

Tuz Stresi Koşullarında Bazı Tritikale Çeşitlerinin Hidrojen Peroksit (H₂O₂) Ön Uygulamasına Tepkileri

Sefer DEMİRBAŞ¹

Alpay BALKAN²

¹Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Ziraat Fakültesi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

²Tarla Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

*Sorumlu Yazar: sdemirbas@nku.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 09.06.2017

Kabul Tarihi (Accepted): 14.06.2017

Bu çalışmada, tritikale tohumlarına hidrojen peroksit (H₂O₂) ön uygulaması (0, 50 ve 100 µM) yaparak çeşitli tuz dozlarında (0, 50 ve 100 mM NaCl) fide gelişim dönemindeki morfolojik ve fizyolojik değişimler saptanmıştır. Bu amaçla, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen 4 tritikale çeşidi (Karma-2000, Presto-2000, Tatlıcak-97 ve Mikham-2002) materyal olarak kullanılmış; iki yapraklı döneme gelen fidelerde tuz stresi uygulamasını izleyen 0. ve 14. günlerdeki bitki büyüme değerleri, klorofil içeriği (SPAD), stoma sayısı (adet), stoma eni (µ) ve boyu (µ) ile yaprak su kayıp oranı (%) incelenmiştir. Yapılan gözlem ve ölçümler sonucunda, tuz stresindeki artışın tüm morfolojik parametreleri baskıladığı belirlenerek; 50 µM'lık H₂O₂ ön uygulamasının, erken fide gelişimi dönemindeki tuz stresinin baskılayıcı yöndeki etkisini azaltabileceği sonucuna varılmıştır. İncelenen morfolojik parametreler yönünden Tatlıcak-97 ve Presto-2000 çeşitleri öne çıkmış; denemeye alınan çeşitlerde stoma sayısı dışında kalan fizyolojik özellikler bakımından farklı tepkiler alınmıştır. Sonuç olarak, toprak tuzluluğuna orta düzeyde toleranslı olan tritikale tohumlarına yapılan H₂O₂ ön uygulamasının, incelenen morfolojik ve fizyolojik parametrelerde iyileşmeye ve tuzlu ortam koşullarına olan toleransın artışına katkı yaptığı söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Tritikale, klorofil, NaCl, H₂O₂, tolerans, büyüme

Responses of Some Triticale Varieties to Hydrogen Peroxide (H₂O₂) Priming Under Salt Stress Conditions

In this study, morphological and physiological changes at seedling growth stage under different salt stress (0, 50 and 100 mM NaCl) were determined by hydrogen peroxide (H₂O₂) pre-treatment (0, 50 and 100 µM) to tritikale seeds. For this purpose, 4 tritikale varieties (Karma-2000, Presto-2000, Tatlıcak-97 and Mikham-2002) which are widely grown in our country were used as plant material. In this study, plant growth parameters, chlorophyll content (SPAD), number of stomata, stomata width (µ) and length (µ) and leaf water loss rate (%) of tritikale seedlings reach to two leaves were investigated 0th and 14th days after salt stress application. As a results of observations and measurements, it was determined that all morphological parameters were reduced significantly by increase in salt stress and 50 µM H₂O₂ pre-treatment to tritikale seeds may reduce the suppressive effect of salt stress at early seedling growth stage. In terms of the morphological parameters examined, Tatlıcak-97 and Presto-2000 varieties had the best response to H₂O₂ pre-treatment and the varieties responded differently for all the physiological characteristics examined except for the number of stomata. In conclusion, it can be said that pre-treatment of tritikale seeds with H₂O₂ contributed to improvement in morphological and physiological parameters and thus increase the tolerance of tritikale plants to saline environment conditions.

Keywords: Triticale, chlorophyll, NaCl, H₂O₂, tolerance, growth

Giriş

Tritikale (*xTriticosecale* Wittmack), buğday ile çavdarın melezlenmesiyle elde edilmiş insan yapısı ilk tahıldır. FAO verilerine göre, ülkemizde 2010-2014 yılları arasında 26 bin hektardan 35 bin hektara kadar ulaşan ekiliş alanına, 93 bin tondan 110 bin ton üretime ulaşan tritikale diğer serin iklim tahıllarının gerisinde olmasına rağmen son yıllarda bu bitkinin tarımının üreticiler arasında giderek yaygınlaştığı görülmektedir (Anonim, 2016). Tritikale soğuk, kuraklık, asidik topraklar, tuzluluk gibi abiyotik stres koşullarına iyi adapte olmuş ve bu alanlarda diğer serin iklim

tahıllarından daha yüksek verim verebilme özelliğine sahip bir bitkidir (Briggle, 1969; Yağmur ve Kaydan, 2008). Tuzlanma, topraktaki çözünmüş tuzların yüksek derişime ulaşması olarak tanımlanmaktadır. Elektriksel iletkenlik (EC) değeri 4 dS/m ve üzerinde olan topraklar "tuzlu" olarak ifade edilmektedir. Bu değer 0,2 MPa ozmotik basınç ve 40 mM NaCl olarak değerlendirilmektedir. Doğal olarak tuzlu topraklarda yaşayan halofit bitkiler, glikofitlere göre kökler tarafından suyun alınması sırasında Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarını toprağa vermede daha etkin bir mekanizmaya sahiptirler (Munns ve Tester, 2008). Geliştirilmiş toprak haritası etüdlerinde kullanılan

tuzluluk ve alkalilik ölçütlerine göre Türkiye’de 1.518.722 ha alanda tuzluluk ve alkalilik (çoraklık) sorunu olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere göre çorak araziler ülkemiz yüzölçümünün %2’sine, toplam işlenen arazilerinin (27.699.003 ha) %5.48’ine, 8.5 milyon hektarlık ekonomik sulanabilir arazinin %17’sine eşdeğer büyüklüktedir. Toplam çorak alanların %74’ü tuzlu, %25.5’i tuzlu-alkali ve %0.5’i alkali (sodyumlu) topraklardan oluşmaktadır. Çorak toprakların ise büyük bir kısmını tuzlu topraklar oluşturmaktadır (Anonim, 2006; Kara ve ark., 2011). Bitkilerde kloroplast, mitokondri ve peroksizomlarda gerçekleşen metabolik faaliyetler sırasında düşük konsantrasyonda oluşan reaktif oksijen türleri (ROT), sinyal molekülü olarak işlev görebildiği gibi konsantrasyon dengesinin bozulması sonucunda oksidatif hücre hasarına da neden olabilmektedirler (Miller ve ark., 2010). Tekil oksijen (1O_2), hidrosil radikali ($OH\cdot$), hidroperoksil ($HO_2\cdot$), süperoksit radikali ($O_2\cdot^-$) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) moleküllerinden oluşan ROT; DNA, protein ve lipit gibi birçok biyolojik molekülün kararlı yapısını bozmaktadır (Dat ve ark., 2000). ROT’nin üretimi, bitkiyi koruyan fakat oksidatif stresle sonuçlanmayan savunma sistemini uyarmaktadır (Agarwal ve Zhu, 2005; Botella ve ark., 2005; Mullineaux ve Baker, 2010). Tuzluluk, kuraklık, ağır metal, üşüme gibi birçok abiyotik stres faktörü ile karşı karşıya kalan tohumlarda düşük canlılık, çimlenmede baskılanma, zayıf fide gelişimi meydana gelmektedir. Stres koşulları altında hızlı çimlenme ve dengeli gelişme bitkisel üretimi etkileyen önemli etmenlerdir. Ekim öncesi tohumlara yapılan ön uygulama işlemleri (priming), bu tohumlardan oluşan bitkilerin gelecekte karşılaşacakları stres koşullarına karşı daha toleranslı olmalarına olanak sağlamaktadır (İbrahim, 2015; Savvides ve ark., 2016).

