

**ARPA TOHUMLARININ ÇİMLENMESİ SIRASINDA GİBBERELLİK ASİT,
KİNETİN VE ETİLEN İLE TUZ STRESİNİN HAFİFLETİLMESİNDE BAZI
MORFOLOJİK VE ANATOMİK GÖZLEMLER**

Kürşat ÇAVUŞOĞLU*, Semra KILIÇ, Kudret KABAR

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
32260, Isparta, e-mail: kursat@fef.sdu.edu.tr
Alınış: 9 Kasım 2006, Kabul: 11 Ocak 2007

Özet: Bu çalışmada tuzlu koşullar altında çimlendirilen arpanın (*Hordeum vulgare* L. var. Bülbül 89) tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve yaprak anatomisine gibberellik asit (GA₃), kinetin (Kin) ve etilen (E)'in etkileri araştırılmıştır. Çalışılan bitki büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının tümü tuz stresinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede önemli bir etkinlik göstermişlerdir. Ayrıca, söz konusu bitki büyüme düzenleyicisi uygulamalarının arpa fidelerinin yaprak anatomisi üzerinde farklı derecelerde etkili oldukları ve bu farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bitki büyüme düzenleyicisi, fide büyümesi, tohum çimlenmesi, tuz stresi, yaprak anatomisi

**SOME MORPHOLOGICAL AND ANATOMICAL OBSERVATIONS IN
ALLEVIATION OF SALINITY STRESS BY GIBBERELIC ACID, KINETIN
AND ETHYLENE DURING GERMINATION OF BARLEY SEEDS**

Abstract: Effects of gibberellic acid (GA₃), kinetin (Kin) and ethylene (E) on seed germination, seedling growth and leaf anatomy of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Bülbül 89) germinated under saline conditions were investigated in this study. All of the plant growth regulator pretreatments studied showed a important effect in alleviating of the negative effect of salt stress on seed germination and seedling growth. However, it was determined that the plant growth regulator treatments mentioned affected in different degrees on leaf anatomy of barley seedlings, and this difference was statistically important.

Key words: Plant growth regulator, seedling growth, seed germination, salt stress, leaf anatomy

GİRİŞ

Tuzluluk, dünya topraklarının en önemli sorunlarından biridir. Dünyada her yıl 10 milyon hektar arazinin tuzluluk etkisiyle elden çıkması, sorunun boyutunu daha iyi göz önüne sermektedir (KWIATOWSKI 1998). Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yetersiz yağış ve yüksek buharlaşma tuzluluğun başta gelen

sebeplerindedir. Öte yandan yanlış sulama uygulamaları da özellikle drenaj koşullarının kötü olduğu yerlerde tuzluluğa sebep olabilmektedir (ERGENE 1982).

Dünyada tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve besin ihtiyacının katlanarak arttığı dikkate alınır en azından mevcut arazilerin daha verimli kullanılması gerektiği ortaya çıkar. Bu yüzden tuzlu toprakların ıslahı ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi zorunluluğu vardır (WOODS 1996).

Doğada tohum çimlenmesini etkileyen birçok faktörün arasında özellikle tarımımızı ilgilendiren en önemli bir etken, ortamın tuz konsantrasyonudur. Toprağın tuzlanması, bitki gelişimi için hiç de uygun olmayan koşulların doğmasına yol açar. Tuzluluğun, tohum çimlenmesini engellediği (CUARTERO & FERNANDEZ-MUNOZ 1999, PROMILA & KUMAR 2000), kök ve gövde uzamasını baskıladığı (DASH & PANDA 2001, ASHRAF vd. 2002), taze ağırlık ve su içeriğini azalttığı (EL-MASHAD & KAMEL 2001, ÇAVUŞOĞLU 2006) birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur. Ayrıca tuzluluğun fotosentez verimi (DELFINO vd. 1999, LORETO vd. 2003), klorofil içeriği (MOLASSIOTIS vd. 2006), yaprak genişliği (HU vd. 2000, HU & SCHMIDHALTER 2001), yaprak kalınlığı (YEO vd. 1991), yaprak uzunluğu (THIEL vd. 1988, MUNNS vd. 2000), epidermis hücre sayısı (MARTINS & CASTRO 1999), epidermis hücre genişliği (CURTIS & LAUCHLI 1987), stoma sayısı (KEMP & CUNNINGHAM 1981, FLOWERS vd. 1986) ve stoma indeksini (BRAY & REID 2002) azalttığı uzun zamandan beri bilinmektedir. Ancak tuzlu koşullar altında yetiştirilen fidelerin yaprak anatomisi (özellikle çalışmamızda incelenen parametreler) üzerine GA₃, Kin ve E'in etkileri ile ilgili çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada tuzluluğun tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve yaprak anatomisi üzerindeki olumsuz etkisinin, GA₃, Kin ve E gibi bitki büyüme düzenleyicilerinin tohumlara çimlenme öncesinde uygulanmasıyla hafifletilmesi sorunu araştırılmıştır. Bu amaçla, bir gramine üyesi olan arpa, materyal olarak seçilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Tohum Çimlenmesi

