



Alınış tarihi (Received): 14.08.2019

Kabul tarihi (Accepted): 25.04.2020

Farklı Pamuk Çeşitlerinin *In Vitro* Koşullarda Tuz Stresine Toleransının Belirlenmesi

Utku Yılmaz AVCI¹, Hussein Abdullah Ahmed AHMED^{1*}, Güray AKDOĞAN², Serkan URANBEY²

¹Uşak Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 64200, Uşak/Türkiye

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 06100, Ankara/Türkiye

*sorumlu yazar, e-posta: huseyin.ahmed@usak.edu.tr

ÖZET: Ülkemizde su ve tarımsal arazi potansiyeli aşırı ve düzensiz kullanılmakta olup, pamuk gibi yoğun bir biçimde sulanarak yetiştirilen ürünlerin yetiştirildiği alanlarda, toprak tuzluluğu yaygın olarak görülmeye başlamıştır. Bu çalışmanın amacı da, *in vitro* da farklı tuz stres seviyelerinin ülkemizdeki yerli ıslah çalışmaları sonucu geliştirilen pamuk çeşitlerinin *in vitro* çimlenme ve büyüme parametreleri üzerine etkileri belirlenerek genotiplerin tuz toleranslarının saptanmasıdır. Çalışmada da *in vitro* koşullarında 15 farklı pamuk çeşitleri (Aydın 110, Ege 69, Ege 7913, Harem 2, M-39, Nazilli 84-S, Nazilli-87, Nazilli-84, N-342, Nazilli 92-13, Maraş 32, SC 2009, SC 2079, ES-1 ve Şahin 2000) 5 farklı tuz konsantrasyonunda 0, 50, 100, 150, 200 ve 250 mM NaCl) strese maruz bırakılmış, bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, kuru bitki ağırlığı, yaş kök ağırlığı kök sayısı kök uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak eni, yaprak boyu incelenmiştir. Ayrıca, çeşitlere göre tuz toleransı indeksi yüzdesi belirlenmiştir. 50 mM NaCl üzeri artan tuz konsantrasyonlarının incelenen tüm karakterlerde ve çeşitlerde negatif etkiye sahip olduğu N-342, Maraş 32, Harem 2, Nazilli-84, Nazilli-87 çeşitlerinin *in vitro*-koşullarda çimlenme ve büyüme parametreleri açısından diğer genotiplere göre tuza daha toleranslı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler – Abiyotik stres, *in vitro*, pamuk, tuza toleranslık

Determination of Different Cotton Genotypes Against Salt Stress Tolerance Under *In Vitro* Conditions

ABSTRACT: In our country, water and agricultural and potential is use d excessively and irregularly and soil salinity has started to be seen widely in areas where crop such as irrigated cotton intensely grown. The aim of this study was to reveal the salt tolerances of native cotton genotypes by determining the effects of different salt stress levels on *in vitro* germination and growth parameters of the varieties. In this study, 15 different cotton cultivars (Aydın 110, Ege 69, Ege 7913, Harem 2, M-39, Nazilli 84-S, Nazilli-87, Nazilli-84, N-342, Nazilli 92-13, Maraş 32, SC 2009, SC 2079, ES-1 ve Şahin 2000) under *in vitro* were exposed to different salt stress conditions (0, 50, 100, 150, 200 and 250 mM NaCl) and plant height, plant fresh weight, plant dry weight, fresh root weight, root number, root length, number of leaves, leafwidth, and leaf length were examined. In addition, the percentage of salt tolerance index was determined according to the cultivars. It was found that increasing salt concentrations above 50 mM NaCl had negative effects on all the morphological for all character sexamined and cultivars. It was seen that N-342, Maraş 32, Harem 2, Nazilli-84, Nazilli-87 cultivars compared too their genotypes were found to be more tolerant in terms of germination and growth parameters.

Keywords – Abiotic stress, *in vitro*, cotton, salt tolerance

1. Giriş

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), Dünyada ve Türkiye'de çok önemli ticari ürünlerinden birisi olup, ülkemizde yaklaşık 501 bin ha ekim alanı, 2.450.000 ton lif üretimi vardır (ICAC, 2017). Pamuk tarımın en yaygın olduğu bölgelerimiz Güney Doğu Anadolu, Ege ve Çukurova Bölgeleri'dir. Pamuk sulanan alanlarda yetişen bir ürün olup, toprak tuzluluğu bu alanlarda yoğun olarak görülmektedir. Toprak tuzluluğu; su ve toprak kaynaklarının aşırı ve bilinçsiz kullanımı sonucu günümüzde çok önemli bir üretim sorunu haline gelmiştir. Bugün üretimi yapılan tarım arazilerinin yaklaşık % 20'si ile sulanan alanların yaklaşık % 50'si tuzluluktan etkilenmektedir (Zhu, 2001).

Pamuk bitkisi bilindiği üzere sulu tarım yapılan alanlarında yetiştirilmektedir. Bu alanlarda özellikle son yıllarda artan tuzlanma sorunu, Dünya da olduğu gibi ülkemizde de ortaya çıkmaktadır. Toprakta meydana gelen tuzluluğun ortadan kaldırılması son derece pahalı olduğu için, tuzluluğa tolerant çeşitlerin elde edilmesi çalışmalarına ağırlık verilmektedir. Tuz stresi, bitki büyümesini sınırlandıran başlıca abiyotik stres faktörlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Farklı sulama sistemleri nedeniyle yüksek tuzluluktan etkilenen tarım arazileri artmakta ve bununla birlikte ozmotik stres, iyonik stres ve oksidatif stres olmak üzere üç büyük tehdit oluşmaktadır (Munns ve ark., 2008; Flowers ve Colmer, 2008).

Tuzluluk bitkilerde farklı fizyolojik, metabolik süreçlerinin etkilenmesine sebep olmaktadır. Bu süreçlerin etkilenmesi de bitkilerde yaprak alanında azalma, yaprak kalınlığının ve solmasının artması, yaprakların absorpsiyonu, kök ve sürgün nekrozu ile gövde uzunluklarının azalması gibi çeşitli semptomların görülmesine sebep olur (Parida ve Das, 2005). Tuzluluk problemi, kurak ve yarı kurak ortamlarda sulama gereksinimi ile daha da artmıştır. Sulanan tüm arazilerin en az % 20'sinin tuzdan etkilendiği tahmin edilmektedir (Pitman ve Lauchli, 2002).

Günümüzde tuza toleranslı çeşitlerin geliştirilmesinde, klasik ıslah yöntemleri yanında bitki doku kültürü tekniklerinden yararlanılmaktadır. Bitki doku kültürü yöntemleriyle çok sayıda bitki çeşidinin tuz toleransı hızlı bir şekilde test edilirken, tuz stresine toleranslı çeşitler de geliştirilmektedir. Bitki doku kültürü; bitkilerin doku, organ, hücre ya da hücre kısımlarının bitkiden izole edilerek kapalı ve cam ve/veya plastik kaplarda (*in vitro*) yapay besin ortamında steril şartlarda kültüre alınmasıyla yeni bitkilerin elde edilmesi işlemidir. Pamuk *in vitro* kültür çalışmalarında genel olarak *in vitro*'da çimlenen tohumdan gelişen fidelerden elde edilen kotiledon boğum, sürgün ucu, hipokotil ve yaprak gibi eksplantlar kullanılmaktadır. Tuz stresi çalışmalarının *in vitro* şartlarında yapılması çalışmanın olumsuz dış koşullardan etkilenmemesi için uygun bir alternatif sistem olarak kabul edilmiştir (Clayes ve ark., 2014). Bu tip deneyler stres seviyesinin başlangıç ve düşük değişkenliğini kontrollü bir şekilde değerlendirmektedir (Lawlor, 2013).