Bu çalışmada, tohumlara yapılan H_2O_2 ön uygulamasıyla tuzlu ortam şartlarının etkisinde kalan tritikale fidelerinin tuza olan tolerans seviyesinin iyileştirilmesi amaçlanmış ve erken fide gelişim dönemindeki morfolojik (kök ve gövde uzunluğu, kök ve gövde kuru ağırlığı) ve fizyolojik (yaprak su kayıp oranı, klorofil içeriği, stoma sayısı, eni ve boyu) yanıtlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen 4 tritikale çeşidi (Karma-2000, Presto-2000, Tatlıcak-97 ve Mikham-2002) bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Triticale tohumlarının yüzeysel

sterilizasyonu için tohumlar %1.5’lik sodyum hipoklorit solüsyonunda 15 dk bekletilmiş ve daha sonra tohumlar steril saf su ile 3 defa yıkanmıştır (Dhanda ve ark., 2004).

Deneme, ele alınan çeşitler ana parselleri, farklı tuz solüsyonları alt parselleri, H_2O_2 ön uygulaması altın altı parselleri oluşturacak şekilde teasdüf parsellerinde bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur.

H_2O_2 ön uygulaması

Farklı derişimlerde (0, 50, 100 μM) hazırlanan H_2O_2 çözeltileri ekim öncesinde 6 saat süreyle tohumlara karanlık oda koşullarında uygulanmıştır (Wahid ve ark., 2007). H_2O_2 ön uygulamasına bırakılmış tohumlar kurutma işleminden sonra içerisinde yıkanmış perlit bulunan plastik saksılara (13 x 13 cm), her saksıya 20 adet tohum olacak şekilde ekilmiştir. Bitkiler 16 saatlik 250 $\mu mol m^{-2} s^{-1}$ ışık altında, $25\pm 2^\circ C/15\pm 2^\circ C$ (gündüz/gece) sıcaklık ve $60\pm 5\%$ nem içeren kontrollü bitki büyüme odasında yetiştirilmişlerdir. Fideler 2 yapraklı döneme gelene kadar (15 günlük) %50’lik Hoagland besin çözeltisiyle sulanmıştır.

Tuz uygulaması

İki yapraklı döneme gelen fidelere tuz stresi yaratmak için besin çözeltilisine farklı yoğunluktaki (0-kontrol, 50, 100 mM) NaCl (Atak ve ark., 2006) ilave edilerek sulama yapılmıştır. Stres uygulamasını izleyen 0. (tuz uygulama günü) ve 14. günde saksılardan tesadüfi olarak alınan 5 bitki örneğinde aşağıda açıklanan morfolojik ve fizyolojik parametreler belirlenmiştir.

Morfolojik parametreler

Bitkilerin morfolojik gelişim parametresi olarak kök ve gövde uzunluğu ile kök ve gövde kuru ağırlığı belirlenmiştir.

Fizyolojik parametreler

Bitki yapraklarının klorofil içeriği (SPAD), bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklarında “Konica Minolta SPAD-502” portatif klorofilmetre ile ölçülmüş, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

Stoma sayısını, enini ve boyunu belirlemek için bitkilerin tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklarına şeffaf tırnak parlaticı sürülmüş ve parlaticının kuruması için beklenmiştir. Kuruyan parlaticı yaprak yüzeyinden dikkatlice kaldırılmış ve bir lam üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra 4x100 büyütme mikroskop alanına düşen stomalar sayılmış (adet), stomaların eni ve boyu (μ) oküler

mikrometre ile ölçülerek belirlenmiştir (Xu ve Zhou, 2008).

Bitkilerin yaprak su kayıp oranını belirlemek için tam olarak gelişmiş en son çıkan yapraklar alınmış, tartılarak yaş ağırlıkları (mg) belirlenmiştir. Yaş ağırlıkları belirlenen bu yapraklar 30 °C'lik etüvde 2 saat kurutulmuş ve tekrar tartılarak kuru ağırlıkları (mg) belirlenmiştir. Yaş ve kuru ağırlıklar arasındaki fark yaş ağırlığa oranlanarak yaprak su kayıp oranı (%) bulunmuştur (Clarke ve McCaig, 1982).

Elde edilen verilerde tesadüf parsellerinde bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizi (Fisher'ın varyans analiz tekniğine göre) yapılmıştır. Denemelerde incelenen özelliklerin ortalama değerleri arasındaki farkların istatistiki anlamda önemlilikleri, MSTAT-C paket programı kullanılarak $P \leq 0.05$ düzeyinde LSD (Least Significant Difference-En Küçük Önemli Fark) testine göre belirlenmiştir (Steel ve Torrie, 1960; Düzgüneş ve ark., 1987).

BULGULAR

Tuz stresi uygulaması öncesinde morfolojik ve fizyolojik özelliklerin durumu

Tuz uygulamasının yapıldığı gün (0. gün) çeşitlerin ortalama kök uzunlukları kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı, en yüksek değer Mikham-2002 (23.28 cm) en düşük değerin ise Presto-2000 (18.70 cm) çeşidinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). H_2O_2 ön uygulamasının 2 yapraklı dönemdeki kök uzunluklarına teşvik edici (sırasıyla; 18.67, 20.88 ve 24.38 cm) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir. H_2O_2 ön uygulamasından en çok Tatlıcak-97 (sırasıyla; 16.27, 19.67 ve 25.10 cm), en az ise Mikham-2002 çeşidinin (sırasıyla; 22.20, 22.23 ve 25.40 cm) etkilediği saptanmıştır. Çeşitlerin ortalama gövde uzunlukları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı; en yüksek değer Tatlıcak-97 (27.69 cm) en düşük değerin ise Mikham-2002 (25.30 cm) çeşidinde olduğu; H_2O_2 ön uygulamasının gövde uzunluklarını arttırdığı (sırasıyla; 24.43, 26.01 ve 29.62 cm) saptanmıştır. Bu bakımından, H_2O_2 ön uygulamasından en çok Karma-2000 çeşidinin (sırasıyla; 22.53, 25.77 ve 34.43 cm), en az ise Tatlıcak-97 çeşidinin (sırasıyla; 26.43, 27.73, 28.90 cm) etkilendiği belirlenmiştir. Çeşitlerdeki ortalama kök kuru ağırlıkları açısından ise, en yüksek değerin Mikham-2002 (24.00 mg) çeşidinde olduğu, 100 μM 'lik H_2O_2 ön uygulamasının kök kuru ağırlığını anlamlı şekilde arttırdığı (22.08 mg) ortaya konmuştur. Öte yandan, çeşitlerin ortalama gövde kuru ağırlıkları

karşılaştırıldığında, en yüksek değere Karma-2000 çeşidinde (31.44 mg), en düşük değere ise Presto-2000 çeşidinde (25.44 mg) ulaşılmış; H_2O_2 ön uygulamasıyla gövde kuru ağırlıklarının anlamlı şekilde arttığı (sırasıyla, 23.92, 26.50 ve 34.83 mg) saptanmıştır. Gövde kuru ağırlığı yönünden Karma-2000 çeşidi H_2O_2 ön uygulanmasından en çok etkilenen (sırasıyla, 22.33, 25.33 ve 46.67 mg) çeşit olmuştur (Çizelge 1).

