

TUZLU (NaCl) KOŞULLAR ALTINDAKİ TOHUM ÇİMLENMESİ, FİDE BÜYÜMESİ VE YAPRAK ANATOMİSİ ÜZERİNE TRIAKONTANOL ÖN UYGULAMASININ ETKİLERİ

Kürşat ÇAVUŞOĞLU, Semra KILIÇ, Kudret KABAR

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
32260-Isparta/Türkiye, e-mail: kursat@fef.sdu.edu.tr
Alınış: 10 Nisan 2007, Kabul: 16 Temmuz 2007

Özet: Bu çalışmada, tuzlu koşullar altında arpanın tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve yaprak anatomisi üzerine triakontanol ön uygulamasının etkileri araştırılmıştır. Triakontanol ön uygulaması tuz stresinin çimlenme yüzdesi, radikula uzaması ve taze ağırlık üzerindeki engelleyici etkisini kısmen hafifletebilmesine karşın, koleoptil yüzdesi ve uzaması üzerinde etkisiz olmuştur. Ayrıca, triakontanol ön muamelesinin tuzlu koşullar altında büyütülen arpa fidelerinin yaprak anatomisi parametreleri üzerinde farklı derecelerde etkili olduğu ve bu farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Arpa, fide büyümesi, tohum çimlenmesi, triakontanol, tuz stresi, yaprak anatomisi

EFFECTS OF TRIACONTANOL PRETREATMENT ON SEED GERMINATION, SEEDLING GROWTH AND LEAF ANATOMY UNDER SALINE (NaCl) CONDITIONS

Abstract: Effects of triacontanol pretreatment on seed germination, seedling growth and leaf anatomy of barley under saline conditions were investigated in this study. Although, triacontanol pretreatment partly alleviated the preventive effect of salt stress on the germination percentage, radicle elongation and fresh weight, it had no effect on the coleoptile percentage and elongation. However, it was determined that triacontanol pretreatment affected in different degrees on parameters of leaf anatomy of barley seedlings grown under saline conditions, and this difference was statistically important.

Key words: Barley, seedling growth, seed germination, triacontanol, salt stress, leaf anatomy

GİRİŞ

Toprak tuzluluğu, bitki büyüme-gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Dünya tarım alanlarının yaklaşık % 20'si tuzlanma tehlikesi altındadır (ZHU 2001). Bu konuyla ilgili olarak günümüze kadar pek çok araştırma yapılmış, ancak tuzluluğun etki mekanizması tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır (SCHMIDHALTER & OERTLI 1991).

Tuzluluğun, tohum çimlenmesini engellediği (KABAR & BALTEPE 1987, GULZAR & KHAN 2002), kök ve gövde uzamasını baskıladığı (DASH & PANDA 2001, ASHRAF vd. 2002), taze ağırlık ve su içeriğini azalttığı (EL-MASHAD & KAMEL 2001) birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur.

Toprak tuzluluğu, genellikle bitkilerin morfolojik ve anatomik yapılarında değişimlere sebep olmaktadır. Tuzluluğun, epidermis hücre sayısı (MARTINS & CASTRO 1999), epidermis hücre genişliği (CURTIS & LAUCHLI 1987), stoma sayısı (FLOWERS vd. 1986), stoma indeksi (BRAY & REID 2002), yaprak kalınlığı (YEO vd. 1991), iletim demetleri arası mesafe (KILIÇ vd. 2007), stoma genişliği ve uzunluğu (ÇAVUŞOĞLU vd. 2007) üzerinde engelleyici etki yaptığı uzun zamandan beri bilinmektedir.

1933 yılında bulunup (CHIBNALL vd. 1933) ancak 1970 yılların (RIES vd. 1977) sonlarına doğru kimyasal özellikleri tanımlanmaya başlanan triakontanol'ün mısır, çeltik ve ayçiçeği tohumlarının normal koşullar altındaki çimlenmesini konsantrasyonuna bağlı olarak teşvik ettiğinin ileri sürülmesine karşılık (NIRANJANA vd. 1999), marul tohumlarının çimlenmesini engellediği de rapor edilmiştir (STANISLAW & ELBIETA 1982). Ayrıca, triakontanol'ün kök ve gövde büyümesini bitki türüne ve uygulanan konsantrasyonuna bağlı olarak engellediği yahut teşvik ettiği belirtilmiştir (SOMEN & SEETHALAKSHMI 1991, KUMARAVELU vd. 2000). Ancak, yapılan literatür taraması sonucunda triakontanol'ün tuzlu koşullar altındaki tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve yaprak anatomisi üzerindeki rolleri ile ilgili bir bilgiye rastlanmamıştır.

