 121, Ankara, 1984.
- [22] E.V. Maas and G.J. Hoffman, "Crop salt tolerance - current assessment," Journal of the Irrigation and Drainage Division, vol. 103, no. 2, pp. 115-134, 1977.
- [23] M. O. Basalah, "Effect of soaking on seed germination and growth of squash (*Cucurbita pepo* L.) Seeding," Arab Gulf J Scient Res., vol. 9, pp. 87-97, 1991.
- [24] G., H. Akbari, M. Galavi, A. Ghanbari and N. Panjehkeh, "Salinity effects on seed germination and seedling growth of bread wheat cultivars," Trakia Journal of Sciences, vol. 9, no. 1, pp. 43- 50, 2011.
- [25] E. Ekmekçi, M. Apan ve T. Kara, "Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi," Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, c. 20, s. 3, ss. 118-125, 2005.
- [26] S. Çiçek, B. Kilercioğlu, R. Doğan, E. Budaklı Çarpıcı, "Bazı İleri Makarnalık Buğday (*Triticum turgidum* var. *durum* L.) Genotiplerinin Çimlenme Döneminde Tuz Stresine Tepkileri," Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, c. 32, s. 2, ss. 19-29, 2018.
- [27] A. Güneş, M. Alpaslan, S. Taban, F. Hatipoğlu, "Değişik Buğday Çeşitlerinin Tuz Stresine Dayanıklıkları," Turk J Agric For, c. 21, ss. 215-219, 1997.
- [28] S. Taban, A. Güneş, M. Alpaslan, H. Özcan, "Değişik Mısır (*Zea mays* L.) Çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları," Turk J Agric For, c. 23, s. 3, ss. 625-633, 1999.
- [29] A.D. Sharma, M. Thakur, M., K. Rana Singh, "Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphoaphatase activities in *Sorghum bicolor* (L.) Moench seeds," Afr. J. Biotechnol., vol. 3, pp. 308-312, 2004.
- [30] B.A. Khan, A.N. Khan and T.H. Khan, "Effect of salinity on the germination of fourteen wheat cultivars," Gomal University Journal of Research, vol 21, pp. 31-3, 2005.
- [31] Z. Dumlupınar, R. Kara, T. Dokuyucu ve A. Akkaya, "Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilen bazı makarnalık buğday genotiplerinin çimlenme ve Fide karakterlerine elektrik akımı ve tuz konsantrasyonlarının etkileri," KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, c. 10, s. 2, pp. 100-110, 2007.
- [32] J.K. Datta, S. Nag, A. Banerjee and N.K. Mondal, "Impact of salt stress on five varieties of Wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under laboratory condition," J. Appl. Sci. Environ. Manage, vol. 13, no. 3, pp. 93 – 97, 2009.
- [33] M. Abdoli, M. Saeidi, M. Azhand, S. Jalali-Honarmand, E. Esfandiari and F. Shekari, "The effects of different levels of salinity and indole-3-acetic acid (IAA) on early growth and germination of wheat seedling," Journal of Stress Physiology & Biochemistry, vol. 9, no. 4, pp. 329-338, 2013.
- [34] S. Hussain, A. Khaliq, A. Matloob, M. A. Wahid and I. Afzal, "Germination and growth response of three wheat cultivars to NaCl salinity," Soil Environ., vol. 32, no. 1, pp. 36-43, 2013.
- [35] C. Ghoulam, K. Fares, "Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beat (*Beta vulgaris* L.)," Seed Sci. Technol., vol. 29, pp. 357- 364, 2001.
- [36] A. Bahrani and M. Joo Hagh, "Response of some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to salinity at germination and early

seedling growth stages,” World Applied Sciences Journal, vol. 16, no. 4, pp. 599-609, 2012.

[37] A.M. Moud and K. Maghsoudi, “Salt Stress Effects on Respiration and Growth of Germinated Seeds of Different Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars,” World Journal of Agricultural Sciences, vol. 4, no. 3, pp. 351-358, 2008.

[38] S.A. Bağcı, H. Ekiz and A. Yılmaz, “Salt tolerance of sixteen wheat genotypes during seedling growth,” Turkish J. Agric. Forestry, vol. 31, pp. 363-372, 2007.

[39] S. Sharma and Y. Vimala, “Effect of salt stress on germination and growth of *T. foenum-graecum* seedlings,” International Journal of Advanced Research, vol. 4, no. 3, pp. 40-45, 2016.

[40] B. Benlioğlu ve U. Özkan, “Bazı Arpa Çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.) Çimlenme Dönemlerinde Farklı Dozlardaki Tuz Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi,” Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, c. 24, s. 2, ss. 109-114, 2015.

[41] R. Doğan ve E. Budaklı Çarpıcı, “Bazı Makarnalık Buğday (*Triticum turgidum* L.) Genotiplerinin Çimlenme Döneminde Tuz Stresine Tepkileri,” U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, c. 29, s. 1, ss. 47-55, 2015.

[42] J. S. Bayuelo-Jiménez, R. Craig, J. P. Lynch, “Salinity Tolerance of Phaseolus Species during Germination and Early Seedling Growth,” Seed Physiology, Production & Technology, vol. 42, no. 5, pp. 1584-1594, 2002.

[43] G. E. Welbaum, “Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.). III. Sensitivity of germination to water potential and abscisic acid during development,” Plant Physiol., vol. 92, pp. 1029– 1037, 1990.

[44] R.D. Bliss, “Osmotic sensitivity in relation to salt sensitivity in germinating barley seeds,” Plant Cell Environ., vol. 9, pp. 721– 725, 1986.

[45] J. Huang, “Salt tolerance of Hordeum and Brassica species during germination and early seedling growth,” Can. J. Plant Sci., vol. 75, pp. 815– 819, 1995.

[46] K.J. Bradford, “Water relations in seed germination,” In J. Kigel and G. Galili Seed development and germination. Marcel Dekker, New York., pp. 351– 396, 1995.