Çeşitlerden elde edilen ortalama klorofil değerleri (SPAD) karşılaştırıldığında; en düşük klorofil içeriğine Tatlıcak-97 çeşidi (28.19) sahip olmuş, diğer çeşitlerin ortalama değerleri arasında istatistiksel anlamda bir değişim saptanmamıştır. H_2O_2 ön uygulanmasının klorofil içeriğini önemli şekilde arttırdığı (sırasıyla, 28.93, 31.90 ve 33.59) görülmüştür (Çizelge 1). En az ortalama stoma sayısı 5.00 adet ile Tatlıcak-97 çeşidinde, en fazla stoma sayısı ise 6.44 adet ile Presto-2000 çeşidinde bulunmuş; 100 μM H_2O_2 ön uygulanmasının stoma sayısını önemli ölçüde arttırdığı (6.25 adet); Presto-2000 çeşidinin stoma sayısı bakımından H_2O_2 ön uygulanmasından en çok etkilediği anlaşılmıştır. Çeşitlerin ortalama stoma boyları incelendiğinde, Presto-2000 çeşidinin (48.53 μ) en düşük stoma boyuna sahip olduğu, diğer çeşit ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmektedir. H_2O_2 ön uygulanmasının stoma boyunu baskılayıcı etkiye sahip olduğu (sırasıyla, 60.67, 50.56, 48.69 μ) dikkati çekmiştir. Karma-2000 çeşidi, H_2O_2 ön uygulanmasına en çok (sırasıyla, 67.20, 51.65, 48.53 μ) tepki veren çeşit olmuştur. Çeşitlerin ortalama stoma enleri kıyaslandığında, Mikham-2002 çeşidinin (18.25 μ) en düşük değere sahip olduğu, diğer çeşitlerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı, H_2O_2 ön uygulanmasının stoma enine baskılayıcı etkiye sahip olduğu (sırasıyla, 21.93, 19.13, 17.27 μ) belirlenmiştir. Stoma eni yönünden, Tatlıcak-97 çeşidi (sırasıyla, 23.65, 19.29, 16.18 μ) H_2O_2 ön uygulanmasından en çok etkilenen çeşit olarak dikkati çekmektedir. Çeşitlerin ortalama yaprak su kayıp oranları incelendiğinde, en düşük değere Tatlıcak-97 çeşidinin (%10.00), yüksek değere ise Mikham-2002 çeşidinin (%14.69) sahip olduğu görülmektedir. H_2O_2 ön uygulanmasının yaprak su kayıp oranı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Karma-2000 çeşidinin H_2O_2 ön uygulanmasından önemli bir şekilde etkilenmediği, buna karşılık Mikham-2002 çeşidinin ise H_2O_2 ön uygulanmasından en çok (sırasıyla, %21.30, 10.52, 12.25) etkilenen çeşit olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Tuz stresi uygulamasından 14 gün sonra morfolojik ve fizyolojik özelliklerin durumu

Tuz stresi uygulamasından 14 gün sonra ele alınan çeşitlerin ortalama değerleri incelendiğinde, kök kuru ağırlığı ve stoma sayısı dışında incelenen tüm özellikler arasında istatistiksel olarak önemli fark olduğu görülmektedir (Çizelge 2). En uzun kök (23.16 cm), en yüksek stoma eni (16.46 μ) ve en yüksek yaprak su kayıp oranı (% 32.80) Karma-2000 çeşidinde, en uzun gövde Tatlıcak-97 çeşidinde (33.31 cm), en yüksek gövde kuru ağırlığı (73.63 mg) ve klorofil içeriği (36.59 SPAD) Mikham-2002 çeşidinde ve en yüksek stoma boyu (48.53 μ) Presto-2000 çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çalışmada, artan tuz stresi uygulamalarının (0, 50 ve 100 mM NaCl) ortalama kök (22.77, 22.06, 21.15 cm) ve gövde uzunluğunu (32.92, 31.28, 30.73 cm), kök kuru ağırlığını (34.31, 26.81, 30.19 mg), klorofil içeriğini (36.53, 35.41, 34.99 SPAD), stoma sayısını (6.19, 6.00, 5.78 adet) ve yaprak su kayıp oranını (% 34.82, % 31.85, % 21.38) istatistiksel olarak önemli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Bununla birlikte, gövde kuru ağırlığının tuz uygulamalarından önemli bir şekilde etkilenmediği, stoma eni (15.35, 16.39, 15.80 μ) ve boyunun (43.09, 47.60, 48.07 μ) ise tuz stresindeki artışa bağlı olarak arttığı dikkati çekmiştir (Çizelge 2).

H₂O₂ ön uygulaması stoma boyu ve yaprak su kayıp oranı dışında incelenen tüm özellikler üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip olmuştur (Çizelge 2). H₂O₂ ön uygulamasıyla kök uzunluğunda %10.17-11.71 oranında, gövde uzunluğunda %8.34-8.51 oranında, kök kuru ağırlığında %25.68-35.08 oranında, gövde kuru ağırlığında %23.45-30.59 oranında ve klorofil içeriğinde %8.48-10.90 oranında artış meydana gelmiştir. Buna karşılık, H₂O₂ ön uygulaması stoma sayısının %5.63-12.98 oranında ve stoma eninin %4.64-8.80 oranında azalmasına neden olmuştur (Çizelge 2). ÇeşitxNaCl stresi interaksiyonu incelendiğinde (Çizelge 3), ele alınan tüm çeşitlerin yaprak su kayıp oranı dışındaki tüm özellikler yönünden artan tuz stresinden önemli bir şekilde etkilendiği görülmektedir. En uzun kök (24.01 cm) ve gövde Tatlıcak-97 çeşidinin kontrol uygulamasından, en yüksek kök kuru ağırlığı (42.00 mg) ve en fazla stoma (6.56 adet) Presto-2000 çeşidinin kontrol uygulamasından, en yüksek gövde kuru ağırlığı (83.00 mg) ve klorofil içeriği (38.19 SPAD) Mikham-2002 çeşidinin kontrol uygulamasından, en uzun stoma (52.48 μ) Mikham-2002 çeşidinin 50 mM'lık NaCl uygulamasından ve en geniş stoma (17.63 μ) Karma-2000 çeşidinin 100 mM'lık NaCl uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 2. Bitkilerin tuz (NaCl) stresi uygulamasından 14 gün sonra morfolojik ve fizyolojik özelliklerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Table 2. Mean values and significance groups of morphological and physiological characteristics of plants at 14 days after application of salt (NaCl) stress