Bu çalışmada tuz stresinin tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve yaprak anatomisi üzerindeki olumsuz etkisinin, triakontanol'ün tohumlara çimlenme öncesinde uygulanmasıyla hafifletilmesi sorunu araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Tohum Çimlenmesi

Çimlenme deneyleri sabit sıcaklıkta (20 °C), sürekli karanlıkta ve etüvde yapılmıştır. Önce yeterli miktarda arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Bülbül 89) tohumları beherlerde, belirli hacimdeki saf su (kontrol) ve bir ön çalışma sonucu belirlenen 10 µM triakontanol (TRIA) çözeltisinde 24 saat oda sıcaklığında ön uygulamaya tabi tutulmuştur. Bu ön ıslatma sonunda, çözeltiler derhal süzülüp tohumlar vakumda kurutulmuştur (BRAUN & KHAN 1976).

Her uygulamaya ait 25'er adet tohum, iki tabaka filtre kağıdı ile kaplı ve çimlenmeyi büyük ölçüde engelleyen tuz çözeltileri (0.0, 0.30, 0.35 molal, m) içeren, 10 cm çaplı petripler içine düzenli olarak dizilmiştir. Ekimin hemen ardından petripler, 10 gün süresince çimlenmek üzere etüve yerleştirilmiştir. Çimlenme için, radikulanın 10 mm (UNGAR 1974) uzunluğa ulaşması esas alınmıştır. 10. gün sonunda çimlenme ve koleoptil yüzdesi tespitinin ardından, fidelerin radikula ve koleoptil uzunlukları mm, taze ağırlıkları ise mg/fide olarak belirlenmiştir. Tüm deneyler dört kez tekrarlanmıştır.

Tohumlardan Çıkan Fidelerin Büyüme Şartları ve Anatomik Gözlemler

20°C’de 10 gün süresince etüvde çimlendirilen tohumlardan çıkan fideler Hoagland reçetesi ile hazırlanan NaCl çözeltileri (0.0, 0.30, 0.35 m) içeren perlitli saksılara transfer edilerek 20 gün boyunca iklim dolabında büyütülmüşlerdir. Büyüme koşulları: ışık periyodu 12-saat, sabit sıcaklık 25±2°C, nispi nem 60±% 5, ışık şiddeti 160 mol m⁻² s⁻¹ PAR (beyaz floresan lambalar) olacak şekilde hazırlanmıştır. Anatomik kesitler, 20 günlük fidelerin ikincil yapraklarından bir mikrotom yardımıyla 6-7 µ kalınlıkta enine ve yüzeysel olarak alınmıştır. Stoma indeksini belirlemek için, 1 mm²’lik birim alandaki stoma ve epidermis hücreleri sayılmıştır. Bu sayımlar her bir yaprağın hem alt hem de üst yüzeylerinde 10 kez 3 tekrarlı olarak yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Yaprak birim alandaki stoma ve epidermis hücre sayılarının tespitinin ardından, MEIDNER & MANSFIELD (1968)’in metoduna göre stoma indeksi hesaplanmıştır.

$$\text{Stomata indeksi} = \frac{\text{Birim alandaki stoma sayısı}}{\text{Birim alandaki stoma sayısı} + \text{Birim alandaki epidermis hücre sayısı}} \times 100$$

Stoma genişliği, stoma uzunluğu, epidermis hücre genişliği, yaprak kalınlığı ve iletim demetleri arasındaki mesafe ise oküler mikrometre kullanılarak µm olarak belirlenmiştir. Tüm parametrelerle ilgili istatistiki değerlendirme SPSS programı kullanılarak Duncan’s multiple range testine göre gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR**Tuzlu Ortamda Tohum Çimlenmesi ve Fide Büyümesine TRIA’nın Etkisi**

Normal koşullar altında çimlendirilen arpa tohumlarının 10. gün sonundaki nihai çimlenme ve koleoptil yüzdeleri üzerinde, TRIA ön uygulaması kontrole göre engelleyici bir etki yapmıştır. Öte yandan, fidelerin taze ağırlığı, radikula ve koleoptil uzunluklarını ise kontrole göre teşvik etmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. TRIA ön uygulamasından sonra 20 °C’de çeşitli konsantrasyonlardaki (m) NaCl’lü ortamda çimlendirilen arpa tohumlarından çıkan fidelerin 10. gün sonundaki büyüme parametreleri