Ayrıca, *in vitro* yaklaşımlar bitki ıslah programında seçim aşamasında daha iyi beklentiler sunmasıyla birlikte, bu yöntemi kullanılarak bazı çevresel sınırlamalar çözülebilmektedir (Khalid ve Aftab, 2016). Tuza dayanıklı genetik kaynakların belirlenmesi ve tuz toleranslarının geliştirilmesinde önemli rol almaktadır. Geleneksel ıslah yöntemleri; doğal koşullar altında tuz toleransının homojen olarak dağılmaması, tuzdan etkilenen alanların bulunamaması, zaman alıcı ve fazla emek istemesi nedenleriyle kullanışlı değildir. Tarama yöntemleri dahil olmak üzere geleneksel ıslah yöntemleri tuzluluk toleransının bitkilerin geliştirmesinde yavaş ilerlemiştir. *In vitro* tekniklerle tuz stresi indüklemek için tuz

konsantrasyonlarını manipüle ederek abiyotik stresler için daha az emek istiyen, kısa süreli, odaklı ve daha verimli bir tarama yöntemi olarak nitelenmektedir. Pamuk bitkisinin de *in vivo* ve *in vitro* koşullarda pamuk genotiplerinin toleranslarının belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur (Baohong ve Yun, 1999), (Meloni ve ark., 2001), (Meloni ve ark., 2002), (Vamadevaiah ve ark., 2003), (Jiang ve ark., 2006), (Öz ve Karasu, 2007), (Chachar ve ark., 2008), (Koyuncu, 2008), (Basalah, 2010), (Nirmala, 2011), (Zahid ve ark., 2014), (Saleh, 2016), (Şahin ve Akçalı, 2016).

Ayrıca pamuk bitkisinde tuza tolerans bakımından moleküler markörlere dayalı seleksiyon imkanları üzerine de bazı çalışmalar yürütülmüştür (Das ve ark., 2016). Pamukta tuz stresi altında farklı mekanizmalarda rol alan çok sayıda gen tetiklenmektedir. Bu genler transformasyon vektörleri ile klonlanarak bitkilere transfer edilmekte olup, gen ifadesi artırılarak ya da azaltılarak tuza tolerans seviyesi artırılmaya ve tuz hasarının azaltılmasına çalışılmaktadır. Pamuk bitkisinde de yapılan bir çalışmada transgenik pamuk hatlardaki düşük malondialdehit (MDA) seviyesi ile yabancı tiplere kıyasla nispeten düşük seviyede oksidatif hasara sahip olduğunu gösterilmiştir (Rauf ve ark., 2014). Bu çalışmada da Ülkemizde özellikle sulanan tuzlu alanlarda yaygın olarak yetiştirilen 15 farklı pamuk çeşidinin *in vitro* ortamda tuzluluğa toleranslarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Bitkisel Materyal

Yapılan çalışmada Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsünden temin edilen M-342, SC 2079, N 84-S, SC 2009, M-39, ES-1, Şahin 2000, Aydın 110, Ege 9713, Nazilli 92-13, Ege 69, Maraş 32, Nazilli-87, Nazilli-84 ve Harem 2 çeşidi kullanılmıştır.

2.2. Tohumların Yüzey Sterilizasyonu ve Çimlendirilmesi

Tohum üzerinde bulunan hav sülfürik asit (H_2SO_4) ile 1 dk muamele edildikten sonra uzaklaştırılmış olup, tohumlar şebeke suyu altında 30 dakika bekletilmiş daha sonra %15'lik hidrojen peroksit (H_2O_2) ile 20 dk süreyle sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir.

2.3. Büyüme Ortamları ve Kültür Koşulları

Çalışmalarda MS (Murashige ve Skoog, 1962) mineral tuz ve vitaminleri kullanılmıştır. Besi ortamı hazırlamak için %3 sukroz ve %0,3'lük fitajel ile katıştırılan temel besin ortamı (MS) kullanılmıştır. Hazırlanan ortamların pH'ı 1N NaOH ya da 1N HCl kullanılarak 5,8'e ayarlandıktan sonra ortamlar 1,2 atmosfer basınç altında ve 121°C'de 20 dakika tutularak sterilizasyon sağlanmıştır. Bütün kültür kapları kontrollü büyüme odasında $\pm 24^\circ C$ 'de 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık fotoperiyotta büyütülmeye çalışılmıştır.

2.4. Tuz Stres Uygulamaları

NaCl tuzu içeren besin ortamı kullanılan çeşitlerin NaCl'e toleranslıklarını tespit etmek için temel besin ortamına farklı dozlarda NaCl tuzu (0, 50 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM ve 250 mM) ilave edilmiştir. Yüzey sterilizasyonundan sonra steril petri içerisinde steril beyaz kurutma kağıtlarının arasına aktarılan tohumlar 30 °C çimlendirilmeye bırakılmıştır. Sterilizasyon sonrası 2-3 günlük çimlenmiş tohumlardan embriyo eksplantlarına hasar vermeden izole edilmiş olup, embriyolar *in vitro* koşullarda pens ve bisturi yardımıyla farklı konsantrasyonlarda tuz içeren MS ortamına yerleştirilmiştir. *In vitro* kültür koşullarında, farklı tuz konsantrasyonlarında denemeye alınan pamuk çeşitlerinin morfolojik özelliklerinin saptanması 5. haftanın sonunda gerçekleştirilmiştir.

2.5. Bitki Boyu (cm)

Pamuk fidelerin kök boğazından en üst tepe noktasına kadar olan mesafe cetvel yardımıyla cm birimiyle ölçülmek suretiyle belirlenmiştir.

2.6. Bitki Yaş Ağırlığı (g)

Pamuk fidelerin kökleri ile birlikte tüm organlarının ağırlığı hassas terazi ile tartılarak bitki başına yaş ağırlık mg birimiyle belirlenmiştir.

2.7. Bitki kuru ağırlığı (g)

Pamuk fidelerin kökleri ile birlikte tüm organlarının etüvde 40°C sıcaklıkta 36 saat bekletildikten sonra ağırlığı hassas terazi ile tartılarak bitki başına kuru ağırlık mg birimiyle belirlenmiştir.

2.8. Yaş kök ağırlığı (g)

Pamuk fidelerin köklerini gövdesinden ayırmak suretiyle ağırlığı hassas terazi ile tartılarak bitki başına yaş ağırlık mg birimiyle belirlenmiştir.

2.9. Kök sayısı (adet)

Kültür başlangıcından 5. haftanın sonunda *in vitro* gelişen pamuk fideleri kök meydana getirmiş ise bu kökler sayılarak bitki başına kök sayısı adet olarak belirlenmiştir.

2.10. Kazık Kök ölçümü (cm)

Kültür başlangıcından 5. haftanın sonunda *in vitro* kök meydana getirmiş pamuk fidelerinin üzerinde en uzun olan kök seçilmek suretiyle cetvel ile cm birimiyle belirlenmiştir.

2.11. Yaprak sayısı (adet)

Pamuk fidelerinde oluşmuş yapraklar sayılarak bitki başına yaprak sayısı adet olarak belirlenmiştir.

2.12. Yaprak eni (cm)

Kültür Pamuk fidelerindeki yapraklardan ilk yaprak seçilmiş olup, yapraktaki yaprak eni ve boyu cetvel yardımıyla ölçülerek cm birimiyle belirlenmiştir.

2.13. Yaprak boyu (cm)

Pamuk fidelerindeki yapraklardan ilk yaprak seçilmiş olup, yaprak boyu cetvel yardımıyla ölçülerek cm birimiyle belirlenmiştir.

2.14. Tuz tolerans indeksi yüzdesi

Tuz tolerans indeksi yüzdesi (%) $TTI = (Sx \text{ uygulamasındaki TKA} / S1 \text{ uygulamasındaki TKA}) \times 100$ TTI = Tuz Tolerans indeksi, TKA = toplam kuru ağırlık, S1 = Kontrol uygulaması, Sx = farklı tuz uygulaması (Bağcı ve ark., 2007) tarafından belirtildiği gibi uygulanmıştır.

2.15. İstatistiksel değerlendirme

Deneme, Tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve her muamele, içerisinde 5 adet eksplantın bulunduğu 3 tekerrürlü Magenta Ga7 kutuları veya petrilere oluşturulmuştur. Elde edilen veriler "SPSS 17 for Windows" programı yardımıyla varyans analizine tabi

tutulmuş muamele ortamlarını karşılaştırmak amacıyla M-stat C bilgisayar programında Tukey testi kullanılmıştır (Snedecor ve Cochran, 1967).

3. Bulgular ve Tartışma

Bitki boyu (cm), tuz konsantrasyonlarının bitki boyu ve tuz x çeşit interaksyonunun ise pamuk çeşitlerinin bitki boyları üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki boyu ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 1)'de verilmiştir.