Çimlenme deneyleri sabit sıcaklıkta (20°C), sürekli karanlıkta ve etüvde yapılmıştır. Önce yeterli sayıda, dolgun görünüşlü, sağlam ve az çok birbirine benzer büyüklükte olan arpa (*Hordeum vulgare* L. var. Bülbül 89) tohumları seçilerek beherlerde, belirli hacimdeki saf su (kontrol) ve GA₃, Kin ve E de 24 saat oda sıcaklığında ön işleme tabi tutulmuştur. Bu ön uygulama sonunda, çözeltiler derhal süzülüp tohumlar vakumda kurutulmuştur (BRAUN & KHAN 1976). Her uygulamaya ait tohumlar, 115°C'ye ayarlı etüvde sterilize edilmiş iki tabaka filtre kağıdı ile kaplı ve belirli miktarda tuz çözeltileri (0.0, 0.30, 0.35 molal, m) içeren, önceden otoklavda sterilize edilmiş 10 cm çaplı petriyer içine düzenli olarak dizilmiştir. Her petriye tohumlar hilumları altta olacak şekilde 25'er adet yerleştirilmiştir. Ekimin hemen ardından petriyer, 20°C sıcaklığa ayarlı etüve, 7 gün süresince çimlenmek üzere konmuştur. Çimlenme için, radikulanın 10 mm (UNGAR 1974) uzunluğuna ulaşması esas alınmıştır. Bu süre sonunda çimlenme yüzdesi tespitinin ardından, çimlenen tohumlardan çıkan fidelerde koleoptil oluşum

yüzdesi belirlenmiş, radikula ve koleoptil uzunlukları ölçülmüş ve fidelerin taze ağırlık tartımı yapılmıştır.

Fide Büyümesi ve Anatomik Çalışma

20°C sıcaklık ve karanlıkta 7 gün süresince etüvde çimlendirilen tohumlar, perlit içeren Hoagland besin çözeltisi ve tuz çözeltisi (0.0, 0.30 m) verilen saksılara transfer edilerek 20 gün boyunca büyütülmüşlerdir. Büyüme koşulları: sıcaklık 25±2°C, nispi nem 60±%5, ışık periyodu 12-saat, 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 enine ve yüzeysel olarak hazırlanmıştır. Yaprak birim alanındaki stoma ve epidermis hücre sayılarının tespitine dayalı olarak, MEIDNER & MANSFIELD (1968)'in metoduna göre stoma indeksi hesaplanmıştır. Bütün deneyler dört kez tekrarlanmıştır. Tüm parametrelerle ilgili istatistiki değerlendirme SPSS programı kullanılarak Duncan's multiple range testine göre gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Tuzlu Ortamda Tohum Çimlenmesi ve Fide Büyümesi Üzerine GA₃, Kin ve E'in etkileri

Saf su ortamında çimlendirilen arpa tohumlarının 7. gün sonundaki nihai çimlenme yüzdesi üzerinde GA₃, Kin ve E gibi bitki büyüme düzenleyicisi uygulamaları, kontrol ile aynı etkiyi göstermiştir. Diğer bir ifadeyle, söz konusu büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının, gerek tohum çimlenmesi ve gerekse koleoptil gelişmesi üzerinde, kontrolden farklı bir etkileri görülmemiştir. Diğer taraftan, GA₃ radikula uzamasını kontrole göre teşvik ederken, Kin ve E radikula uzamasını engellemiştir. Koleoptil uzunluğu üzerinde Kin, kontrole göre, engelleyici bir etki oluştururken, GA₃ ve E ise koleoptil uzamasını önemli ölçüde artırmıştır. Benzer şekilde, 7 günlük çimlenmiş fidelerin taze ağırlıkları da, kontrole göre, Kin uygulamasında azalmasına karşın, GA₃ ve E uygulaması arpa fidelerinin taze ağırlığını artırmıştır (Tablo 1).

Tuz uygulaması, konsantrasyon artışına paralel olarak, incelenen tüm büyüme parametreleri üzerindeki olumsuz etkisini artırmıştır. Örneğin, saf suda çimlendirilen arpa tohumları deney sonunda % 100 çimlenme gösterirken, 0.30 m tuzlulukta bu değer % 20 ve 0.35 m tuzlulukta % 0.0 olmuştur. Diğer bir ifadeyle, tuz arpa tohumlarının nihai çimlenme yüzdesini 0.30 m'da % 80 ve 0.35 m'da % 100 engellemiştir. Çalışılan büyüme düzenleyicilerinin tüm ön uygulamaları, 0.30 ve 0.35 m NaCl'ün gerek çimlenme, gerekse fide büyümesi (koleoptil gelişim yüzdesi, radikula ve koleoptil uzunluğu, taze ağırlık) üzerindeki engelleyici etkisini hafifletmede farklı derecelerde etkili olmuşlardır. Bu yönde, incelenen parametreler üzerindeki tuzun olumsuz etkilerini gidermede, en olumlu etkiyi GA₃'ün yaptığı görülmüştür (Tablo 1).