Büyüme Parametreleri						
NaCl (m)	Büyüme Düzenleyicisi	Çimlenme yüzdesi	Koleoptil yüzdesi	Radikula uzunluğu (mm)	Koleoptil uzunluğu (mm)	Taze ağırlık (mg/fide)
0.0	Kontrol	*100±0.0 ^f	100±0.0 ^c	78.2±1.2 ^e	79.5±0.6 ^b	291.3±1.7 ^d
	TRIA	96±0.0 ^e	96±0.0 ^b	82.3±0.9 ^f	90.0±2.3 ^c	317.5±1.1 ^e
0.30	Kontrol	24±0.0 ^c	0.0±0.0 ^a	11.2±0.7 ^c	0.0±0.0 ^a	92.6±0.8 ^b
	TRIA	28±0.0 ^d	0.0±0.0 ^a	12.6±0.5 ^d	0.0±0.0 ^a	117.3±0.3 ^c
0.35	Kontrol	6±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	10.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	83.7±0.9 ^a
	TRIA	10±2.3 ^b	0.0±0.0 ^a	10.5±0.2 ^{ab}	0.0±0.0 ^a	92.4±0.7 ^b

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir

Tuz konsantrasyon artışına paralel olarak, incelenen tüm büyüme parametreleri üzerindeki olumsuz etkisini artırmıştır. Örneğin, saf su ortamında çimlendirilen arpa tohumları deney sonunda % 100 çimlenme gösterirken, 0.30 m tuzlulukta bu değer % 24, 0.35 m tuzlulukta % 6 olmuştur. TRIA ön uygulaması ise söz konusu tuz streslerinin çimlenme yüzdesi, radikula uzaması ve taze ağırlık üzerindeki engelleyici etkilerini kısmen hafifletmeyi başarırken, koleoptil yüzdesi ve uzaması üzerindeki tuz inhibisyonunu ortadan kaldırmada etkisiz olmuştur (Tablo 1).

Tuzlu Ortamda Büyütülen Fidelerin Yaprak Anatomisine TRIA'nın Etkisi

TRIA ön uygulaması saf su ortamında büyütülen arpa fidelerinin yapraklarındakine oranla stoma sayısı ve stoma indeksini her iki yüzeyde azaltırken, epidermis hücre sayısı, stoma genişliği, epidermis hücre genişliği ve iletim demetleri arası mesafeyi artırmıştır. Söz konusu büyüme düzenleyicisi stoma uzunluğunu alt yüzeyde artırırken, üst yüzeyde etkisiz olmuştur. Yaprak kalınlığı üzerinde ise istatistiksel olarak önemli bir etki göstermemiştir (Tablo 2).

Çalışılan tuz seviyelerinde etüvde gerçekleştirilen 10 günlük çimlenme deneylerinde her ne kadar TRIA koleoptil çıkışını teşvik edememiş ise de, çimlenme periyodunu izleyen 20 günlük fide büyümesi döneminde hem kontrol hem de muamele grubunda koleoptil çıkışı olmuş ve ikincil yaprak çıkışı gerçekleşebilmiştir. 0.30 m tuzluluk, TRIA ile ön muamele edilmemiş fidelerde epidermis hücre sayısı, epidermis hücre genişliği ve iletim demetleri arası mesafeyi saf su ortamında büyütülen kontrol fidelerinin yapraklarındakine oranla artırırken, stoma genişliği, stoma uzunluğu ve yaprak kalınlığını kısmen azaltmıştır. Bu tuz seviyesi, stoma sayısını üst yüzeyde nispeten artırırken, alt yüzeyde azaltmıştır. Stoma indeksi üzerinde ise üst yüzeyde azaltıcı, alt yüzeyde artırıcı etki göstermiştir (Tablo 2).

Diğer taraftan, TRIA ön uygulaması 0.30 m tuzlulukta büyütülen kontrol fidelerinin yapraklarındakine oranla stoma genişliği, stoma uzunluğu, epidermis hücre genişliği ve yaprak kalınlığını genellikle artırmış, epidermis hücre sayısını azaltmıştır. Stoma sayısını ise üst yüzeyde azaltırken, alt yüzeyde kısmen artırmıştır. Stoma indeksi üzerinde, üst yüzeyde artırıcı, alt yüzeyde azaltıcı etki göstermiştir. İletim demetleri arası mesafe üzerinde ise etkisiz olmuştur (Tablo 2).