Çizelge 1. *In vitro* tuz stresi uygulamasının farklı pamuk çeşitlerinde bitki boyu (cm) üzerine etkisi

Table 1. The effect of *in vitro* salt stress on plant heights (cm) of different cotton plant cultivars

Çeşit	Dozlar												ORTALAM A	
	0 mM		50 mM		100 mM		150 mM		200 mM		250 mM			
N-342	11.16	ab*	11.11	ab	7.57	b-s	8.63	a-n	6.61	b-v	3.15	q-v	8.04	a**
SC 2079	10.02	a-h	8.92	a-m	5.86	c-v	3.97	n-v	2.11	u-v	1.77	v	5.44	c-e
Şahin 2000	10.63	abc	9.74	a-i	9.10	a-ı	8.41	a-o	8.00	b-r	6.35	b-v	8.70	a
N 84-S	12.93	a	7.43	b-s	10.11	a-g	6.51	b-v	4.84	i-v	3.32	p-v	7.52	ab
Aydın 110	10.34	a-f	9.05	a-l	3.58	o-v	4.25	i-v	3.95	n-v	1.73	v	5.48	c-e
Ege 9713	9.31	a-k	6.84	b-u	4.03	m-v	4.26	i-v	3.05	s-v	1.73	v	4.87	ef
Nazilli 92-13	11.24	ab	10.40	a-e	5.17	h-v	5.86	c-v	3.95	n-v	2.08	uv	6.45	b-d
SC 2009	5.89	c-v	4.93	i-v	3.55	o-v	3.33	p-v	1.97	uv	2.00	uv	3.61	f
Ege 69	10.59	a-d	7.09	b-t	6.51	b-v	5.45	f-v	4.27	i-v	2.32	t-v	6.04	c-e
M-39	9.52	a-j	8.14	a-p	3.94	n-v	4.69	j-v	2.85	s-v	1.94	uv	5.18	de
Maraş 32	8.17	a-p	8.55	a-n	5.63	e-v	5.76	c-v	5.69	d-v	2.89	s-v	6.12	c-e
Nazilli-87	9.52	a-j	7.04	b-t	8.99	a-ı	6.12	c-v	4.57	k-v	3.38	p-v	6.60	bc
Nazilli-84	8.03	a-q	7.09	b-t	5.35	g-v	5.31	g-v	5.17	h-v	3.97	n-v	5.82	c-e
Harem 2	8.60	a-n	9.68	a-ı	5.75	c-v	4.74	j-v	3.10	r-v	2.02	uv	5.65	c-e
ES-1	9.59	a-j	9.39	a-k	5.41	g-v	5.21	g-v	3.93	n-v	1.79	v	5.89	c-e
Ortalama	9.70	a***	8.36	b	6.04	c	5.50	c	4.27	d	2.70	e	6.09	

LSD = 0.6911, *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistikî farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistikî farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistikî farklılık vardır

Tuz uygulamalarının bitki boylarına etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonu ile birlikte bitki boylarında bir azalış görülmektedir. En yüksek bitki boyu kontrol uygulamasından (9.70 cm) olarak belirlenirken en düşük bitki boyu değeri 250 mM tuz uygulamasından (2.70 cm) olarak belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları ve çeşitler arasındaki interaksyonuna göre en yüksek bitki boyu (12.93 cm) N 84-S çeşidi kontrol dozunda, en düşük bitki boyu ise (1.73 cm) ile Aydın 110 ve Eg 9713 çeşitlerinde 250 mM tuz konsantrasyonunda saptanmıştır. Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki boyu Şahin 2000, N-342 ve N 84-S çeşitlerinde belirlenmiştir. Yapılan başka bir çalışmada benzer olarak, farklı pamuk çeşitlerinde yaptıkları çalışmada artan tuz uygulamaları ile birlikte çeşitler arasında farklılıkların ortaya çıktığını ve bitki boylarının tuz uygulamalarından olumsuz yönde etkilendiğini bildirmişlerdir (Öz ve Karasu, 2007). Başka bir çalışmada ise 15 farklı pamuk çeşidinin 3 değişik tuz konsantrasyonları altında (0, 125 ve 250 mM) bitki boyunun pamuk genotipi arasında önemli farklılıklar görülmüş olup, Şahin 2000, Nazilli M 503 ve TAM94L-25 tuz stresine toleranslı olduğu saptanmıştır (Basal, 2010).

Bitki yaş ağırlığı (g), farklı tuz konsantrasyonlarının bitki yaş ağırlığı ve tuz x çeşit interaksyonunun ise pamuk çeşitlerinin bitki yaş ağırlığı üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki yaş ağırlığı ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 2)'de verilmiştir.

Çizelge 2. *İn vitro* tuz stresi uygulamasının farklı pamuk çeşitlerinde bitki yaş ağırlığı (g) üzerine etkisi

Table 2. The effect of *in vitro* salt stress on plant fresh weight (g) of different cotton plant cultivars

Çeşit	Dozlar										Ortalama			
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	250 mM								
N-342	2.22	a-k	2.22	a-k	1.61	b-u	1.31	e-v	1.09	h-v	0.80	m-v	1.54	bc
SC 2079	2.36	a-h*	2.52	a-g	1.29	f-v	0.97	i-v	0.46	s-v	0.46	s-v	1.34	cd
Şahin 2000	2.12	a-m	1.96	a-q	1.84	a-s	1.50	c-v	1.52	c-v	1.57	b-v	1.75	b
N 84-S	1.10	h-v	0.94	j-v	1.70	a-t	1.19	g-v	0.84	k-v	1.39	c-v	1.19	c-e
Aydın 110	1.98	a-p	2.05	a-n	0.70	n-v	0.89	j-v	0.76	m-v	0.33	t-v	1.12	d-f
Ege 9713	0.89	j-v	1.07	h-v	0.60	p-v	0.43	t-v	0.33	t-v	0.28	uv	0.60	g
Nazilli 92-13	1.46	c-v	1.54	b-v	0.93	j-v	0.82	m-v	0.45	t-v	0.36	t-v	0.93	e-g
SC 2009	1.36	c-v	0.90	j-v	0.61	p-v	0.65	o-v	0.39	t-v	0.63	p-v	0.76	fg
Ege 69	1.32	d-v	0.58	q-v	0.49	r-v	0.42	t-v	0.30	uv	0.20	v	0.55	g
M-39	1.43	c-v	1.60	b-u	0.59	q-v	1.22	g-v	0.83	l-v	0.52	r-v	1.03	d-f
Maraş 32	0.89	j-v	1.22	g-v	0.96	i-v	1.36	c-v	1.62	b-u	0.80	m-v	1.14	d-f
Nazilli-87	2.69	a-e	2.67	a-f	3.08	a	2.24	a-j	2.02	a-o	1.70	b-t	2.40	a
Nazilli-84	2.69	a-d	2.91	ab	2.32	a-ı	2.64	a-f	2.73	a-c	2.21	a-ı	2.58	a**
Harem 2	1.33	d-v	1.69	b-t	1.87	a-t	1.18	g-v	0.88	j-v	0.96	i-v	1.32	cd
ES-1	2.11	a-m	2.07	a-n	1.66	b-u	1.12	h-v	0.88	j-v	0.34	t-v	1.37	cd
Ortalama	1.73	a***	1.73	a	1.35	b	1.20	bc	1.01	cd	0.84	d	1.31	

LSD = 0.1941, *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

Tuz uygulamalarının bitki yaş ağırlığı etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonu ile birlikte bitki yaş ağırlığında bir azalış görülmektedir. En yüksek bitki yaş ağırlığı kontrol ve 50 mM uygulamalarından (1.73 g) olarak belirlenirken en düşük bitki yaş ağırlığı değeri 250 mM tuz uygulamasından (0.84 g) olarak belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları ve çeşitler arasındaki interaksyonuna göre en yüksek bitki yaş ağırlığı (3.08 g) Nazilli-87 çeşidi 100 mM dozunda, en düşük bitki boyu ise (0.20 g) ile Ege 69 çeşidinde 250 mM tuz konsantrasyonunda saptanmıştır. Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki yaş ağırlığı Nazilli-87, Nazilli-84, Şahin 2000, SC 2079 ve N-342 çeşitlerinde belirlenmiştir. Benzer sonuçlar (Taghipour ve Salehi, 2008) yaptıkları çalışmada 12 arpa çeşidinde kalsiyum klorür ve sodyum klorür sürgün yaş ağırlığının azaldığını göstermiştir. Sına, Gorgan ve Dasht çeşitlerinin tüm tuz dozlarında dayanıklı oldukları saptanmıştır. (Basal, 2010) yapılan bir çalışmada incelenen tüm özellikler için artan tuz seviyesi ile 15 pamuk genotipi arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Tuz stresi olmadan iyi vejetatif büyümeye sahip olup, pamuk genotiplerinin de tuz stresi altında iyi vejetatif büyüme göstermiş ve bu sonuçlar (Nirmala, 2011; Khenifi ve ark., 2011) elde edilen sonuçlara benzerlik göstermiştir.