Tablo 1. Bazı büyüme düzenleyicilerinin ön uygulamasından sonra 20°C’de iki farklı konsantrasyondaki NaCl’lü ortamda çimlendirilen arpa tohumlarından çıkan fidelerin 7. gün sonundaki büyüme parametreleri

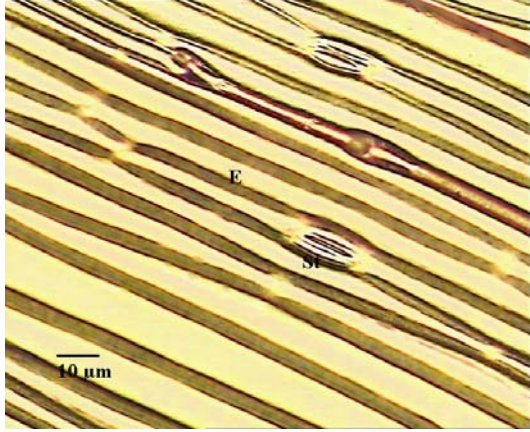
NaCl (m)	Ön uygulama	Çimlenme yüzdesi	Koleoptil yüzdesi	Radikula uzunluğu (mm)	Koleoptil uzunluğu (mm)	Taze ağırlık (mg/fide)
0.0	Kontrol	*100±0.0 ^h	100±0.0 ^h	74.6±0.5 ⁱ	81.4±0.7 ^h	281.2±0.6 ⁱ
	GA₃	100±0.0 ^h	100±0.0 ^h	88.3±0.7 ⁱ	117.2±0.4 ⁱ	309.5±0.9 ^j
	Kin	100±0.0 ^h	100±0.0 ^h	65.6±0.2 ^g	73.8±0.8 ^g	255.6±1.2 ^h
	E	100±0.0 ^h	100±0.0 ^h	70.4±0.5 ^h	96.7±0.3 ⁱ	292.0±0.7 ⁱ
0.30	Kontrol	20±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	10.1±0.2 ^b	0.0±0.0 ^a	83.0±0.5 ^b
	GA₃	82±2.3 ^g	32±0.0 ^g	19.3±0.6 ^f	18.6±0.5 ^f	112.7±1.0 ^f
	Kin	56±0.0 ^e	30±2.3 ^f	14.0±0.7 ^e	16.2±0.4 ^d	114.2±0.9 ^g
	E	44±0.0 ^d	8±0.0 ^c	12.8±0.8 ^d	17.8±0.6 ^e	106.5±1.2 ^d
0.35	Kontrol	0.0±0.0 ^a	0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a
	GA₃	60±0.0 ^f	20±0.0 ^e	14.2±0.3 ^e	16.5±0.8 ^d	107.1±0.7 ^e
	Kin	24±0.0 ^c	10±2.3 ^d	12,7±0.4 ^d	12.0±0.0 ^c	106.9±0.6 ^{de}
	E	20±0.0 ^b	4±0.0 ^b	11.2±0.2 ^c	10.4±0.5 ^b	99.3±0.8 ^c

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark (P<0.05) düzeyinde önemsizdir.

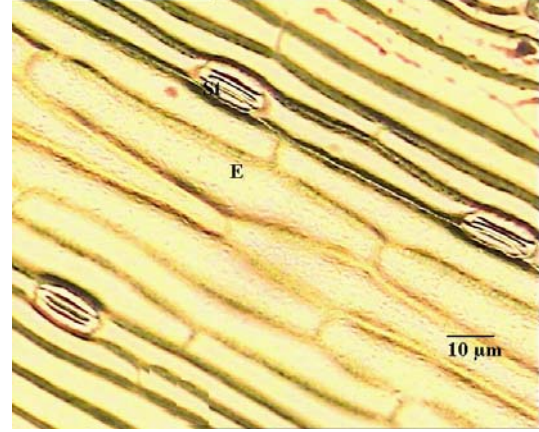
Tuz Stresine Karşı Yaprak Anatomisi Üzerinde GA₃, Kin ve E’in etkileri