0.35 m tuzluluk, TRIA ile ön muamele edilmemiş fidelerde stoma sayısı, stoma genişliği ve stoma indeksini saf su ortamında büyütülen kontrol fidelerinin yapraklarındakine oranla genellikle azaltırken, epidermis hücre sayısı, epidermis hücre genişliği, yaprak kalınlığı ve iletim demetleri arası mesafeyi artırmıştır. Stoma uzunluğunu ise üst yüzeyde azaltırken, alt yüzeyde artırmıştır (Tablo 2).

Öte yandan, TRIA ön uygulaması 0.35 m tuzlulukta büyütülen kontrol fidelerinin yapraklarındakine oranla epidermis hücre sayısı, stoma uzunluğu ve epidermis hücre genişliğini üst yüzeyde nispeten artırırken, alt yüzeyde azaltmıştır. Stoma sayısı ve stoma indeksini her iki yüzeyde artırmıştır. Yaprak kalınlığını ise azaltmıştır. Stoma genişliği üzerinde, üst yüzeyde azaltıcı, alt yüzeyde artırıcı etki göstermiştir. İletim demetleri arası mesafe üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etki göstermemiştir (Tablo 2).

Tablo 2. TRIA ön uygulamasından sonra 25 °C’de 20 gün boyunca çeşitli konsantrasyonlardaki (m) NaCl’lü ortamda büyütülen arpa fidelerinin yaprak anatomisi parametreleri

NaCl (m)	Büyüme düzenleyicisi	Stoma sayısı		Epidermis hücre sayısı		Stoma genişliği (µm)		Stoma uzunluğu (µm)		Stoma indeksi		Epidermis hücre genişliği (µm)		Yaprak kalınlığı (µm)	İletim demetleri arası mesafe (µm)
		Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt	Üst	Alt		
0.0	Kontrol	*4.1±1.1 ^{bc}	3.7±1.1 ^c	10.8±0.7 ^a	6.4±0.8 ^a	9.9±0.8 ^c	8.0±0.9 ^c	15.9±1.1 ^b	14.2±1.8 ^{ab}	33.80	25.70	5.6±0.6 ^a	5.4±0.6 ^a	54.0±0.7 ^{bc}	78.3±1.1 ^a
	TRIA	3.6±0.9 ^b	2.7±1.2 ^{ab}	14.2±1.4 ^{cd}	10.6±0.9 ^b	11.2±2.2 ^d	9.9±0.7 ^d	16.3±1.7 ^b	17.0±2.7 ^{cd}	20.22	20.30	12.7±3.9 ^c	7.9±1.8 ^b	57.0±1.6 ^{bc}	96.0±1.2 ^b
0.30	Kontrol	4.9±0.9 ^c	2.4±0.8 ^a	13.2±1.1 ^{bc}	13.0±0.9 ^d	6.6±0.8 ^a	5.2±0.6 ^a	13.2±1.7 ^a	13.2±1.6 ^a	14.40	32.10	6.3±1.4 ^b	7.9±0.8 ^b	51.5±1.5 ^b	97.5±1.5 ^b
	TRIA	2.6±0.9 ^a	2.8±0.7 ^{ab}	13.0±1.4 ^b	12.1±0.9 ^{cd}	9.3±1.2 ^{bc}	9.8±0.9 ^d	18.7±2.2 ^c	17.6±2.3 ^{de}	16.60	18.79	10.8±2.3 ^{bc}	8.2±1.4 ^b	61.0±1.1 ^{cd}	98.0±1.3 ^b
0.35	Kontrol	3.6±0.6 ^b	2.2±0.7 ^a	14.0±1.2 ^{bcd}	14.1±1.2 ^e	9.8±0.4 ^c	6.9±1.5 ^b	13.8±1.5 ^a	19.0±1.6 ^e	20.45	13.49	10.8±2.2 ^{bc}	9.3±2.3 ^b	67.5±0.1 ^d	92.5±1.2 ^b
	TRIA	4.1±1.3 ^{bc}	3.6±1.1 ^c	14.5±1.1 ^d	11.9±0.9 ^c	8.5±1.6 ^b	10.0±0.8 ^d	16.2±2.1 ^b	15.3±1.2 ^{bc}	22.04	23.22	15.1±2.8 ^d	8.7±1.4 ^b	49.5±1.5 ^a	94.5±1.5 ^b