Çeşit	KU	GU	KKA	GKA	KI (SPAD)	SS	SE	SB	YSKO
T	22.04 ab	33.31 a	30.67	68.70 a	36.42 a	6.22	15.68 ab	45.56 b	30.47 ab
P	21.62 b	28.89 b	31.52	51.96 b	34.85 b	5.89	14.93 b	48.53 a	28.32 bc
K	23.16 a	32.09 a	28.74	55.52 b	34.72 b	5.85	16.46 a	42.86 c	32.80 a
M	21.14 b	32.29 a	30.82	73.63 a	36.59 a	6.00	16.32 a	48.05 a	25.81 c
LSD (P _{0.05})	1.265	1.473	-	8.035	0.913	-	1.054	1.015	4.216
NaCl (mM)									
0	22.77 a	32.92 a	34.31 a	65.00	36.53 a	6.19 a	15.35 b	43.09 b	34.82 a
50	22.06 a	31.28 b	26.81 c	61.36	35.41 b	6.00 ab	16.39 a	47.60 a	31.85 b
100	21.15 b	30.73 b	30.19 b	61.00	34.99 b	5.78 b	15.80 ab	48.07 a	21.38 c
LSD (P _{0.05})	0.803	0.590	1.836	-	0.685	0.316	0.681	1.098	2.750
H ₂ O ₂ (μ M)									
0	20.16 c	29.96 b	25.31 c	52.92 c	33.48 c	6.39 a	16.59 a	45.84	30.84
50	23.61 a	32.46 a	31.81 b	65.33 b	36.32 b	6.03 b	15.82 b	46.61	28.75
100	22.21 b	32.51 a	34.19 a	69.11 a	37.13 a	5.56 c	15.13 c	46.30	28.45
LSD (P _{0.05})	0.803	0.590	1.836	3.767	0.685	0.316	0.681	-	-

T: Tatlıcak-97, P: Presto-2000, K: Karma-2000, M: Mikham-2002, KU: Kök uzunluğu (cm), GU: Gövde uzunluğu (cm), KKA: Kök kuru ağırlığı (mg), GKA: Gövde kuru ağırlığı (mg), KI: Klorofil içeriği (SPAD), SS: Stoma sayısı (adet), SE: Stoma eni (μ), SB: Stoma boyu (μ), YSKO: Yaprak su kayıp oranı (%). Sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir. Sütun içerisindeki aynı harfleri alan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (P_{0.05}).

Çizelge 1. Bitkilerin tuz (NaCl) stresi uygulamadan önce (0. gün) morfolojik ve fizyolojik özelliklerine ait ortalama değerler ve önemlilik grupları

Table 1. Mean values and significance groups of morphological and physiological characteristics of plants before salt (NaCl) stress (day 0)

Çeşit	KU				GU				YSKO			
	H ₂ O ₂ ön uygulaması				H ₂ O ₂ ön uygulaması				H ₂ O ₂ ön uygulaması			
	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama
<i>T</i>	16.27 f	19.67 de	25.10 a	20.34	26.43 cde	27.73 bcd	28.90 b	27.69	8.10 d	12.79 bc	9.13 bcd	10.00 c
<i>P</i>	15.93 f	18.60 e	21.57 c	18.70	24.47 ef	25.97 cde	28.10 bc	26.18	12.44 bcd	11.81 bcd	15.78 b	13.34 ab
<i>K</i>	20.07 d	23.00 b	25.50 a	22.86	22.53 f	25.77 de	34.43 a	27.58	11.65 bcd	10.90 cd	11.50 bcd	11.23 bc
<i>M</i>	22.20 bc	22.23 bc	25.40 a	23.28	24.30 ef	24.57 ef	27.03 bcd	25.30	21.30 a	10.52 cd	12.25 bcd	14.69 a
Ortalama	18.67 c	20.88 b	24.39 a		24.43 c	26.01 b	29.62 a		13.37	11.51	12.08	
LSD (P≤0.05)	Çeşit: - H₂O₂:0.596 Çeşit x H₂O₂:1.192				Çeşit: - H₂O₂:1.088 Çeşit x H₂O₂:2.175				Çeşit: 3.070 H₂O₂: - Çeşit x H₂O₂: 4.459			
Çeşit	KKA				GKA				KI (SPAD)			
	H ₂ O ₂ ön uygulaması				H ₂ O ₂ ön uygulaması				H ₂ O ₂ ön uygulaması			
	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama
<i>T</i>	14.67 ef	15.67 e	23.00 abc	17.78 b	22.67 f	27.00 de	30.00 bcd	26.56 bc	25.03	28.37	31.17	28.19 b
<i>P</i>	12.33 f	13.67 ef	20.67 cd	15.56 b	22.67 f	23.00 f	30.67 bc	25.44 c	30.77	33.90	34.93	33.20 a
<i>K</i>	14.00 ef	14.33 ef	19.33 d	15.89 b	22.33 f	25.33 ef	46.67 a	31.44 a	29.70	32.80	33.80	32.10 a
<i>M</i>	22.33 bc	24.33 ab	25.33 a	24.00 a	28.00 cde	30.67 bc	32.00 b	30.22 ab	30.23	32.53	34.47	32.41 a
Ortalama	15.83 b	17.00 b	22.08 a		23.92 c	26.50 b	34.83 a		28.93 c	31.90 b	33.59 a	
LSD (P≤0.05)	Çeşit:5.204 H₂O₂:1.457 Çeşit x H₂O₂:2.913				Çeşit:4.551 H₂O₂:1.654 Çeşit x H₂O₂: 3.308				Çeşit: 2.656 H₂O₂: 1.362 Çeşit x H₂O₂: -			
Çeşit	SE				SB				SS			
	H ₂ O ₂ ön uygulaması				H ₂ O ₂ ön uygulaması				H ₂ O ₂ ön uygulaması			
	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama	0 µM	50 µM	100 µM	Ortalama
<i>T</i>	23.65 a	19.29 c	16.18 e	19.70 a	65.33 a	50.40 def	49.16 efg	54.96 a	5.33 def	4.67 f	5.00 ef	5.00 c
<i>P</i>	21.15 b	21.15 b	18.05 cd	20.12 a	54.13 bc	46.67 gh	44.80 h	48.53 b	5.33 def	7.00 a	7.00 a	6.44 a
<i>K</i>	23.61 de	18.05 cd	17.42 de	19.69 a	67.20 a	51.65 c-f	48.53 fg	55.79 a	5.67 cde	6.00 bcd	6.67 ab	6.11 ab
<i>M</i>	19.29 c	18.05 cd	17.42 de	18.25 b	56.00 b	53.51 bcd	52.27 cde	53.93 a	6.33 abc	5.00 ef	6.33 abc	5.89b
Ortalama	21.93 a	19.13 b	17.27 c		60.67 a	50.56 b	48.69 c		5.67 b	5.67b	6.25 a	
LSD (P≤0.05)	Çeşit: 1.218 H₂O₂: 0.912 Çeşit x H₂O₂: 1.824				Çeşit: 2.553 H₂O₂: 1.682 Çeşit x H₂O₂: 3.363				Çeşit: 0.444 H₂O₂: 0.395 Çeşit x H₂O₂: 0.789			

T: Tatlıcak-97, P: Presto-2000, K: Karma-2000, M: Mikham-2002, KU: Kök uzunluğu (cm), GU: Gövde uzunluğu (cm), KKA: Kök kuru ağırlığı (mg), GKA: Gövde kuru ağırlığı (mg), KI: Klorofil içeriği (SPAD), SS: Stoma sayısı (adet), SE: Stoma eni (µ), SB: Stoma boyu (µ), YSKO: Yaprak su kaybı oranı (%). Sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir. Sütun içerisindeki aynı harfleri alan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (P≤0.05).