Saf su ortamında büyütülen arpa fidelerinin yapraklarının stoma sayısı üzerinde, çalışılan büyüme düzenleyicilerinin tüm ön uygulamaları, yaprak alt yüzeyinde etkisiz olurken, üst yüzeyde sadece Kin etkili olmuştur. Çimlenme öncesinde tohumlara uygulanan büyüme düzenleyicileri, epidermis hücre sayısını, yaprağın hem alt hem de üst yüzeyinde artırmasına karşılık, stoma genişliği (Şekil 1, 2) ve stoma indeksi (Şekil 3) üzerinde, her iki yaprak yüzeyinde de etkisiz olmuşlardır. Stoma uzunluğu ve epidermis hücre genişliği üzerinde ise, yaprak üst yüzeyinde sadece GA₃ olumlu yönde etkili olurken, yaprak alt yüzeyinde hiçbir ön uygulamanın olumlu etkisi görülmemiştir. Diğer yandan, GA₃ ve Kin arpa fidelerinin yaprak kalınlığını artırırken, E yaprak

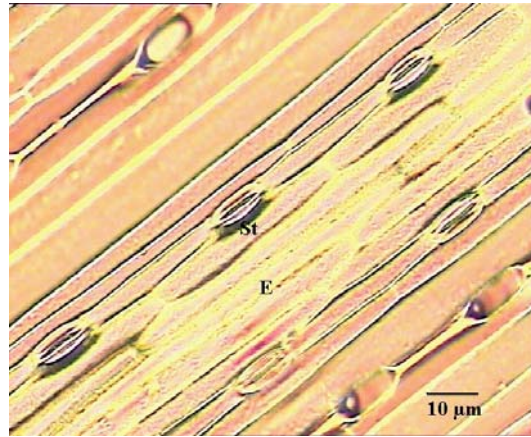
kalınlığını azaltmıştır. İletim demetleri arasındaki mesafe üzerinde ise, Kin haricinde hiçbir büyüme düzenleyicisi ön uygulaması etkili olmamıştır (Tablo 2).



Şekil 1. Saf su ortamında büyütülen kontrol grubu arpa fidelerinin yaprak alt yüzeyinde stoma genişliği E= epidermis, St= stoma



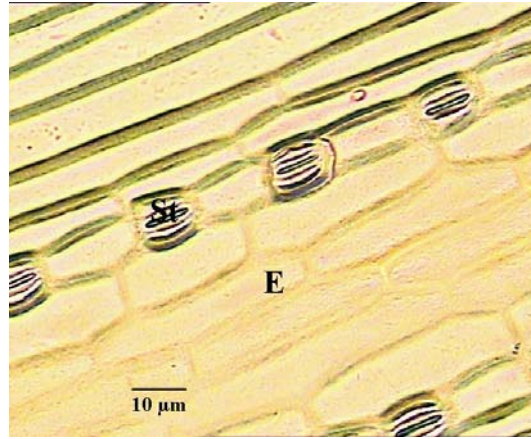
Şekil 2. Saf su ortamında büyütülen kontrol grubu arpa fidelerinin yaprak üst yüzeyinde stoma genişliği



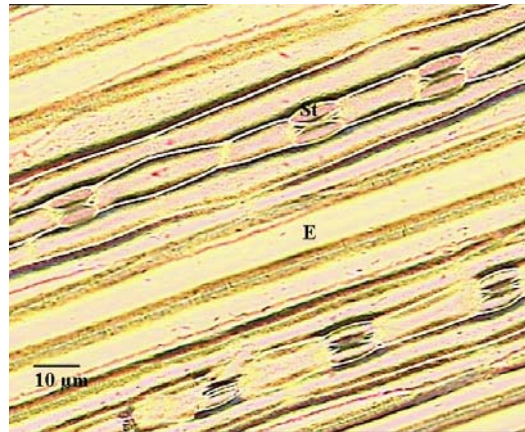
Şekil 3. Saf su ortamında büyütülen kontrol grubu arpa fidelerinin yaprak üst yüzeyinde stoma yoğunluğu

0.30 m tuzluluk, stoma genişliği ve uzunluğunu normal koşullar altında büyütülen fidelerinin (kontrol) yapraklarındakine oranla azaltmıştır. Bu tuzluluk, stoma sayısı ve stoma indeksini yaprak alt yüzeyinde artırırken, üst yüzeyde engellemiştir. Yine bu konsantrasyondaki tuzlu ortamda büyüyen arpa fidelerinde, epidermis hücre genişliği yaprak üst yüzeyinde artmış, alt yüzeyde ise etkilenmemiştir. Ayrıca, bu tuzluluk, epidermis hücre sayısı, yaprak kalınlığı ve iletim demetleri arasındaki mesafe üzerinde de olumlu bir etki göstermiştir (Tablo 2).