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir

TARTIŞMA VE SONUÇ

Genellikle stresin bulunmadığı normal koşullardaki tohum çimlenmesinde dışarıdan herhangi bir büyüme düzenleyicisi tatbikine ihtiyaç yoktur. Ancak, TRIA'nın gerek normal gerekse tuz stresi koşullarındaki tohum çimlenmesinde oynadığı roller çok az çalışılmış ya da hiç çalışılmamıştır. Bu nedenle tuz stresi koşullarındaki çimlenme araştırmalarına geçmeden önce optimum sıcaklık olan 20 °C'de ve saf su ortamındaki tohum çimlenmesinde adı geçen büyüme düzenleyicisinin çimlenme ve çimlenme sonrası ilk fide büyümesindeki etkilerinin araştırılması uygun bulunmuştur.

Tablo 1'de görüldüğü gibi TRIA ön uygulaması nihai çimlenme ve koleoptil yüzdeleri kontrol grubuna göre engellerken, taze ağırlık, radikula ve koleoptil uzunluklarını ise artırmıştır. TRIA ile ilgili literatürlerde farklı raporlar vardır. NIRANJANA vd. (1999), TRIA'nın mısır, çeltik ve ayçiçeği tohumlarının çimlenmesini konsantrasyonuna bağlı olarak teşvik ettiklerini ileri sürerken, STANISLAW & ELBIETA (1982), marul tohumlarının çimlenmesini engellediğini ve HOAGLAND (1980) ise tohum gömleğinden nüfus edemediğinden dolayı tohum çimlenmesinde etkisiz kaldığını bildirmişlerdir. Öte yandan, TRIA'nın normal koşullar altında büyütülen fidelerin radikula uzaması üzerindeki etkileri halen tartışma konusudur. TRIA'nın radikula uzamasını teşvik ettiğini ileri süren araştırmacılara karşılık (NIRANJANA vd. 1999, KUMARAVELU vd. 2000) bunun aksini savunan araştırmacılarda (SOMEN & SEETHALAKSHIMI 1991) mevcuttur. Benzer şekilde, TRIA'nın gövde uzamasını bitki türüne ve uygulanan konsantrasyonuna bağlı olarak engellediği (HOAGLAND 1980) yahut teşvik ettiği (RIES & WERT 1988, MUTHUCHELIAN vd. 1995, CHEN vd. 2002) de belirlenmiştir. KUMARAVELU vd. (2000), TRIA'nın *Vigna radiata* fidelerinde taze ağırlık artışını teşvik ettiğini ve bunu da su absorpsiyonunu artırarak (BITTENBENDER vd. 1978) ya da gibberellin aktivitesini teşvik ederek (RIES 1985) gerçekleştirmiş olabileceklerini belirtmişlerdir.

Yaptığımız çimlenme deneylerinde görüldüğü gibi tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak arpa tohumlarının çimlenmesini engellemiştir (Tablo 1). Tuzun çimlenmeyi engelleyici etkisi herkes tarafından bilinen bir gerçektir (BOUCAUD & UNGAR 1976, CHARTZOULAKIS & LOUPANAK 1997, CUARTERO & FERNANDEZ-MUNOZ 1999).

Öte yandan, tuzluluğun artan seviyeleri arpa tohumlarının nihai çimlenme yüzdesinde olduğu gibi fide büyümesi parametreleri (koleoptil yüzdesi, radikula ve koleoptil uzaması, taze ağırlık) üzerinde de engelleyici etki göstermiştir. Tuzluluğun koleoptil yüzdesi (ÇAVUŞOĞLU vd. 2007), kök ve gövde uzaması (KABAR 1987) ile taze ağırlık ve su içeriğini (EL-MASHAD & KAMEL 2001, KILIÇ vd. 2007) azalttığı da birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Tuzlu ortamda fidelerin taze ağırlık ve su içeriğinin azaldığını gösteren sonuçlarımız ortamın yüksek ozmotik basıncından dolayı köklerin yeterince su alamamasıyla (BOHNERT vd. 1995, AL-KARAKI 2001) açıklanabilir. Tuzun kök ve gövde uzamasını engellemesi ise ozmotik etkinin yanında DNA, RNA ve protein sentezini engellemesi (PRAKASH vd. 1988) veya tuz stresi yüzünden büyümeyi hızlandırıcı hormonların içsel miktarının azalması (PRAKASH & PRATHAPASENAN 1990) ve engelleyici hormonların seviyesinin yükselmesinden (MIZRAHI vd. 1971) kaynaklanabilir.