Bitki kuru ağırlığı (g), farklı tuz konsantrasyonlarının bitki kuru ağırlığı ve tuz x çeşit interaksyonunun ise pamuk çeşitlerinin bitki yaş ağırlığı üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki kuru ağırlığı ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 3)'te verilmiştir.

Tuz uygulamalarının bitki kuru ağırlığı etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonu ile birlikte bitki kuru ağırlığında bir azalış görülmektedir. En yüksek bitki yaş ağırlığı kontrol uygulamasından (0.11 g) olarak belirlenirken en düşük bitki kuru ağırlığı değeri 250 mM tuz uygulamasından (0.07 g) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. *İn vitro* tuz stresi uygulamasının farklı pamuk çeşitlerinde bitki kuru ağırlığı (g) üzerine etkisi

Table 3. The effect of *in vitro* salt stress on plant dry weight (g) of different cotton plant cultivars

Çeşit	Dozlar										Ortalama			
	0 mM		50 mM		100 mM		150 mM		200 mM			250 mM		
N-342	0.10	ab	0.09	ab	0.10	ab	0.09	ab	0.09	ab	0.08	ab	0.09	a-d
SC 2079	0.16	ab*	0.14	ab	0.07	ab	0.05	b	0.05	b	0.02	b	0.08	a-d
Şahin 2000	0.08	ab	0.07	ab	0.05	ab	0.05	b	0.11	ab	0.24	a	0.10	a-c
N 84-S	0.07	ab	0.08	ab	0.08	ab	0.08	ab	0.07	ab	0.03	b	0.07	b-d
Aydın 110	0.15	ab	0.18	ab	0.13	ab	0.15	ab	0.07	ab	0.06	ab	0.12	a**
Ege 9713	0.10	ab	0.08	ab	0.06	ab	0.05	ab	0.03	b	0.03	b	0.06	cd
Nazilli 92-13	0.12	ab	0.09	ab	0.07	ab	0.06	ab	0.05	b	0.03	b	0.07	b-d
SC 2009	0.10	ab	0.07	ab	0.07	ab	0.06	ab	0.04	b	0.04	b	0.07	b-d
Ege 69	0.10	ab	0.09	ab	0.06	ab	0.04	b	0.02	b	0.01	b	0.05	d
M-39	0.12	ab	0.12	ab	0.10	ab	0.10	ab	0.06	ab	0.07	ab	0.09	a-d
Maraş 32	0.09	ab	0.07	ab	0.10	ab	0.15	ab	0.11	ab	0.13	ab	0.11	ab
Nazilli-87	0.12	ab	0.11	ab	0.12	ab	0.09	ab	0.10	ab	0.08	ab	0.10	a-c
Nazilli-84	0.13	ab	0.11	ab	0.10	ab	0.10	ab	0.09	ab	0.08	ab	0.10	a-c
Harem 2	0.10	ab	0.12	ab	0.15	ab	0.11	ab	0.19	ab	0.07	ab	0.12	a
ES-1	0.13	ab	0.13	ab	0.10	ab	0.09	ab	0.07	ab	0.05	b	0.10	a-d
Ortalama	0.11	a***	0.10	ab	0.09	a-c	0.08	bc	0.08	bc	0.07	c	0.09	

LSD = 0.02582, *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

Tuz konsantrasyonları ve çeşitler arasındaki interaksyonuna göre En yüksek bitki kuru ağırlığı (0.24 g) ile 250 Mm dozundan Şahin 2000'den elde edilmişken, en düşük bitki kuru ağırlığı ise (0.01 g) ile Eg 69 çeşidinde 250 mM tuz konsantrasyonunda saptanmıştır. Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki kuru ağırlığı SC 2079, Aydın 110, Nazilli-87 ve Nazilli-84 çeşitlerinde belirlenmiştir. Benzer sonuçlar (Turan, 2000; Revathı ve Arumugam, 2015; Soares ve ark, 2018) yaptıkları çalışmalarda bitkilerin kuru ağırlığı benzerlik olduğu tespit edilmiş ve tuz konsantrasyonları arttıkça bitki kuru ağırlığı azalmaların olduğu görülmüştür.

Yaş kök ağırlığı (g), farklı tuz konsantrasyonlarının bitki yaş kök ağırlığı ve tuz x çeşit interaksyonunun ise pamuk çeşitlerinin bitki yaş kök ağırlığı üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki yaş kök ağırlığı ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 4)'te verilmiştir.

Tuz uygulamalarının bitki yaş kök ağırlığı değerlerine olan etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonu ile birlikte bitki yaş kök ağırlığında bir azalış olduğu görülmektedir. En yüksek bitki yaş kök ağırlığı kontrol ve 50 mM uygulamasında (0.41 g) olarak belirlenirken, en düşük bitki yaş kök ağırlığı değeri 200 mM tuz uygulamasında (0.13 g) olarak belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları ve çeşitler arasındaki interaksyona göre en yüksek bitki yaş kök ağırlığı değeri (0.95 g) ile SC 2079 çeşidinin kontrol dozunda, en düşük bitki yaş kök ağırlığı değeri ise (0.01 g) ile Ege 69 ve SC 2079 çeşidinin 250 mM tuz konsantrasyonunda saptandığı görülmektedir (Çizelge 4). Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki yaş kök ağırlığı Şahin 2000, Nazilli-87, Nazilli-84, SC 2079 ve ES-1 çeşitlerinde belirlenmiştir.

Çizelge 4. *İn vitro* tuz stresi uygulamasının farklı pamuk çeşitlerinin yaş kök ağırlığı (g) üzerine etkisi
 Table 4. The effect of *in vitro* salt stress on plant fresh root weight (g) of different cotton plant cultivars

Çeşit	DOZLAR												ORTALAM A	
	0 Mm		50 mM		100 mM		150 Mm		200 mM		250 mM			
N-342	0.65	a-e	0.58	a-h	0.40	a-h	0.22	b-h	0.16	c-h	0.08	e-h	0.35	a-c
SC 2079	0.82	ab*	0.95	a	0.24	b-h	0.14	c-h	0.01	h	0.01	h	0.36	ab
Şahin 2000	0.73	a-c	0.63	a-g	0.51	a-h	0.41	a-h	0.15	c-h	0.11	d-h	0.42	a**
N 84-S	0.23	b-h	0.09	d-h	0.25	b-h	0.19	c-h	0.09	d-h	0.69	a-d	0.26	a-d
Aydın 110	0.50	a-h	0.51	a-h	0.02	gh	0.11	d-h	0.05	e-h	0.04	e-h	0.21	b-e
Ege 9713	0.14	c-h	0.19	c-h	0.04	f-h	0.02	h	0.02	h	0.02	h	0.07	e
Nazilli 92-13	0.34	b-h	0.38	a-h	0.14	c-h	0.10	d-h	0.10	d-h	0.10	d-h	0.19	c-e
SC 2009	0.30	b-h	0.17	c-h	0.06	e-h	0.06	e-h	0.03	f-h	0.05	e-h	0.11	de
Ege 69	0.34	a-h	0.12	c-d	0.10	d-h	0.05	e-h	0.02	gh	0.01	h	0.11	de
M-39	0.30	b-h	0.35	a-h	0.03	gh	0.19	c-h	0.09	d-h	0.02	gh	0.16	de
Maraş 32	0.08	d-h	0.20	c-h	0.14	c-h	0.17	c-h	0.34	b-h	0.33	a-h	0.21	b-e
Nazilli-87	0.53	a-h	0.54	a-h	0.41	a-h	0.36	a-h	0.36	a-h	0.30	b-h	0.42	a
Nazilli-84	0.52	a-h	0.47	a-h	0.40	a-h	0.40	a-h	0.36	a-h	0.37	a-h	0.42	a
Harem 2	0.12	d-h	0.30	b-h	0.40	a-h	0.20	c-h	0.09	d-h	0.02	gh	0.19	c-e
ES-1	0.58	a-h	0.64	a-f	0.46	a-h	0.23	b-h	0.11	d-h	0.04	e-h	0.34	a-c
Ortalama	0.41	a***	0.41	a	0.24	b	0.19	bc	0.13	c	0.15	c	0.25	

LSD = 0.08563 *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

Kök sayısı (adet), farklı tuz konsantrasyonlarının bitki kök sayısı ve tuz x çeşit etkileşiminin ise pamuk çeşitlerinin bitki kök sayısı üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki kök sayısı ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 5)'te verilmiştir.