ÇeşitxH₂O₂ ön uygulaması interaksyonu incelendiğinde, çeşitlerin H₂O₂ ön uygulamasına tepkileri arasında (gövde uzunluğu ve stoma sayısı hariç) istatistiki olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir. Kontrolde (0 µM H₂O₂) göre H₂O₂ ön uygulaması kök uzunluğunu, kök ve gövde kuru ağırlığını ve klorofil içeriğini önemli bir şekilde arttırmış, stoma enini ise önemli bir şekilde azaltmıştır (Çizelge 3). Çeşitlerin stoma boyu ve yaprak su kayıp oranı yönünden ise farklı yoğunluktaki H₂O₂ ön uygulamalarına tepkileri değişiklik göstermiştir. Kontrolde (0 µM H₂O₂) göre artan yoğunluklardaki H₂O₂ ön uygulaması stoma eninin Karma-2000 ve Presto-2000 çeşitlerinde

önemli bir şekilde artmasına, Mikham-2002 çeşidinde ise önemli bir şekilde azalmasına neden olmuştur (Çizelge 3). Benzer sonuçlar yaprak su kayıp oranı içinde gözlenmiştir. Kontrolde (0 µM H₂O₂) göre artan yoğunluklardaki H₂O₂ ön uygulaması yaprak su kayıp oranını Tatlıcak-97 ve Presto-2000 çeşitlerinde önemli bir şekilde azaltmış, Karma-2000 ve Mikham-2002 çeşitlerinin ise farklı tepkiler vermesine neden olmuştur. (Çizelge 3). Bu durum, denemeye alınan çeşitlerin genotipik yapılarının ve H₂O₂ ön uygulamasına yanıtlarının farklı olmasından kaynaklanmıştır.

Çizelge 3. Bitkilerin tuz (NaCl) stresi uygulamasından 14 gün sonra morfolojik ve fizyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlere ait ikili interaksyonlar

Table 3. Binary interactions of changes in morphological and physiological properties of plants at 14 days after application of salt (NaCl) stress

Çeşit x NaCl (mM)	KU	GU	KKA	GKA	KI (SPAD)	SS	SB	SE	YSKO
Tx0	24.01 a	34.02 a	23.11 e	57.00 efg	37.63 a	6.22 abc	42.31 ef	15.76 bcd	36.00
Tx50	21.67 cde	32.81 bc	32.67 bc	77.11 ab	36.88 ab	6.22 abc	45.21 d	17.21 a	34.72
Tx100	20.44 ef	33.09 ab	36.22 b	72.00 bc	34.73 cde	6.22 abc	49.16 bc	14.06 e	20.71
Px0	23.54 ab	31.17 d	42.00 a	61.11 de	35.87 bc	6.56 a	44.59 d	15.14 cde	32.65
Px50	19.29 f	29.21 e	23.22 e	43.56 h	34.12 e	5.44 e	50.40 ab	15.14 cde	33.77
Px100	22.02 b-e	26.30 f	29.33 cd	51.22 g	34.57 cde	5.67cde	50.61 ab	14.52 de	18.53
Kx0	22.54 a-d	33.17 ab	30.44 c	58.89 ef	34.42 de	5.89 b-e	41.90 f	15.35 cde	38.15
Kx50	23.00 abc	31.77 cd	26.56 de	53.44 fg	34.93 cde	6.00 a-e	42.31 ef	16.39 abc	32.85
Kx100	23.94 a	31.32 d	29.22 cd	54.22 efg	34.79 cde	5.67 cde	44.38 de	17.63 a	27.39
Mx0	20.97 de	33.32 ab	41.67a	83.00 a	38.19 a	6.11 a-d	43.55 def	15.14 cde	32.50
Mx50	20.63 ef	31.33 d	24.78 e	71.33 bc	35.72 bcd	6.33 ab	52.48 a	16.80 ab	26.04
Mx100	21.83 cde	32.20 bcd	26.00 de	66.56 cd	35.87 bc	5.56 de	48.12 c	17.01 ab	18.90
LSD (P≤0.05)	1.611	1.185	3.686	7.564	1.375	0.634	2.204	1.367	-
Çeşit x H₂O₂ (µM)									
Tx0	20.30 d	31.73	27.11 ef	60.00 ef	33.34 ef	6.78	45.63 cd	17.63 a	35.30 ab
Tx0	24.69 a	33.91	32.44 cd	68.67 bcd	38.03 a	6.44	46.46 cd	14.47 f	26.32 cd
Tx100	21.13 cd	34.28	32.44 cd	77.44 a	37.87 a	5.44	44.59 d	14.94 def	29.80 bc
Px0	20.42 d	26.80	19.00 g	40.44 g	33.86 def	6.33	45.84 cd	15.97 cde	29.67 c
Px50	23.80 ab	29.68	36.22 ab	54.33 e	34.61 de	6.00	51.02 a	14.10 f	28.88 c
Px100	20.63 d	30.20	39.33 a	61.11 def	36.09 bc	5.33	48.74 b	14.73 ef	26.40 cd
Kx0	22.38 bc	30.97	25.00 f	42.33 g	32.51 f	5.89	40.24 e	16.60 abc	31.72 abc
Kx50	22.62 bc	32.80	28.89 de	61.67 c-f	35.23 cd	5.78	41.89 e	16.59 abc	30.96 abc
Kx100	24.49 a	32.49	32.33 cd	62.56 cde	36.40 bc	5.89	46.46 cd	16.18 bcd	35.71 a
Mx0	17.52 e	30.33	30.11 cde	68.89 bc	34.22 de	6.56	51.65 a	16.18 bcd	26.67 cd
Mx50	23.33 ab	33.47	29.67 cde	76.67 a	37.40 ab	5.89	47.08 bc	15.35 c-f	28.86 c
Mx100	22.58 bc	33.06	32.67 bc	75.33 ab	38.16 a	5.56	45.42 cd	17.42 ab	21.91d
LSD (P≤0.05)	1.611	-	3.686	7.564	1.375	-	2.204	1.367	5.522
NaCl (mM) x H₂O₂ (µM)									
0x0	21.75	31.692	26.00 fg	52.42 c	35.49 c	6.50	44.80 de	17.42 a	38.58 a
0x50	24.38	33.658	34.58 b	65.58 b	37.30 a	6.03	43.24 e	14.78 cd	37.15 a
0x100	22.17	33.408	42.33 a	77.00 a	36.79 ab	6.00	41.22 f	13.85 d	28.74 c
50x0	19.0	29.258	23.83 g	55.42 c	32.87 d	6.20	44.80 de	16.96 a	31.91 bc
50x50	22.61	32.283	27.25 ef	63.42 b	35.84 bc	6.33	46.82 c	15.56 bc	29.52 bc
50x100	21.75	32.300	29.33 de	65.25 b	37.53 a	5.42	51.18 a	16.65 ab	34.10 ab
100x0	19.63	28.925	26.08 fg	50.92 c	32.09 d	6.42	47.91 bc	15.40 c	22.04 d
100x50	23.84	31.450	33.58 bc	67.00 b	35.82 bc	5.67	49.78 ab	15.06 c	19.59 d
100x100	22.71	31.808	30.92 cd	65.08 b	37.06 a	5.25	46.51 cd	16.96 a	22.52 d
LSD (P≤0.05)	-	-	3.192	6.550	1.191	-	1.909	1.184	4.782