Tohumlara çimlenme öncesi uygulanan büyüme maddeleri ise, stoma sayısı ve stoma indeksini 0.30 m tuzlulukta büyütülen kontrol fidelerinin yapraklarındakine oranla yaprak üst yüzeyinde artırırken, yaprak alt yüzeyinde azaltmışlardır. Yine bu ön uygulamaların tümü epidermis hücre genişliği, yaprak kalınlığı ve iletim demetleri arasındaki mesafeyi, 0.30 m tuzlulukta büyütülen kontrol fidelerinkine göre, azaltmıştır. Epidermis hücre sayısı üzerinde, GA₃, Kin ve E ön uygulamaları, yaprak üst yüzeyinde olumlu etki gösterirken, alt yüzeyde sadece GA₃ ve Kin başarılı bir performans sergilemiştir. Stoma genişliği üzerinde ise, yaprak üst yüzeyinde sadece E etkili olurken, alt yüzeyde hiçbir büyüme düzenleyicisi olumlu etki gösterememiştir. Stoma uzunluğuna gelince, bu parametre üzerinde yaprak üst yüzeyinde Kin ve E (Şekil 4), alt yüzeyinde de sadece GA₃ (Şekil 5) olumlu etki göstermiş, diğer büyüme düzenleyicileri ise bu parametre üzerinde etkisiz olmuşlardır (Tablo 2). Ayrıca, söz konusu çalışmada 0.35 m tuzluluğun tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmasına karşın, bu tuzlulukta arpa fideleri büyütülemedikleri için yaprak anatomisi üzerindeki etkileri incelenememiştir.



Şekil 4. 0.30 m NaCl'de büyütülen E ön uygulamalı arpa fidelerinin yaprak üst yüzeyinde stoma uzunluğu



Şekil 5. 0.30 m NaCl'de büyütülen GA₃ ön uygulamalı arpa fidelerinin yaprak alt yüzeyinde stoma uzunluğu

Tablo 2. Arpa tohumlarına yapılan büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının ve fide gelişme aşamasında uygulanan tuzun (0.30 m NaCl) yaprak anatomisine ilişkin parametreler üzerindeki karşılıklı etkileri

NaCl (m)	Ön uygulama	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	*3.3±1.1 ^{ab}	3.7±1.1 ^c	6.4±0.8 ^a	10.8±0.7 ^a	8.2±1.1 ^c	10.1±0.8 ^d	14.4±1.6 ^c	15.8±0.8 ^d	33.8	25.7	5.6±0.6 ^d	5.4±0.6 ^f	44.0±2.1 ^d	78.3±1.1 ^e
	GA ₃	3.2±0.6 ^{ab}	4.0±0.9 ^c	13.4±1.0 ^c	14.5±1.4 ^d	7.9±0.7 ^c	5.3±1.8 ^b	20.5±1.1 ^e	13.8±1.6 ^b	19.2	21.6	7.3±0.8 ^f	2.5±0.6 ^{bc}	58.6±1.2 ^f	39.6±0.7 ^b
	Kin	5.0±0.6 ^d	2.9±0.7 ^b	15.8±1.3 ^f	14.9±1.7 ^d	6.0±1.1 ^a	7.6±0.5 ^c	12.0±0.6 ^a	14.3±0.8 ^{bc}	24.0	16.2	3.7±0.5 ^b	4.3±0.4 ^e	49.3±1.4 ^e	81.8±1.6 ^g
	E	2.8±0.7 ^a	2.5±0.7 ^b	14.2±1.4 ^d	11.4±1.0 ^b	7.1±0.5 ^b	5.7±0.6 ^b	12.9±0.7 ^b	16.1±1.1 ^d	16.4	17.9	4.4±0.5 ^c	2.1±0.2 ^b	33.0±1.0 ^a	39.9±1.0 ^b
0.30	Kontrol	2.4±0.9 ^a	5.6±1.1 ^d	10.3±1.2 ^b	11.8±1.3 ^b	7.3±1.4 ^b	7.9±1.1 ^c	13.2±1.7 ^b	14.5±1.1 ^c	14.4	32.1	6.3±1.4 ^e	5.6±0.9 ^f	63.3±1.4 ^g	80.5±1.3 ^f
	GA ₃	3.8±1.1 ^b	1.6±0.6 ^a	16.2±1.1 ^g	14.5±0.9 ^d	7.1±0.7 ^b	4.0±1.2 ^a	13.2±1.9 ^b	16.1±2.5 ^d	19.0	9.9	5.3±0.4 ^d	3.8±0.3 ^{de}	40.7±1.4 ^b	67.5±1.7 ^d
	Kin	4.5±0.8 ^c	3.6±1.0 ^c	16.1±1.9 ^g	13.8±1.7 ^c	6.3±0.6 ^a	5.5±0.5 ^b	14.6±1.3 ^c	13.2±0.7 ^a	21.8	20.6	4.3±0.4 ^c	2.9±0.2 ^c	34.5±2.5 ^a	59.0±0.5 ^c
	E	3.8±0.9 ^b	3.9±1.2 ^c	14.9±1.9 ^e	11.5±1.0 ^b	8.8±1.3 ^d	7.5±0.7 ^c	15.3±0.4 ^d	13.5±0.8 ^{ab}	20.3	25.3	2.6±0.5 ^a	1.6±0.3 ^a	42.4±1.9 ^c	24.3±1.1 ^a