Çizelge 5. *İn vitro* tuz stresi uygulamasının farklı pamuk çeşitlerinin kök sayısı (adet) üzerine etkisi

Table 5. The effect of *in vitro* salt stress on plant fresh root number of different cotton plant cultivars

Çeşit	DOZLAR												ORTALAM A	
	0 mM		50 mM		100 mM		150 mM		200 mM		250 mM			
N-342	17.53	a-1	17.40	a-1	13.73	a-1	9.92	b-1	9.80	b-1	3.87	f-1	12.04	ac**
SC 2079	16.20	a-1	11.73	a-1	6.07	c-1	2.60	f-1	1.13	ı	1.40	hı	6.52	de
Şahin 2000	16.93	a-1	12.47	a-1	8.07	b-1	6.60	c-1	8.87	b-1	5.00	d-1	9.66	b-e
N 84-S	28.80	a*	10.40	b-1	24.27	ab	13.67	a-1	6.20	c-1	4.67	d-1	14.67	a
Aydın 110	17.40	a-1	24.00	ab	2.27	g-1	4.80	d-1	1.27	ı	1.00	ı	8.46	b-e
Ege 9713	21.53	a-d	13.20	a-1	2.93	f-1	3.67	f-1	1.20	ı	1.00	ı	7.26	de
Nazilli 92-13	17.53	a-1	17.40	a-1	14.13	a-1	12.93	a-1	9.80	b-1	6.27	c-1	13.01	ab
SC 2009	11.33	b-1	6.33	c-1	2.87	f-1	2.13	hı	1.80	hı	1.73	hı	4.37	e
Ege 69	21.00	a-e	10.93	b-1	9.27	b-1	6.80	c-1	4.67	d-1	1.53	hı	9.03	b-e
M-39	19.47	a-f	19.33	a-g	2.67	f-1	5.27	d-1	3.53	f-1	1.67	hı	8.66	b-e
Maraş 32	11.00	b-1	11.40	b-1	5.93	c-1	7.33	b-1	7.67	b-1	1.27	ı	7.43	c-e
Nazilli-87	12.27	a-1	11.87	a-1	10.73	b-1	11.73	a-1	9.27	b-1	7.73	b-1	10.60	a-d
Nazilli-84	11.60	b-1	13.20	a-1	11.67	b-1	11.07	b-1	10.07	b-1	7.87	b-1	10.91	a-d
Harem 2	9.80	b-1	18.40	a-1	12.80	a-1	4.33	e-1	3.73	f-1	1.73	hı	8.47	b-e
ES-1	22.80	a-c	21.40	a-e	18.40	a-h	8.27	b-1	3.73	f-1	1.00	ı	12.60	ab
Ortalama	17.01	a***	14.63	a	9.72	b	7.41	bc	5.52	cd	3.18	d	9.58	

LSD = 2.404, *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

Tuz uygulamalarının bitki kök sayısı etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonuyla birlikte bitki kök sayısında bir azalış görülmektedir. En yüksek bitki kök sayısı kontrol uygulamasından (17.01 adet) olarak belirlenirken en düşük bitki kök sayısı değeri 250 mM tuz uygulamasından (3.18 adet) olarak belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları ve çeşitler

arasındaki interaksiyonuna göre en yüksek bitki kök sayısı (28.80 adet) N 84-S çeşidi kontrol dozunda, en düşük bitki kök sayısı ise (1 adet) ile Aydın 110, ES-1, Maraş 32 ve Ege 9713 çeşitlerinde 250 mM tuz konsantrasyonunda saptanmıştır. Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki kök sayısı N 84-S, Nazilli 9213, ES-1, N-342 ve Nazilli-84 çeşitlerinde belirlenmiştir.

Kök uzunluğu (cm), farklı tuz konsantrasyonlarının bitki kök uzunluğu ve tuz x çeşit interaksiyonunun ise pamuk çeşitlerinin bitki kök uzunluğu üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki kök uzunluğu ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 6)'da verilmiştir.

Çizelge 6. *In vitro* tuz stresi uygulamalarının farklı pamuk çeşitlerinin kök uzunluğu (cm) üzerine etkisi

Table 6. The effect of *in vitro* salt stress on plant root length of different cotton plant cultivars

Çeşit	Dozlar								Ortalama					
	0 mM	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	250 mM								
N-342	15.25	a-e	14.58	a-h	13.72	a-j	9.05	a-p	11.92	a-o	5.73	c-p	11.71	a**
SC 2079	19.59	a**	14.94	a-f	7.91	b-p	5.57	c-p	1.56	n-p	1.01	op	8.43	b-e
Şahin 2000	16.60	a-c	13.01	a-l	10.65	a-p	9.61	a-p	10.69	a-p	7.01	b-p	11.26	ab
N 84-S	8.79	a-p	3.99	f-p	8.87	a-p	7.45	b-p	7.01	b-p	5.19	d-p	6.88	d-f
Aydın 110	10.37	a-m	11.21	a-p	2.12	l-p	7.01	b-p	2.71	j-p	2.14	l-p	5.93	ef
Ege 9713	12.69	a-p	12.17	a-n	8.21	b-p	8.21	b-p	4.16	f-p	2.19	l-p	7.94	c-f
Nazilli 92-13	10.37	a-p	11.21	a-p	3.54	h-p	8.95	a-p	2.71	j-p	2.14	l-p	6.49	ef
SC 2009	11.70	a-o	7.29	b-p	1.69	m-p	3.51	l-p	3.13	l-p	2.56	k-p	4.98	f
Ege 69	12.89	a-l	6.45	c-p	5.37	d-p	4.47	e-p	2.74	j-p	1.83	m-p	5.63	ef
M-39	11.54	a-p	11.59	a-p	5.21	d-p	7.43	b-p	4.19	f-p	2.47	k-p	7.07	d-f
Maraş 32	10.71	a-p	10.77	b-p	7.92	b-p	8.41	b-p	8.94	a-p	3.73	g-p	8.41	b-e
Nazilli-87	13.81	a-l	9.53	a-p	10.26	a-p	9.96	a-p	7.85	b-p	7.31	b-p	9.79	a-d
Nazilli-84	14.79	a-f	13.40	a-k	10.91	a-p	11.10	a-p	8.36	b-p	9.21	a-p	11.30	ab
Harem 2	10.03	a-p	10.47	a-p	13.05	a-p	7.09	b-p	4.45	e-p	3.41	l-p	8.08	c-e
ES-1	15.84	a-d	14.73	a-g	17.66	ab	10.54	a-p	4.45	e-p	0.65	p	10.64	a-c
Ortalama	13.00	a***	11.02	b	8.47	c	7.89	c	5.66	d	3.77	e	8.30	

LSD = 1.551, *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

Tuz uygulamalarının bitki kök uzunluğu etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonuyla birlikte bitki kök uzunluğunda bir azalış görülmektedir. En yüksek bitki kök uzunluğu kontrol uygulamasından (13 cm) olarak belirlenirken en düşük bitki kök uzunluğu değeri 250 mM tuz uygulamasından (3.77 cm) olarak belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları ve çeşitler arasındaki interaksiyonuna göre en yüksek bitki kök uzunluğu (19.59 cm) SC 2079 çeşidi kontrol dozunda, en düşük bitki kök uzunluğu ise (0.65 cm) ile ES-1 çeşidinde 250 mM tuz konsantrasyonunda saptanmıştır. Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki kök uzunluğu SC 2079, Şahin 2000, N-342, ES-1 ve Nazilli-84 çeşitlerinde belirlenmiştir.