T: Tatlıcak-97, P: Presto-2000, K: Karma-2000, M: Mikham-2002, KU: Kök uzunluğu (cm), GU: Gövde uzunluğu (cm), KKA: Kök kuru ağırlığı (mg), GKA: Gövde kuru ağırlığı (mg), KI: Klorofil içeriği (SPAD), SS: Stoma sayısı (adet), SE: Stoma eni (µ), SB: Stoma boyu (µ), YSKO: Yaprak su kayıp oranı (%) Sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir. Sütun içerisindeki aynı harfleri alan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (P≤0.05).

NaCl stresixH₂O₂ ön uygulaması interaksyonunun kök uzunluğu, gövde uzunluğu ve stoma sayısı üzerine etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Farklı NaCl stresi koşulları altında artan yoğunluktaki H₂O₂ ön uygulamasının kontrole (0 µM H₂O₂) göre kök ve gövde kuru ağırlıkları ile klorofil içeriğini önemli bir şekilde arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Buna karşılık, herhangi bir tuz stresinin olmadığı (0 mM NaCl) koşullarda ise, artan yoğunluktaki H₂O₂ ön uygulamasının stoma boyu ve eni ile yaprak su kayıp oranında önemli bir azalmaya neden olduğu dikkati çekmiştir (Çizelge 3).. Bu durum, stressiz koşullarda yüksek yoğunluktaki H₂O₂ ön uygulamasının tritikalde bu özellikleri baskıladığı Çizelge 4. Bitkilerin tuz (NaCl) stresi uygulamasından 14 gün sonra morfolojik ve fizyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimlere ait üçlü interaksyonlar

şeklinde yorumlanabilir. Çizelge 4'te verilen üçlü interaksyonlar incelendiğinde, gövde uzunluğu ve gövde kuru ağırlığı hariç incelenen tüm özelliklerin çeşitxNaCl stresixH₂O₂ ön uygulaması interaksyonundan istatistiki olarak önemli bir şekilde etkilendiği anlaşılmaktadır. ÇeşitxNaCl stresixH₂O₂ ön uygulaması interaksyonunda, kök uzunluğu 16-33-27.27 cm arasında, kök kuru ağırlığı 15.67-60.67 mg arasında, klorofil içeriği 31.13-39.90 SPAD arasında, stoma sayısı 4.67-7.33 adet arasında, stoma boyu 37-33-56.00 (µ) arasında, stoma eni 12.45-21.15 (µ) arasında ve yaprak su kayıp oranı ise %14.57-46.35 arasında değişmiştir (Çizelge 4).

Table 4. Triple interactions of the changes in the morphological and physiological characteristics of plants at 14 days after application of salt (NaCl) stress

ÇeşitxNaCl(mM)xH ₂ O ₂ (µM)	KU	GU	KKA	GKA	KI	SS	SB	SE	YSKO
Tx0x0	22.43 c-l	32.73	15.67 n	47.67	35.47 d-ı	7.33 a	44.18 e-j	19.29 ab	45.59 ab
Tx0x50	26.90 ab	34.40	24.67 klm	54.00	38.67 abc	6.67 abc	44.18 e-j	14.31 g-j	43.54 abc
Tx0x100	22.70 b-j	34.93	29.00 ijk	69.33	38.77 abc	4.67 f	38.58 mn	13.69 hij	18.85 kl
Tx50x0	19.10 ı-n	31.47	29.33 h-k	68.33	33.43 ı-l	6.33 a-d	43.55 f-k	18.04 bcd	36.97 a-f
Tx50x50	24.57 a-e	33.07	33.33 e-j	79.00	39.90 a	6.67 abc	39.82 k-n	14.93 f-ı	20.84 jkl
Tx50x100	21.33 d-m	33.90	35.33 e-ı	84.00	37.30 b-e	5.67 c-f	52.26 ab	18.67 bc	46.35 a
Tx100x0	19.37 h-n	31.00	36.33 d-g	64.00	31.13 ı	6.67 abc	49.16 bcd	15.55 e-h	23.35 ı-l
Tx100x50	22.60 b-k	34.27	39.33 b-e	73.00	35.53 d-ı	6.00 b-e	55.38 a	14.18 g-j	14.57 ı
Tx100x100	19.37 h-n	34.00	33.00 e-j	79.00	37.53 a-d	6.00 b-e	42.93 g-l	12.45 j	24.20 h-k
Px0x0	22.77 b-j	30.27	20.00 mn	46.00	36.43 c-g	6.33 a-d	46.67 d-g	16.18 d-g	34.02 c-g
Px0x50	25.10 a-d	32.00	45.33 b	58.67	36.10 d-h	6.67 abc	49.15 bcd	15.55 e-h	34.77 c-g
Px0x100	22.77 b-j	31.23	60.67 a	78.67	35.07 e-j	6.67 abc	37.95 n	13.69 hij	29.16 e-j
Px50x0	17.83 mn	25.63	20.00 mn	41.67	32.67 kl	6.00 b-e	44.18 e-j	17.42 b-e	36.18 b-f
Px50x50	21.53 d-m	31.20	25.00 klm	43.67	33.00 jkl	5.67 c-f	51.02 bc	13.07 ij	33.73 d-h
Px50x100	18.50 j-n	30.80	24.67 klm	45.33	36.70 c-f	4.67 f	56.00 a	14.93 f-ı	31.41 d-ı
Px100x0	20.67 d-n	24.50	17.00 n	33.67	32.47 kl	6.67 abc	46.67 d-g	14.31 g-j	18.83 kl
Px100x50	24.77 a-e	25.83	38.33 c-f	60.67	34.73f-k	5.67 c-f	52.89 ab	13.69 hij	18.13 kl
Px100x100	20.63e-n	28.57	32.67 f-j	59.33	36.50 c-f	4.67 f	52.27 ab	15.56 e-h	18.63 kl
Kx0x0	23.73 a-h	32.00	25.67 klm	41.00	33.93 h-k	6.00 b-e	41.07 ı-n	17.42 b-e	40.29 a-d
Kx0x50	24.20 a-f	33.70	30.00 g-k	64.33	35.27 d-j	6.00 b-e	37.33 n	15.55 e-h	36.68 b-f
Kx0x100	19.70 g-n	33.80	35.67 e-h	71.33	34.07 g-k	5.67 c-f	47.29 c-f	13.07 ij	37.47 a-f
Kx50x0	21.23 d-m	30.60	25.33 klm	44.67	32.47 kl	5.67 c-f	39.20 lmn	18.67 bc	25.36 g-k
Kx50x50	20.50 e-n	31.97	27.00 jkl	61.67	34.80 f-k	5.67 c-f	43.55 f-k	16.18 d-g	34.76 c-g
Kx50x100	27.27 a	32.73	27.33 jk	54.00	37.53 a-d	6.67 abc	44.18 e-j	14.31 g-j	38.42 a-e
Kx100x0	22.17 c-m	30.30	24.00 klm	41.33	31.13 ı	6.00 b-e	40.44 j-n	13.69 hij	29.51 e-j
Kx100x50	23.17 a-ı	32.73	29.67 h-k	59.00	35.63 d-ı	5.67 c-f	44.80 e-ı	18.05 bcd	21.43 jkl
Kx100x100	26.50 abc	30.93	34.00 e-ı	62.33	37.60 a-d	5.33 def	47.91 cde	21.15 a	31.23 d-ı
Mx0x0	18.07 lmn	31.77	42.67 bcd	75.00	36.13 d-h	6.33 a-d	47.29c-f	16.80 c-f	34.40 c-g
Mx0x50	21.33 d-m	34.53	38.33 c-f	85.33	39.17 ab	5.00 ef	42.31 h-m	13.69 hij	33.61 d-h
Mx0x100	23.50 a-ı	33.67	44.00 bc	88.67	39.27 ab	7.00 ab	41.07 ı-n	14.93 f-ı	29.47 e-j
Mx50x0	18.17 k-n	29.33	20.67 lmn	67.00	32.90 jkl	7.00 ab	52.27 ab	13.69 hij	29.10 e-j
Mx50x50	23.83 a-g	32.90	23.67 klm	69.33	35.67 d-ı	7.33 a	52.89 ab	18.05 bcd	28.70 f-j
Mx50x100	19.90 f-n	31.77	30.00 g-k	77.67	38.60 abc	4.67 f	52.27 ab	18.67 bc	20.20 jkl
Mx100x0	16.33 n	29.90	27.00 jkl	64.67	33.63 ijk	6.33 a-d	55.38 a	18.05 bcd	16.48 kl
Mx100x50	24.83 a-e	32.97	27.00 jkl	75.33	37.37 b-e	5.33 def	46.04 d-h	14.31 g-j	24.21 h-k
Mx100x100	24.33 a-f	33.73	24.00 klm	59.67	36.60 c-f	5.00 ef	42.93 g-l	18.67 bc	16.01 kl
LSD (P<0.05)	4.446	-	6,385	-	2.381	1.099	3.818	2.368	9.564