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark (P<0.05) düzeyinde önemsizdir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, yıllardan beri tohum çimlenmesi araştırmalarında kullanılan GA₃, Kin ve E'in gerek normal gerekse tuzlu koşullardaki tohum çimlenmesi, fide büyümesi ve yaprak anatomisine etkileri araştırılmıştır. Tablo 1'deki deneysel bulgularımıza göre, büyüme düzenleyicisi uygulanmamış arpa tohumları (kontrol) normal koşullar altında % 100 çimlenmiştir. Çalışılan büyüme düzenleyicisi ön uygulamaları da, arpa tohumlarında çimlenme yüzdesini bu değere ulaştırmayı başarmışlardır. Koleoptil gelişme yüzdesi üzerinde de, bu tür uygulamalarla kontrol grubu arasında çimlenme yüzdesine benzer bir durumun varlığı görülmüştür. Bu yönde, GA₃ (KARSSSEN 1995), Kin (PINFIELD & STOBART 1972, RAO vd. 1976) ve E'in (KEPCZYNSKI & KEPCZYNSKA 1997, MATILLA 2000), uzun zamandan beri bilinen, normal koşullardaki tohum çimlenmesini teşvik edici etkileri, çalışmamızla bir kez daha doğrulanmıştır.

Diğer yandan, çalışmamızda, arpa fidelerinin normal koşullardaki radikula uzaması üzerinde Kin ve E ön uygulamalarının engelleyici etki yaptığı, GA₃ ön uygulamasının ise radikula uzamasını artırdığı görülmüştür (Tablo 1). GA₃'ün radikula uzamasını teşvik ettiği bir çok araştırmacı tarafından da gösterilmiştir (KARSSSEN 1995, SHARMA vd. 2004, ÇAVUŞOĞLU 2006). Buna karşılık, sitokininlerin radikula uzamasını engelledikleri uzun zamandan beri bilinmektedir (IKUMA & THIMANN 1963, BRAUN & KHAN 1976). Öte yandan, MUROFUSHI vd. (1999)'nin E'in kök uzamasını engellediğini belirttikleri çalışmaları da bulgularımızla uyum göstermektedir. Arpa fidelerinin koleoptil uzunluğu üzerinde Kin ön uygulamasının, beklenene uygun şekilde, engelleyici olduğu, GA₃ ve E ön uygulamalarının ise koleoptil uzamasını teşvik edici bir etki gösterdikleri bulunmuştur (Tablo 1). GA₃'ün uzama büyümesi üzerindeki teşvik edici etkisi çok iyi bilinmektedir (BRAUN & KHAN 1976). Ayrıca ÇAVUŞOĞLU (2006)'nun E'in koleoptil uzamasını teşvik ettiği, Kin ise engellediğini belirttiği çalışması da bulgularımızla uyum göstermektedir. Arpa fidelerinin taze ağırlık artışı üzerinde Kin haricinde, çalışılan büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının teşvik edici etki yaptıkları görülmüştür (Tablo 1). GA₃'ün taze ağırlığı artırdığı ve bunu da tohumdaki makromolekülleri yapısal birim moleküllerine dönüştürerek, tohumların su emme gücünü artırarak yaptığı bilinmektedir (BIALECKA & KEPCZYNSKI 2003). KAUFMANN & ROSS (1970) ile ESASHI vd. (1990)'nin E ve Kin'in tohum çimlenmesi sırasında su alımını artırdıkları yönündeki bulguları, bu iki büyüme düzenleyicisinin taze ağırlık artışı üzerinde olumlu etki yaptıklarını göstermektedir.

Yaptığımız çimlendirme deneylerinde görüldüğü gibi, tuzluluk, konsantrasyonuna bağlı olarak arpa tohumlarının çimlenmesini engellemiştir (Tablo 1). Tuzun tohumlarda çimlenmeyi engelleyici etkisi, pek çok araştırmada ortaya konmuş, bilinen bir gerçektir (ÖZTÜRK vd. 1994a, GHOULAM & FORES 2001, GULZAR & KHAN 2002). Öte yandan, tuzluluğun artan seviyeleri arpa tohumlarının çimlenmesinde olduğu gibi, fide büyümesi (koleoptil gelişim yüzdesi, radikula ve koleoptil uzaması, taze ağırlık) üzerinde de engelleyici etki göstermiştir (Tablo 1). Tuzluluğun, koleoptil gelişim yüzdesi (ÇAVUŞOĞLU 2006), kök ve gövde uzaması (DASH & PANDA 2001, ASHRAF vd. 2002) ile taze ağırlık ve su içeriğini azalttığı (EL-MASHAD & KAMEL 2001) da birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Tuzlu ortamda fidelerin taze ağırlık ve su içeriğinin azaldığını gösteren sonuçlarımız, ortamın yüksek ozmotik değerde