Yaprak sayısı (adet), farklı tuz konsantrasyonlarının bitki yaprak sayısı ve tuz x çeşit interaksiyonunun ise pamuk çeşitlerinin bitki yaprak sayısı üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki yaprak sayısı ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 7)'de verilmiştir.

Tuz uygulamalarının bitki yaprak sayısı etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonuyla birlikte bitki yaprak sayısında bir azalış görülmektedir. En yüksek bitki yaprak sayısı 50 mM uygulamasından (2.85 adet) olarak belirlenirken en düşük bitki yaprak sayısı değeri 250 mM tuz uygulamasından (1.78 adet) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 7. *İn vitro* tuz stresi uygulamasının farklı pamuk çeşitlerinde bitki yaprak sayısı üzerine etkisi

Table 7. The effect of *in vitro* salt stress on number plant leaves of different cotton plant cultivars

Çeşit	Dozlar										Ortalama			
	0 Mm	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	250 mM								
N-342	3.47	a-c*	3.40	a-d	3.20	a-g	2.73	a-h	2.93	a-h	2.13	a-h	2.98	a**
SC 2079	3.27	a-f	3.13	a-h	2.60	a-h	2.53	a-h	2.00	a-h	1.80	a-h	2.56	a-e
Şahin 2000	3.40	a-d	3.20	a-g	2.80	a-h	2.27	a-h	3.00	a-h	2.47	a-h	2.86	ab
N 84-S	2.53	a-h	3.33	a-e	3.60	ab	3.33	a-e	2.87	a-h	1.33	gh	2.83	a-c
Aydın 110	3.27	a-f	3.00	a-h	1.80	a-h	2.20	a-h	2.00	a-h	1.87	a-h	2.36	b-e
Ege 9713	2.60	a-h	2.33	a-h	1.73	b-h	2.20	a-h	2.00	a-h	1.87	a-h	2.12	e-g
Nazilli 92-13	2.33	a-h	2.93	a-h	2.00	a-h	1.93	a-h	1.87	a-h	1.47	e-h	2.09	e-g
SC 2009	3.67	a	3.00	a-h	2.00	a-h	2.33	a-h	1.87	a-h	1.73	b-h	2.43	b-e
Ege 69	2.73	a-h	3.13	a-h	2.67	a-h	2.20	a-h	2.93	a-h	1.67	c-h	2.56	a-e
M-39	2.67	a-h	2.80	a-h	1.93	a-h	2.20	a-h	2.13	a-h	1.87	a-h	2.27	d-f
Maraş 32	2.33	a-h	2.47	a-h	2.27	a-h	2.33	a-h	2.53	a-h	1.93	a-h	2.31	c-f
Nazilli-87	2.13	a-h	1.73	b-h	2.13	a-h	1.53	d-h	1.60	c-h	1.53	d-h	1.78	fg
Nazilli-84	1.27	h	1.67	c-h	1.53	d-h	1.60	c-h	2.00	a-h	1.60	c-h	1.61	g
Harem 2	2.27	a-h	3.40	a-d	3.33	a-e	2.07	a-h	2.00	a-h	2.00	a-h	2.51	a-e
ES-1	3.60	ab	3.27	a-f	3.27	a-f	2.53	a-h	2.07	a-h	1.40	f-h	2.69	a-d
Ortalama	2.77	a***	2.85	a	2.46	b	2.27	b	2.25	b	1.78	c	2.40	

LSD = 0.2696, *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

Tuz konsantrasyonları ve çeşitler arasındaki interaksiyonuna göre en yüksek bitki yaprak sayısı (3.67 adet) SC 2009 çeşidi kontrol dozunda, en düşük bitki yaprak sayısı ise (1.33 addet) ile N84-S çeşidinde 250 mM tuz konsantrasyonunda saptanmıştır. Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki yaprak sayısı SC 2009, Şahin 2000, N-342 ve Aydın 110 çeşitlerinde belirlenmiştir (Kasumov ve ark., 1998; Baohong ve Yun, 1999; Turan, 2000; Ghoulam ve Fares, 2001; Meloni ve ark., 2002) yapmış oldukları çalışmalarda normal kültür şartlarında 0 tuz ortamında yaprak sayısı fazla görülmüş ancak bu sayı *in vitro* şartlarda tuz miktarı arttıkça yaprak sayısında bir azalma saptanmıştır. Bu yapılan çalışmalar bizim çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmüştür.

Yaprak eni (cm), farklı tuz konsantrasyonlarının bitki yaprak eni ve tuz x çeşit interaksiyonunun ise pamuk çeşitlerinin bitki yaprak eni üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki yaprak eni ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 8)'de verilmiştir.

Çizelge 8. *İn vitro* tuz stresi uygulamasının farklı pamuk çeşitlerinde bitki yaprak eni (cm) üzerine etkisi

Table 8. The effect of *in vitro* salt stress on plant leaf width (cm) of different cotton plant cultivars

Çeşit	Dozlar										Ortalama			
	0 Mm	50 Mm	100 mM	150 mM	200 mM	250 Mm								
N-342	4.78	ab	4.55	a-d	3.96	a-j	3.61	a-p	3.66	a-o	2.87	c-u	3.90	a-c
SC 2079	4.42	a-e	3.94	a-k	3.42	a-r	3.16	b-t	2.84	d-u	2.13	j-u	3.32	d-f
Şahin 2000	4.31	a-f	4.11	a-h	3.88	a-l	3.90	a-l	4.17	a-g	3.96	a-j	4.06	ab
N 84-S	3.05	b-u	3.21	b-t	4.08	a-h	3.50	a-r	3.01	b-u	2.83	d-u	3.28	d-f
Aydın 110	5.13	a*	4.70	a-c	2.87	c-u	3.83	a-m	3.24	b-t	1.93	n-u	3.62	b-d
Ege 9713	3.85	a-m	4.07	a-ı	3.11	b-u	3.17	b-t	2.55	f-u	1.85	o-u	3.10	ef
Nazilli 92-13	4.75	ab	4.77	ab	3.91	a-l	4.42	a-e	4.11	a-h	3.84	a-m	4.30	a**
SC 2009	2.17	j-u	1.83	o-u	1.74	q-u	1.67	r-u	1.41	tu	1.57	s-u	1.73	ı
Ege 69	3.53	a-q	2.18	j-u	2.43	g-u	2.03	m-u	1.78	p-u	1.29	u	2.21	hı
M-39	4.53	a-d	4.45	a-e	3.19	b-t	3.73	a-n	3.12	b-u	2.07	l-u	3.52	c-e
Maraş 32	3.92	a-k	4.20	a-g	3.45	a-r	4.09	a-h	3.14	b-t	1.85	o-u	3.44	c-e
Nazilli-87	3.58	a-q	2.99	b-u	3.00	b-u	3.12	b-u	2.30	h-u	2.45	g-u	2.91	fg
Nazilli-84	3.50	a-r	2.67	e-u	2.22	ı-u	2.40	g-u	2.12	k-u	2.20	j-u	2.52	gh
Harem 2	3.80	a-m	4.23	a-g	3.86	a-m	3.79	a-m	3.25	b-t	2.04	m-u	3.49	c-e
ES-1	4.23	a-g	4.34	a-f	4.08	a-h	3.40	a-s	2.55	f-u	1.93	n-u	3.42	c-f
Ortalama	3.97	a***	3.75	a	3.28	b	3.32	b	2.88	c	2.32	d	3.25	

LSD = 0.2588, *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiksel farklılık vardır

Tuz uygulamalarının bitki yaprak eni etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonuyla birlikte bitki yaprak eninde bir azalış görülmektedir. En yüksek bitki yaprak eni kontrol uygulamasından (3.97 cm) olarak belirlenirken en düşük bitki yaprak eni değeri 250 mM tuz uygulamasından (2.32 cm) olarak belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek bitki yaprak eni (5.13 cm) Aydın 110 çeşidi kontrol dozunda, en düşük bitki yaprak eni ise (1.29 cm) ile Ege 69 çeşidinde 250 mM tuz konsantrasyonunda saptanmıştır. Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki yaprak eni Aydın 110, N-342, Nazilli 92-13 ve M-39 çeşitlerinde belirlenmiştir.