T: Tatlıcak-97, P: Presto-2000, K: Karma-2000, M: Mikham-2002, KU: Kök uzunluğu (cm), GU: Gövde uzunluğu (cm), KKA: Kök kuru ağırlığı (mg), GKA: Gövde kuru ağırlığı (mg), KI: Klorofil içeriği (SPAD), SS: Stoma sayısı (adet), SE: Stoma eni (µ), SB: Stoma boyu (µ), YSKO: Yaprak su kayıp oranı (%). Sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir. Sütun içerisindeki aynı harfleri alan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (P<0.05).

En uzun kök 50 mM NaCl stresi altında Karma-2000 çeşidinin 100 µM H₂O₂ ön uygulamasından, en yüksek kök kuru ağırlığı 0 mM NaCl stresi altında Presto-2000 çeşidinin 100 µM H₂O₂ ön uygulamasından, en yüksek klorofil içeriği 50 mM NaCl stresi altında Tatlıcak-97 çeşidinin 50 µM H₂O₂ ön uygulamasından, en fazla stoma sayısı 0 mM NaCl stresi altında Tatlıcak-97 çeşidinin 0 µM H₂O₂ ön uygulamasından, en yüksek stoma boyu 50 mM NaCl stresi altında Presto-2000 çeşidinin 100 µM H₂O₂ ön uygulamasından, en yüksek stoma eni 100 mM NaCl stresi altında Karma-2000 çeşidinin 100 µM H₂O₂ ön uygulamasından ve en yüksek su kayıp oranı ise 50 mM NaCl stresi altında Tatlıcak-97 çeşidinin 100 µM H₂O₂ ön uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4).

Tartışma

Tohum hazırlama için kullanılan kimyasal bileşiklerle stres koşullarında, savunma mekanizmalarının aktivasyonu daha hızlı ya da daha güçlü olmaktadır (Ślesak ve ark., 2007; Savvides ve ark., 2016). Toprak tuzluluğunun bitki gelişimini baskıladığı alanlarda toleransı ve verimi yüksek tritikale çeşitlerinin yetiştirilmesi, üreticilerin ekonomik verime ulaşmasına olanak sağlayacak bir çözümdür (Yağmur ve Kaydan, 2008). Bu çalışmada, tuz stresi uygulamasından 14 gün sonra incelenen morfolojik özelliklerden elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; genotipik olarak farklı özelliklere sahip olan tritikale çeşitlerinin incelenen morfolojik özellikler yönünden farklı tepkiler verdikleri belirlenmiştir. Tuz konsantrasyonundaki artışın incelenen tüm morfolojik parametreleri baskıladığı dikkati çekmiştir. Morfolojik parametrelere ait elde edilen sonuçlara göre çalışmamızda kullanılan NaCl konsantrasyonlarının istenilen tuz stresini yaratmada yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Tritikalede H₂O₂ ön uygulamasının tuz stresinin baskılayıcı etkisini azalttığı, morfolojik parametreler üzerinde olumlu etki yaparak büyüme ve gelişmeyi teşvik ettiği saptanmıştır. Ayrıca, Tatlıcak-97 ve Presto-2000 çeşitlerinin kök büyüme ve gelişimini arttırarak tuz stresinin baskılayıcı etkisini azaltmaya çalıştıkları belirlenmiştir. Tuz stresi koşullarında bitkilerin kök gelişimlerini arttırmaları toprakta meydana gelecek olan ozmotik strese karşı bitkileri koruyucu bir savunma mekanizması olarak düşünülmektedir. Bu çalışmada, tritikale tohumlarına ekim öncesi yapılan H₂O₂ uygulamasının çimlenme ve fide gelişimine olumlu katkı sağladığı ortaya konmuştur. Benzer şekilde, buğday (*Triticum spp.*) (Wahid ve