olması nedeniyle köklerin yeterince su alamamasıyla açıklanabilir (BOHNERT vd. 1995, AL-KARAKI 2001). 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 taraftan, çimlenme öncesi yaptığımız büyüme düzenleyicisi ön uygulamaları, tuz stresinin arpa tohumlarının çimlenme ve fide büyümesini engelleyici etkisini önemli ölçüde ortadan kaldırmışlardır (Tablo 1). GA₃ (ÖZTÜRK vd. 1994a), Kin (KHAN & HUANG 1988) ve E'in (KHAN vd. 1993) tuzlu koşullar altındaki tohum çimlenmesinde teşvik edici rolleri uzun zamandan beri bilinmekle beraber, çalışmamızla bir kez daha doğrulanmıştır. DATTA vd. (1998), KAUR vd. (1998) ve ÇAVUŞOĞLU (2006)'nun GA₃, Kin ve E ön uygulamalarının tuzlu koşullarda büyütülen buğday, arpa ve nohut fidelerinde koleoptil ve epikotil gelişme yüzdesi, kök ve gövde uzaması ile taze ağırlığı artırdıklarını tespit ettikleri çalışmaları, sonuçlarımızla uyum göstermektedir. Söz konusu büyüme düzenleyicileri, tuzluluktan zarar gören hücre membranlarının stabilize edilmesini sağlayarak (TAYLOR & COSGROVE 1989), hidrolitik enzimlerin sentezini teşvik ederek (KAUR vd. 1998), hücre bölünmesi (LIU & LOY 1976), protein ve nükleik asit miktarlarını artırarak (MOZER 1980) yahut tuz teşvikli ABA inhibisyonunu ortadan kaldırarak (KHAN & UNGAR 2001) olumlu etkilerini göstermiş olabilirler.

Yaptığımız çalışmada, normal koşullar altında büyütülen arpa fidelerinin yapraklarının stoma sayısı üzerinde söz konusu büyüme düzenleyicilerinin yaprak alt yüzeyinde etkisiz oldukları, üst yüzeyde ise sadece Kin'in olumlu bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Yine, uyguladığımız tüm büyüme düzenleyicileri, arpa fideleri yaprağının her iki yüzünde, epidermis hücre sayısını artırdıkları, stoma genişliği ve stoma indeksini ise azalttıkları görülmüştür. Stoma uzunluğu ve epidermis hücre genişliği üzerinde ise, yaprak üst yüzeyinde sadece GA₃ etkili olurken, uyguladığımız büyüme düzenleyicileri, yaprak alt yüzeyinde olumlu bir etki göstermemiştir. Ayrıca, GA₃ ve Kin, arpa fidelerinde incelediğimiz yaprak kalınlığını artırırken, E ise azaltıcı olmuştur. İletim demetleri arasındaki mesafe üzerinde ise, Kin haricindeki büyüme düzenleyicileri etki göstermemiştir (Tablo 2). GA₃'ün yaprak kalınlığı (GRAY 1964, METZGER & HASSEBROCK 1990, ZANEWICH vd. 1990, BULTYNCK & LAMBERS 2004) ve epidermis hücre genişliğini (BRIANT 1974) artırdığı daha önceki çalışmalarda da tespit edilmiş olup, bulgularımızla uyum göstermektedir. Benzer şekilde, RAYLE vd. (1982)'nin sitokininlerin yaprak kalınlığını teşvik ettiklerini tespit ettikleri çalışmaları da bulgularımızla uyumludur. Ancak MARTINS & CASTRO (1999) tarafından GA₃'ün epidermis hücre sayısını azalttığı, stoma sayısını ise artırdığını belirttikleri çalışmaları, bulgularımızla çelişmektedir. Diğer taraftan, ÖZTÜRK vd. (1994b) ise, E'in yaprak kalınlığını konsantrasyonuna bağlı olarak artırdığını ya da azalttığını belirtmişlerdir.

Çalışma materyalimiz olan arpa çeşitinin (*Hordeum vulgare* L. var. Bülbül 89) yaprak anatomik yapısı, büyüme ortamının tuz konsantrasyonu tarafından büyük ölçüde etkilenmiştir. 0.30 m tuzluluk, stoma genişliği ve uzunluğu üzerinde engelleyici bir etki yapmıştır. Bu değerdeki tuzluluk, stoma sayısı ve stoma indeksini, yaprak alt yüzeyinde artırırken, üst yüzeyde engellemiştir. Söz konusu tuz seviyesi, epidermis hücre

genişliğini yaprak üst yüzeyinde artırmış, alt yüzeyde ise etkisiz kalmıştır. Ayrıca, epidermis hücre sayısı, yaprak kalınlığı ve iletim demetleri arasındaki mesafe üzerinde ise olumlu bir etki göstermiştir (Tablo 2).