Diğer yandan, TRIA ön uygulaması tuz stresinin nihai çimlenme yüzdesi, radikula uzaması ve taze ağırlık üzerindeki engelleyici etkisini kısmen tersine çevirmesine karşın, koleoptil yüzdesi ve uzaması üzerindeki tuz inhibisyonunu hafifletmede başarısız olmuştur (Tablo 1). Ancak, yapılan literatür taraması sonucunda TRIA'nın tuz stresi altındaki tohum çimlenmesi ve fide büyümesinde oynadığı roller ile ilgili bir bilgiye rastlanılmamıştır. Söz konusu büyüme düzenleyicisi, tuzluluktan zarar gören hücre membranlarının stabilize edilmesini sağlayarak, protein ve nükleik asit miktarlarını arttırarak, hidrolitik enzimlerin sentezini ve mitoz bölünmeyi teşvik ederek ayrıca tuz teşvikli ABA inhibisyonunu ortadan kaldırarak olumlu etkilerini göstermiş olabilir.

Ortam tuzluluğu fidelerin yapraklarının anatomik özelliklerinde değişimlere sebep olmuştur. Kontrol fidelerinin yapraklarında 0.30 m tuzlulukta epidermis hücre genişliği ve iletim demetleri arası mesafe saf su ortamındakilere nazaran artarken, stoma genişliği, stoma uzunluğu ve yaprak kalınlığı azalmıştır. Stoma sayısı ise üst yüzeyde artmış, alt yüzeyde azalmıştır. 0.35 m tuzluluk, stoma sayısı, stoma genişliği ve stoma indeksini saf su ortamında büyütülen kontrol fidelerinin yapraklarındakine oranla azaltırken, epidermis hücre sayısı, epidermis hücre genişliği, yaprak kalınlığı ve iletim demetleri arası mesafeyi artırmıştır (Tablo 2). Bu gözlemler arpa yapraklarında hem sukkulent (mesela, üst yüzeyde epidermis hücre genişliğinde artış, alt yüzeyde stoma sayısında azalma) hem de kseromorfik (mesela, üst yüzeyde stoma sayısında artış) özelliklerin kazanılabileceğine işaret etmektedir (STROGONOV 1962).

Elde ettiğimiz sonuçlar, tuzluluğun stoma sayısı (KEMP & CUNNINGHAM 1981), stoma indeksi (BRAY & REID 2002), stoma genişliği ve uzunluğunu (ÇAVUŞOĞLU vd. 2007) azalttığını ileri süren araştırma bulgularıyla uyum içindedir. Diğer taraftan, tuzluluğun epidermis hücre sayısı ve epidermis hücre genişliği (BRAY & REID 2002) ile iletim demetleri arasındaki mesafe üzerinde artırıcı etki yaptığı bilinmekle beraber, bir kez daha teyit edilmiştir. Ancak, tuzluluğun yaprak kalınlığına etkisi üzerinde bir fikir birliği bulunmamaktadır. Tuz stresinin yaprak kalınlığını azalttığını ileri süren araştırmacılara (YEO vd. 1991, HU & SCHMIDHALTER 2001) karşın, artırdığını ileri süren araştırmacılar da (HWANG & CHEN 1995, ÇAVUŞOĞLU vd. 2007) mevcuttur. Yaptığımız çalışmada 0.30 m tuzluluğun yaprak kalınlığını azalttığını, 0.35 m tuzluluğun ise yaprak kalınlığını artırdığını tespit etmiştik (Tablo 2).

Öte yandan, tuz stresine tepki olarak bitkilerin yapraklarında Na^+ ve Cl^- iyonlarındaki artış ve K^+ miktarındaki azalma ile stomalar kapanabilir, dolayısı ile terleme ile su kaybı azalarak varlıklarını sürdürmüş olabilirler (ROBINSON vd. 1983). Dahası, tuz stresli yapraklarda ABA içeriği artarak da stomalar kapanıp su kaybı azalabilir (CRAMER & QUARRIE 2002).

TRIA ön uygulamasının üst düzeyde stoma sayısı, stoma indeksi ve epidermis hücre genişliğini artırması 0,35 m tuzlulukta yapraklara sukkulent ve kseromorfik özellikler (STROGONOV 1962) kazandırdığına işaret etmektedir.

Görüldüğü gibi TRIA'nın normal ve stres koşulları altındaki tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve yaprak anatomisindeki rolleri hem yeterince araştırılmamış hem de fikir birliğine varılamamıştır. Bu nedenle sözü edilen büyüme düzenleyicisinin etki

mekanizmalarının açıklığa kavuşabilmesi için ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu araştırmamızın gelecek çalışmalara ışık tutacağı kanısındayız.