Yaprak boyu (cm), farklı tuz konsantrasyonlarının bitki yaprak boyu ve tuz x çeşit etkisi interaksyonunun ise pamuk çeşitlerinin bitki yaprak boyu üzerine 0.01 seviyede önemli olup, bitki yaprak boyu ortalamaları arasındaki farklılıklara ait Tukey testi sonuçları (Çizelge 9)'da verilmiştir.

Çizelge 9. *In vitro* tuz stresi uygulamasının farklı pamuk çeşitlerinde bitki yaprak boyu (cm) üzerine etkisi

Table 9. The effect of *in vitro* salt stress on plant leaf length (cm) of different cotton plant cultivars

Çeşit	Dozlar										Ortalama			
	0 Mm	50 mM	100 mM	150 mM	200 mM	250 mM								
N-342	2.44	b-l	2.37	b-m	2.33	c-m	2.14	e-o	1.75	i-o	1.42	l-o	2.07	bc
SC 2079	2.49	b-l	2.65	a-k	1.97	g-o	1.72	i-o	1.56	j-o	1.42	l-o	1.97	cd
Şahin 2000	2.28	c-n	2.13	e-o	1.89	h-o	1.95	g-o	2.39	b-l	2.19	e-o	2.14	bc
N 84-S	2.38	b-l	2.20	e-o	3.42	a-c	2.13	e-o	1.87	h-o	2.14	e-o	2.36	b
Aydın 110	3.28	a-e	3.09	a-g	1.55	j-o	1.99	g-o	1.83	h-o	1.07	o	2.14	bc
Ege 9713	2.52	a-l	2.35	c-m	1.70	i-o	1.85	h-o	1.53	k-o	1.07	o	1.84	cd
Nazilli 92-13	2.82	a-l	2.69	a-j	1.99	g-o	2.25	d-n	2.36	c-m	2.23	d-o	2.39	b
SC 2009	3.67	a	3.37	a-d	3.52	ab	3.21	a-f	2.54	a-l	2.23	d-o	3.09	a**
Ege 69	2.19	e-o	2.49	b-l	1.73	i-o	1.53	j-o	1.22	m-o	1.08	o	1.71	d
M-39	2.90	a-h*	2.63	a-k	1.80	h-o	2.16	e-o	1.84	h-o	1.39	l-o	2.12	bc
Maraş 32	2.37	b-m	2.31	c-m	1.83	h-o	2.11	f-o	1.57	j-o	1.09	o	1.88	cd
Nazilli-87	2.15	e-o	2.19	e-o	2.22	d-o	1.43	l-o	1.91	h-o	2.03	g-o	1.99	cd
Nazilli-84	2.10	f-o	2.18	e-o	1.93	h-o	1.72	i-o	1.83	h-o	1.62	j-o	1.90	cd
Harem 2	2.20	e-o	2.43	b-l	2.12	f-o	1.98	g-o	1.87	h-o	1.49	k-o	2.02	cd
ES-1	2.53	a-l	2.93	a-h	2.52	a-l	2.01	g-o	1.67	i-o	1.14	no	2.13	bc
Ortalama	2.56	a***	2.53	a	2.17	b	2.01	bc	1.85	c	1.57	d	2.12	

LSD = 0.1623, *) Aynı tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

**) Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

***) Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.01 düzeyinde istatistiki farklılık vardır

Tuz uygulamalarının bitki yaprak boyu etkilerine bakıldığında, artan tuz konsantrasyonuyla birlikte bitki yaprak boyunda bir azalış görülmektedir. En yüksek bitki yaprak boyu kontrol uygulamasından (2.56 cm) olarak belirlenirken en düşük bitki yaprak boyu değeri 250 mM tuz uygulamasından (1.57 cm) olarak belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonları ve çeşitler arasındaki interaksyonuna göre en yüksek bitki yaprak boyu (2.90 cm) M-39 çeşidi kontrol dozunda, en düşük bitki yaprak boyu ise (1.09 cm) ile Maraş 32 çeşidinde 250 mM tuz konsantrasyonunda saptanmıştır. Çeşitler kendi içinde tüm doz ortalamalarına göre karşılaştırıldığında, en yüksek bitki yaprak boyu M-39, N-342, Nazilli 92-13 ve SC 2079 çeşitlerinde belirlenmiştir. Tuz tolerans indeksi değerleri 10.6 –146.1 arasında değişmiştir. En yüksek tuz tolerans indeksi 146.1 ile Harem 2 çeşidinde 100 Mm uygulamasında en düşük değer ise 10.6 ile Ege 69 çeşidinin 250 mM tuz konsantrasyonunda olduğu saptanmıştır. Harem 2 çeşidini, 121.1 tuz tolerans indeksi değeri ile Aydın 100 çeşidinin 50 mM tuz konsantrasyonunun takip ettiği Çizelge 10'da görülmektedir.

Çizelge 10. Farklı NaCl konsantrasyonlarının tuz tolerans indeksine etkisi
Table 10. The effect of different NaCl concentrations on salt tolerance index

Çeşit	Dozlar				
	50 mM	100 Mm	150 mM	200 Mm	250 mM
N-342	95.8	100.7	87.7	89.2	76.0
SC 2079	88.0	44.4	28.6	28.2	14.5
Şahin 2000	76.6	72.6	81.8	69.3	50.7
N 84-S	105.4	113.4	103.6	87.1	37.9
Aydın 110	121.1	87.3	106.0	50.5	42.7
Ege 9713	80.1	63.4	53.6	31.8	26.5
Nazilli92-13	74.2	60.2	50.0	37.2	24.7
SC 2009	76.7	74.7	64.4	41.1	43.8
Ege 69	87.4	59.6	40.4	19.9	10.6
M-39	96.7	79.3	78.3	48.4	58.2
Maraş 32	80.6	97.7	102.0	89.6	67.6
Nazilli-87	90.2	100.5	76.5	82.5	63.4
Nazilli-84	89.5	78.4	76.3	73.2	64.2
Harem 2	117.4	146.1	107.2	71.7	65.8
ES-1	99.9	77.7	68.8	56.0	39.7
Ortalama	92.5	81.6	73.2	56.5	44.8

N 342 çeşidinde 50, 100, 150, 200 mM tuz konsantrasyonlarında kayda değer farklılık gözlenmezken, 250 mM konsantrasyonunda önemli bir düşüş saptanmıştır. SC 2079 pamuk çeşidinde 50, 100, 150, 200 ve 250 mM tuz konsantrasyonlarında yine istatistik analizler ışığında ciddi bir şekilde düşüş görülmüşken, Şahin 2000 çeşidinde 50, 100, 150 mM tuz konsantrasyonlarında fark görülmezken, 200 ve 250 mM tuz uygulamalarında azalmalara rastlanmış olup, N 84-S pamuk çeşidi aynı tepkileri göstermiştir. Aydın 110 çeşidinde ise 50, 100, 150 mM tuz dozlarında farklılık göstermemişken, 200 ve 250 mM tuz konsantrasyonlarında azalmalar meydana gelmiştir. Ege 9713 çeşidi bütün tuz uygulamalarında önemli azalma kayıtları etmişken, Nazilli 92-13 çeşidi istatistik olarak Ege 9713 çeşidini takip etmiştir. SC 2009, Nazilli 87, Nazilli 84, Ege 69, N-342, M-39, Maraş 32 ve Harem 2 çeşitlerinde tuz konsantrasyonları arttıkça tuz tolerans indeksinde azalmalar görülmüştür. ES-1, Aydın 110, SC 2009, Şahin 2000, M-39 ve N 84-S pamuk çeşitleri tuza orta derecede toleranslı, Ege 69, SC 2079, Nazilli 92-13, Ege 9713 çeşitlerinin ise tuz stresine hassas genotipler olduğu belirlenmiştir.