ark., 2007; Li ve ark., 2011; Ashfaque ve ark., 2014), pamuk (Santhy ve ark., 2014), mısır (*Zea mays*) (Gondim ve ark., 2010) ve çeltik (*Oryza sativa*) (Uchida ve ark., 2002) tohumlarının uygun konsantrasyonda ve sürede H₂O₂ çözeltisi ile muamele edilmesinin tuzlu koşullar altında istenilen çimlenme ve fide gelişimini sağlamada etkili olduğu çeşitli araştırmalarda saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan tritikale çeşitlerinin stoma sayısı dışında incelenen tüm fizyolojik özellikler yönünden farklı tepkiler verdikleri belirlenmiştir. Bu durum, çeşitlerin genotipik yapılarının farklı olmasının bir sonucu olarak düşünülebilir. Klorofil içeriği yönünden Mikham-2002 ve Tatlıcak-97; stoma boyu yönünden Presto-2000 ve Mikham-2002; stoma eni yönünden Karma-2000 ve Mikham-2002; yaprak su kayıp oranı yönünden ise Karma-2000 ve Tatlıcak-97 çeşitleri en yüksek değerlere sahip olmuştur. Bu çalışmada, tuz stresi artışının fizyolojik özelliklerden klorofil içeriğini, stoma sayısını ve yaprak su kayıp oranını önemli bir şekilde azalttığı, buna karşılık stoma boyu ve enini ise arttırdığı dikkat çekmiştir. H₂O₂ ön uygulamasının ise tuz stresinin baskılayıcı etkisini azaltarak klorofil içeriği önemli bir şekilde arttırdığı, buna karşılık stoma sayısını ve enini ise önemli bir şekilde azalttığı saptanmıştır. H₂O₂ ön uygulamasının stoma boyu ve yaprak su kayıp oranı üzerine ise istatistiki olarak önemli bir etki etmediği, ancak göreceli olarak stoma boyunu ve yaprak su kayıp oranı arttırdığı belirlenmiştir. Fizyolojik parametreler yönünden literatür incelendiğinde, H₂O₂ ön uygulamasının buğdayda tuz (Ashfaque ve ark., 2014) ve kuraklık (He ve ark., 2009) streslerinin yarattığı baskılayıcı etkiyi su kullanım etkinliğini ve pigment içeriğini arttırarak giderdiği açıklanmaktadır.

Sonuç

Tuz stresi koşullarında farklı genotipteki tritikale çeşitlerinin ekim öncesi tohumlara yapılan H₂O₂ ön uygulamasına olan tepkilerinin farklı olduğu; özellikle ele alınan bitki büyüme değerleri, klorofil içeriği, stoma sayısı, stoma eni ve boyu ile yaprak su kayıp oranı gibi çeşitli morfo-fizyolojik parametreler bakımından Tatlıcak-97 ve Presto-2000 çeşitlerinin en yüksek değerlere sahip olarak öne çıktıkları tespit edilmiştir. Bu bağlamda, ülkemizde yetiştirilmekte olan ve deneme materyali olarak kullandığımız tritikale çeşitlerinden elde edilen bulgular ışığında, yetiştirildikleri yere ve ekolojik koşullara bağlı olarak tritikalede karşılaşılabilecek tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmada ekim öncesi

tohumlara H₂O₂ ön uygulamasının yararlı olabileceği kanısına varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, NKUBAP.00.24.AR.14.30 nolu projenin bir bölümü olup, değerli katkılarından dolayı NKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Agarwal, M. and J.K. Zhu, 2005. Integration of abiotic stress signaling pathways. In: Plant Abiotic Stress. (Eds: M.A. Jenks and P.M. Hasegawa). Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp: 215-247.
- Anonim, 2006. Türkiye topraklarının çoraklık durumu. www.khgm.gov.tr/kutuphane/trcoraklik/2.htm.
- Anonim, 2016. FAO Statistical Databases. www.fao.org/faostat/en/#data/QC (erişim tarihi: 10.02.2016).
- Ashfaq, F., M. Iqbal, R. Khan and N.A. Khan, 2014. Exogenously applied H₂O₂ promotes proline accumulation, water relations, photosynthetic efficiency and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. Annual Research and Review in Biology. 4(1): 105-120.
- Atak, M. ve C.Y. Çiftçi, 2005. Tritikale (*xTriticosecale* Wittmack)'de farklı ekim sıklıklarının verim ve bazı verim öğelerine etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi. 11(1): 98-103.
- Briggle, L.W., 1969. Triticale: A review. Crop Science. 9: 197-200.
- Clarke, J.M. and T.N. McCaig, 1982. Excised-leaf water retention capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* Genotypes. Can. J. Plant Sci., 62: 571-578.
- Dat, J., S. Vandenabeele, E. Vranová, M.V. Montagu, D. Inzé and F.V. Breusegem, 2000. Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Sciences. 57: 779-795.
- Dhanda, S.S, G.S. Sethi and R.K. Behl, 2004. Indices of drought tolerance in wheat genotypes at early stages of plant growth. Journal of Agronomy and Crop Science. 190: 6-12.
- Düzgüneş, O., T. Kesici, O. Kavuncu ve F. Gürbüz, 1987. Araştırma ve deneme metodları (Ders kitabı). 1021/295, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara. 381 s.
- Gondim, F.A., E. Gomes-Filho, C.F. Lacerda, J.T. Prisco, A.D.A. Neto and E.C. Marques 2010. Pretreatment with H₂O₂ in maize seeds: Effects on germination and seedling acclimation to salt stress. Brazilian Society of Plant Physiology. 22 (2): 103-112.
- He, L., Z. Gao and R. Li, 2009. Pretreatment of seed with H₂O₂ enhances drought tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. African Journal of Biotechnology. 8: 6151-6157.

- Ibrahim, E.A., 2015. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. Journal of Plant Physiology. 192: 38-46.
- Kara, B., İ. Akgün and D. Altındal, 2011. Tritikale Genotiplerinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine tuzluluğun (NaCl) etkisi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi. 25(1): 1-9.
- Li, T.J., B.Z. Qiu, X.W. Zhang and L.S. Wang, 2011. Exogenous hydrogen peroxide can enhance tolerance of wheat seedlings to salt stress. Acta Physiologia Plantarum. 33: 835-842.
- Miller, G., N. Suzuki, S. Çiftçi-Yılmaz and R. Mittler, 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. Plant, Cell and Environmental. 33: 453-67.
- Mullineaux, P.M. and N.R. Baker, 2010. Oxidative stress: Antagonistic signaling for acclimation or cell death. Plant Physiology. 154: 521-525.
- Munns, R. and M. Tester, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology. 59: 651-81.
- Santhy, V., M. Meshram, R. Wakde and P.R. Vijaya Kumari, 2014. Hydrogen peroxide pre-treatment for seed enhancement in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). African Journal of Agricultural Research. 9(25): 1982-1989.
- Savvides, A., S. Ali, M. Tester and V. Fotopoulos, 2016. Chemical priming of plants against multiple abiotic stresses: mission possible. Trends in Plants Science. 21(4): 329-340.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie, 1960. Principles and procedures of statistics (With special reference to the biological sciences). Mc Graw-Hill Book Co., New York, Toronto, London, 481 p.
- Ślesak, I., M. Libik, B. Karpinska, S. Karpinski and Z. Miszalski, 2007. The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signalling in response to environmental stresses. Acta Biochimica Polonica, 54(1): 39-50.
- Uchida, A., A.A.T. Jagendorf, T. Hibino, T. Takabe and T. Takabe, 2002. Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. Plant Science. 163: 515-523.
- Xu, Z. and G. Zhou, 2008. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. Journal of Experimental Botany. 59(12): 3317-3325.
- Wahid, A., M. Perveen, S. Gelani and S.M.A Basra, 2007. Pretreatment of seed with H₂O₂ improves salt tolerance of wheat seedlings by alleviation of oxidative damage and expression of stress proteins. Journal of Plant Physiology. 164: 283-294.
- Yağmur, M., and D. Kaydan, 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal of Biotechnology. 7(13): 2156-216