TEŞEKKÜR

Yazarlar TBAG-HD/41 (105T054) ve SDÜBAP (0835-D-04) no'lu projeler ile maddi destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ve Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Daire Başkanlığına (SDÜBAP) teşekkür eder. Ayrıca, deneylerde kullanılan arpa tohumlarının temininde yardımcı olan Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsüne de sonsuz şükranlarını sunarlar.

KAYNAKLAR

- AL-KARAKI GN, 2001. Germination, sodium, and potassium concentrations of barley seeds as influenced by salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 511-512.
- BITTENBENDER HC, DILLEY DR, WERT VF, RIES SK, 1978. Environmental parameters affecting dark response of rice seedlings to triacontanol. *Plant Physiology*, 61, 851-854.
- BOHNERT HJ, NELSON DE, JENSEN RG, 1995. Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell*, 7, 1099-1111.
- BOUCAUD J, UNGAR IA, 1976. Hormonal control of germination under saline conditions of three halophyte taxa in genus *Sueda*. *Physiologia Plantarum*, 36, 197-200.
- BRAUN JW, KHAN AA, 1976. Alleviation of salinity and high temperature stress by plant growth regulators permeated into lettuce seeds via acetone. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 101, 716-721.
- BRAY S, REID DM, 2002. The effect of salinity and CO₂ enrichment on the growth and anatomy of the second trifoliate leaf of *Phaseolus vulgaris*. *Canadian Journal of Botany*, 80, 349-359.
- CHARTZOULAKIS KS, LOUPANAK MH, 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchanges and yield of greenhouse egg plant. *Agricultural Water Manage*, 32, 215-225.
- CHEN X, YUEN H, CHEN R, ZHU L, DU B, WENG Q, HE G, 2002. Isolation and characterization of triacontanol-regulated genes in rice (*Oryza sativa* L.): possible role of triacontanol as a plant growth stimulator. *Plant Cell Physiology*, 43 (8), 869-876.
- CHIBNALL AC, WILLIAMS FF, LATNER AL, PIPER SH, 1933. The isolation of n-triacontanol from *lucerna wax*. *Journal of Biochemistry*, 27, 1885-1888.
- CRAMER GR, QUARRIE SA, 2002. Abscisic acid is correlated with the leaf growth inhibition of four genotypes of maize differing in their response to salinity. *Functional Plant Biology*, 29, 111-115.
- CUARTERO J, FERNANDEZ-MUNOZ R, 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae*, 78, 83-125.
- CURTIS PS, LAUCHLI A, 1987. The effect of moderate salt stress on leaf anatomy in *Hibiscus cannabinus* (Kenaf) and its relation to leaf area. *American Journal of Botany*, 74 (4), 538-542.