4. Sonuç

Ülkemizde ıslah edilmiş bazı pamuk çeşitlerinin *in vitro* da farklı seviyelerde tuz uygulamasının çeşitlerin bazı agro-morfolojik özellikleri üzerine etkilerinin incelenmiş olup, tuz stresinin çeşitler üzerinde istatistik seviyede önemli etkisi olduğu saptanmıştır. Çalışmada tüm tuz konsantrasyonlarında 15 pamuk çeşidinin tamamında bitki biyokütlenin önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Artan tuz konsantrasyonlarına yaprak, sürgün ve adventif köklerin yaş ağırlıklarının çarpıcı şekilde azaldığı belirlenmiştir. Bu bulgular, farklı araştırmacıları çalışmalarlarıyla büyük ölçüde benzeştirdiği görülmektedir (Basal, 2010; Rahnama et al., 2010; Zhang et al., 2014; Moussouraki et al., 2019). Kullanılan pamuk çeşitleri ile tuz konsantrasyonları arasında oldukça önemli bir etkileşim sözkonusu olup, 50 mM'den daha yüksek NaCl konsantrasyonlarında tüm çeşitlerde şiddetli bir negatif etkilenme görülmüştür. Çalışmada incelenen parametreler ve tuz toleransı indeksi birlikte değerlendirildiğinde, N-342, Maraş 32, Harem 2, Nazilli-84, Nazilli-87 çeşitlerinin *in vitro* koşullarda çimlenme ve büyüme parametreleri açısından diğer genotiplere göre tuza daha toleranslı olduğu görülmüştür. ES-1, Aydın 110, SC 2009, Şahin 2000, M-39 ve N 84-S pamuk çeşitleri tuza orta derecede toleranslı tespit edilmişken, Ege 69, SC 2079, Nazilli 92-13, Ege 9713 çeşitlerinin ise tuz stresine hassas genotipler olduğu belirlenmiştir.

Ülkemizde tuzdan etkilenen pamuk üretim bölgelerinde tuzluluğa toleranslı çeşitlerin kullanımı tohum ve lif verimi açısından önemli olup, çalışma bulgularının moleküler verilerle desteklenerek ortaya konması bu bağlamda değerlidir.

5. Teşekkür

Çalışmada kullanılan pamuk çeşitleri Tarım ve Orman Bakanlığı, Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ziraat Yüksek Mühendisi Tülay EMREBAŞ tarafından temin edilmiştir.

6. Kaynaklar

- Bağcı, S.A., Ekiz, H., Yılmaz, A., 2007. Salt tolerance of sixteen wheat genotypes during seedling growth. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31: 363-372.
- Baohong, Z., Yun, Z., 1999. Effects of NaCl stress on cotton tissue culture and plant regeneration. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2(4):1085-1087.
- Basal, H., 2010. Response of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes to salt stress. Pakistan Journal of Botany, 42(1): 505-511.
- Basalah, O.M., 2010. Action of salinity on seed germination and seedling growth of (*Solanum melongena* L.). Journal of Agricultural Research, 36(1):64-72.
- Chachar, Q.I., Solangi, A.G., Verhoef, A., 2008. Influence of sodiumchloride on seed germination and seedling root growth of cotton (*Gossypium hirsutum*L.). Pakistan Journal of Botany, 40(1):183-197.
- Clayes, H., Van Landeghem, S., Dubois, M., Maleux, K., Inze, D., 2014. What is stress? dose-response effects in commonly used *in vitro* stress assays. Plant Physiology, 165(2):519-517.
- Das, P., Seal, P., Biswas, A.K., 2016. Regulation of growth antioxidants and sugar metabolism in rice (*oryza sativa* L.) seedlings by NaCl and its reversal by silicon. American Journal of Plant Sciences,7:623-638.
- Flowers, T.J., Colmer, T.D., 2008. Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist, 179(4):945–963.
- Ghoulam, C., Fares, K., 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.).Seed Science and Technology, 29: 357-364.
- ICAC., 2017. International Cotton Advisory Committee: <https://icac.generation10.net>. (Erişim tarihi: 10 Haziran 2019).
- Jiang, L., Duan, L., Tian, X., Wang, B., Zhang H., Zhang M., Li, Z., 2006. NaCl salinity stress decreased (Bt) protein content of transgenic Bt cotton seedling. Environmental and Experimental Botany, 55:315-320.
- Kasumov, N.A., Abbasova, Z.I., Gündüz G., 1998. Effects of salt stress of the respiratory components of someplants.Turkish Journal of Botany, 22:389-396.
- Khalid, A., Aftab, F., 2016. Effect of exogenous application of 24-epibrassinolide on growth, protein contents and antioxidant enzyme activities of *in vitro*-grown (*Solanum tuberosum* L) under salt stress. *In vitro Cellular &Developmental Biology-Plant*, 52(1):81-91.
- Khenifi, M.L., Boudjeniba, M., Kameli, A., 2011. Effects of salt stress on micropropagation of potato (*Solanum tuberosum* L.). African Journal of Biotechnology, 10(40):7840-7845.
- Koyuncu, N., 2008. Türkiye’de yetiştirilen ekmeçlik ve makarnalık buğday (*triticum*spp.) çeşitlerinin *in vitro* koşullarda tuza toleranslarının belirlenmesi. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 153 s Ankara.
- Lawlor, D.W., 2013. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. Journal of Experimental Botany, 64(1):83-108.
- Meloni, D.A., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., Martinez C.A., 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. Journal Of Plant Nutrition, 24(3):599-612.
- Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A., Cambaraia, J., 2002. Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. Environmental and Experimental Botany, 49(1):69-76.
- Moussouraki, M.A., Tani, E., Velliou, A., Goufa, M., Psychogiou, M., Ioannis E. Papadakis, I.E., Abraham, E.M. 2019. Growth, physiological and biochemical responses of two greek cotton cultivars to salt stress and their impact as selection indices for salt tolerance. Not Bot Horti Agrobo, 47(3):706-715.
- Munns, R., Tester, M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu Rev Plant Biology,59:651–681.

- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3): 473-497.
- Nirmala., 2011. *In vitro* screening for salt tolerance in cotton. Master Thesis. Department Of Biochemistry, College Of Agriculture, University Of Agriculture, p. 69, Dharwad, UAS.
- Öz, M., Karasu, A., 2007. Pamuğun çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkisi. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1):9-21.
- Parida, A.K., Das, A.B., 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3):324-349.
- Pitman, M.G., Lauchli, A., 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. *Salinity: Environment-Plants Molecules*. Springer, Dordrecht. pp. 3-20.
- Rahnama, A., Poustini, K., Tavakkol, A.R., Tavakoli, A. 2010. Growth and stomatal responses of bread wheat genotypes in tolerance to salt stress. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 6(10):787-792.
- Rauf, A., Zaki, M.J., Khan, D., 2014. Effects of NaCl salinity on growth of some cotton varieties and the root rot pathogens. *International Journal of Biology and Biotechnology*, 11(4): 661-670.
- Revathi, S., Arumugam, P.M., 2015. *In vitro* screening for salt tolerance in rice (*Oryza Sativa* L.). *Asian Journal Of Microbiol Biotech*, 17(Spl. Iss.) 91-95.
- Saleh, B., 2016. DNA changes in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under salt stress as revealed by RAPD marker. *Department of Molecular Biology and Biotechnology*, 30(1): 13-21.
- Snedecor, G.W., Cochran, W.G., 1967. *Statistical Methods*. The Iowa State University Press, Ames, USA.
- Soares, L.A.A., Fernandes, P.D., Lima, G.S., Suassuna, J.F., Brito, M.E.B., Francisco, V., da S. Sá., 2018. Growth and fiber quality of colored cotton under salinity management strategies. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(5):332-337.
- Şahin, C.B., Akçalı, C.T., 2016. The effects of different NaCl concentrations on the germination of cotton article. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2(2): 75-79.
- Taghipour, F., Salehi, M., 2008. The study of salt tolerance of Iranian barley (*hordeum vulgare* L.) genotypes in seedling growth stages. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4(5): 525-529.
- Turan, M., 2000. Türkiye’de kültürü yapılan bazı patates çeşitlerinin *in vitro*’da tuza dayanıklılığının belirlenmesi üzerine araştırmalar. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 123s, Ankara.
- Vamadevaiah, H.M., Katageri, I.S., Khadi, B.M., Immadi, S., Anita, B., Manjula, M. 2003. *In vitro* screening for salinity resistance in cotton (*G. hirsutum*). *Third World Cotton Research Conferene*, 9 - 13 Mart Cape Town, South Africa.
- Zahid, N.M., Hasan, M., Adil, M., Hossain, M., Khaleque Mian, M.A., 2014. *In vitro* screening for salt tolerance in aromatic rice genotypes. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 1(2): 28-32.
- Zhang, L., Ma, H., Chen, T., Pen, J., Yu, S., Zhao, X. 2014. Morphological and physiological responses of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plants to salinity. *PLoS One* 9 (11):e112807.
- Zhu, J.K., 2001. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, 6(2):66-71.