- ÇAVUŞOĞLU K, KILIÇ S, KABAR K, 2007. Arpa tohumlarının çimlenmesi sırasında gibberellik asit, kinetin ve etilen ile tuz stresinin hafifletilmesinde bazı morfolojik ve anatomik gözlemler. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 2 (1), 27-40.
- DASH M, PANDA SK, 2001. Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating *Phaseolus mungo* seeds. *Biologia Plantarum*, 44 (4), 587-589.
- EL-MASHAD AA, KAMEL EA, 2001. Amelioration of NaCl stress in *Pisum sativum* Linn. *Indian Journal of Experimental Biology*, 39 (5), 469-475.
- FLOWERS TJ, HAJIBAGHERI MA, CLIPSON NTW, 1986. Halophytes. *Quarterly Review of Biology*, 61, 313-337.
- GULZAR S, KHAN MA, 2002. Alleviation of salinity-induced dormancy in perennial grasses. *Biologia Plantarum*, 45 (4), 617-619.
- HOAGLAND RE, 1980. Effects of triacontanol on seed germination and early growth. *Botanical Gazette*, 141, 53-55.
- HU Y, SCHMIDHALTER U, 2001. Reduced cellular cross-sectional area in the leaf elongation zone of wheat causes a decrease in dry weight deposition under saline conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28, 165-170.
- HWANG YH, CHEN SC, 1995. Anatomical responses in *Kandelia candel* (L.) Druce seedlings growing in the presence of different concentrations of NaCl. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 36, 181-188.
- KABAR K, 1987. Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination. *Journal of Plant Physiology*, 128, 179-183.
- KABAR K, BALTEPE S, 1987. Alleviation of salinity stress on germination of barley seeds by plant growth regulators. *Turkish Journal of Biology*, 11(3), 108-117.
- KEMP PR, CUNNINGHAM GL, 1981. Temperature and salinity effects on growth, leaf anatomy and photosynthesis of *Distichlis Spicata* L. Grene. *American Journal of Botany*, 68 (4), 507-516.
- KILIÇ S, ÇAVUŞOĞLU K, KABAR K, 2007. Effects of 24-epibrassinolide on salinity stress induced inhibition of seed germination, seedling growth and leaf anatomy of barley. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 2 (1), 41-52.
- KUMARAVELU G, DAVID LIVINGSTONE V, RAMANUJAM MP, 2000. Triacontanol-induced changes in the growth, photosynthesis pigments, cell metabolites, flowering and yield of green gram. *Biologia Plantarum*, 43 (2), 287-290.
- MARTINS MBG, CASTRO PRC, 1999. Growth regulators and tomato leaf anatomy (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Angela Gigante. *Scientia Agricola*, 56 (3), 693-703.
- MEIDNER H, MANSFIELD TA, 1968. *Physiology of Stomata*. Graw-Hill New York.
- MIZRAHI Y, BLUMONFELD A, BITTNER S, RICHMOND AE, 1971. Abscisic acid and cytokinin content of leaves in relation to salinity and relative humidity. *Plant Physiology*, 48, 752-755.
- MUTHUCHELIAN K, MURUGAN C, HARIGOVINDAN R, NEDUNCHEZHIAN N, KULANDAIVELU G, 1995. Effect of triacontanol in flooded *Erythrina variegata* seedlings. 1. changes in growth, photosynthesis pigments and biomass productivity. *Photosynthetica*, 31, 269-275.

- NIRANJANA SR, PANDIT A, PRAKASH HS, SHETTY HS, 1999. Effect of triacontanol on the seed quality of maize, paddy and sunflower. *Seed Science and Technology*, 27, 1007-1013.
- PRAKASH L, DUTT M, PRATHAPASENAN G, 1988. NaCl alters contents of nucleic acids, protein, polyamines and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *Australian Journal of Plant Physiology*, 15, 769-776.
- PRAKASH L, PRATHAPASENAN G, 1990. Interactive effect of NaCl salinity and gibberellic acid and gibberellin like substances and yield of rice (*Oryza sativa* L. var. G.R.3). *Proceedings of the Indian Academy of Sciences*, 100, 173-181.
- RIES SK, 1985. Regulation of plant growth with triacontanol. *CRC Critical Reviews Plant Sciences*, 2, 239-285.
- RIES SK, WERT VF, 1988. Rapid elicitation of second messengers by nanomolar doses of triacontanol and octacosanol. *Planta*, 173, 79-87.
- RIES SK, WERT VF, SWEELEY CC, LEAVITT RA, 1977. Triacontanol: a naturally occurring plant growth regulator. *Science*, 195, 1339-1341.
- ROBINSON SP, DOWNTON WJS, MILLHOUSE JA, 1983. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts of salt-stressed Spinach. *Plant Physiology*, 73 (2), 238-242.
- SCHMIDHALTER U, OERTLI JJ, 1991. Germination and seedling growth of carrots under salinity and moisture stress. *Plant and Soil*, 132, 243-251.
- SOMEN CK, SEETHALAKSHMI KK, 1991. Growth response of seedlings of Acacia, Ailanthus and Casuarina to triacontanol. *Indian Journal of Forestry*, 14 (1), 46-50.
- STANISLAW L, ELBIETA S, 1982. Interaction of triacontanol with gibberellin in control of lettuce seed germination. *Physiologia Plantarum*, 55 (2), 183-187.
- STRAGONOV BP, 1962. Fiziologicheskie Osnovy Soleustoichivosti Rastenii. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR Moskva.
- UNGAR IA, 1974. The effect of salinity and temperature on seed germination and growth of *Hordeum jubatum*. *Canadian Journal of Botany*, 52, 1357-1362.
- YEO AR, LEE KS, IZARD P, BOURSIER PJ, FLOWERS TJ, 1991. Short-term and long-term effects of salinity on leaf growth in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany*, 42, 881-889.
- ZHU JK, 2001. Over expression of a delta-pyrroline-5-carboxylate synthetase gene and analysis of tolerance to water and salt stress in transgenic rice. *Trends Plant Science*, 6, 66-72.