Tuz stresinin stoma sayısı (KEMP & CUNNINGHAM 1981, FLOWERS vd. 1986), stoma indeksi (BRAY & REID 2002), yaprak kalınlığı (YEO vd. 1991, HU vd. 2005), epidermis hücre sayısı ve genişliğini (CURTIS & LAUCHLI 1987) azalttığını ileri süren araştırmacılara karşın, stoma sayısı, yaprak kalınlığı (HWANG & CHEN 1995) ve epidermis hücre sayısını (BRAY & REID 2002) artırdığını savunan araştırmacılar da mevcuttur. ROBINSON vd. (1983), tuz stresine tepki olarak bitkilerin yapraklarında Na^+ ve Cl^- iyonlarındaki artış ve K^+ miktarındaki azalma ile stomaların kapanabileceğini, dolayısı ile terleme ile su kaybını azalarak varlıklarını sürdürebileceklerini belirtmişlerdir. Dahası, tuz stresli yapraklarda ABA içeriği artarak da stomaların kapanıp, su kaybının azalabileceği ileri sürülmüştür (CRAMER & QUARRIE 2002).

Çalışılan büyüme düzenleyicisi uygulamalarının, arpada stoma sayısı ve stoma indeksini, 0.30 m tuzlulukta büyütülen kontrol fidelerinin yapraklarındakine oranla, yaprak üst yüzeyinde artırdıkları, alt yüzeyde ise azalttıklarını; epidermis hücre genişliği, yaprak kalınlığı ve iletim demetleri arasındaki mesafeyi ise azalttıkları görülmüştür. Epidermis hücre sayısı üzerinde, GA_3 , Kin ve E'in yaprak üst yüzeyinde olumlu etki gösterdikleri, alt yüzeyde ise sadece GA_3 ve Kin'in başarılı oldukları bulunmuştur. Stoma genişliği üzerinde ise, yaprak üst yüzeyinde sadece E'in etkili olduğunu, alt yüzeyde ise uyguladığımız büyüme düzenleyicilerinin tuz stresine karşı etkili olmadıkları tespit edilmiştir. Stoma uzunluğuna gelince, bu parametre üzerinde yaprak üst yüzeyinde Kin ve E'in, alt yüzeyinde ise GA_3 'in başarılı olduğu görülmüştür (Tablo 2). Ancak, yaptığımız büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının tuzlu koşullar altında büyütülen fidelerin yaprak anatomisi (özellikle çalışmamızda incelenen parametreler) üzerine etkileri ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu konunun açıklığa kavuşması için, daha ayrıntılı araştırmalara ihtiyaç vardır.

Görüldüğü gibi, pek çok metabolik olay birden fazla büyüme düzenleyicisi tarafından teşvik edilebilmektedir. Bitki büyüme maddelerinin fonksiyonlarındaki bu benzerlikler mükemmel bir durumdur ve bitki için bir sigorta gibidir. Çeşitli büyüme maddeleri farklı türlerde hatta aynı türün bireylerinde bile farklı olaylarda etkili olabilmekte ve farklı miktarlarda bulunabilmektedirler (UNGAR 1974, KHAN 1991). Buna göre, bir bitkideki herhangi bir büyüme-gelişme olayında hangi hormon etkin konsantrasyonda ise, o hormon işlevini yaparak büyüme-gelişme olayında sorumlu olmaktadır. Gerçekten KHAN'ın (1971) da işaret ettiği gibi, bitkilerde herhangi bir olayın bir hormonun mutlak varlığı veya yokluğu ile yönetilmesi söz konusu olamamaktadır. Çevre koşullarına tepki olarak bitkide bazı hormonlar daha fazla etkin, bazıları daha az etkin ya da hiç etkin olmayabilirler. Buna göre, çalışmamızda arpa tohumlarına yapılan büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının, tuz stresinin gerek çimlenme esnasında gerekse çimlenme sonrası büyütülen fidelerdeki yaprak anatomisi parametreleri üzerinde yol açtığı olumsuz etkileri gidermede farklı derecelerde etkinlik göstermeleri beklenmeyen bir durum değildir. Uygun büyüme düzenleyicileri, uygun dozlarda arpa gibi tuz stresine oldukça direnç gösteren tarım bitkilerinin tohumlarına uygulanarak gerek az tuzlu tarım alanları, gerekse giderek artan küresel ısınma nedeniyle tuzluluğun

artış gösterdiği araziler, ekonomisi daha çok tarıma dayalı olan ülkemizde, tarıma kazandırılabilir.

TEŞEKKÜR

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

KAYNAKLAR

- AL-KARAKI GN, 2001. Germination, sodium, and potassium concentrations of barley seeds as influenced by salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 511-512.
- ASHRAF MY, SARWAR G, ASHRAF M, AFAF R, SATTAR A, 2002. Salinity induced changes in α -amylase activity during germination and early cotton seedling growth. *Biologia Plantarum*, 45 (4), 589-591.
- BIALECKA B, KEPCZYNSKI J, 2003. Regulation of α -amylase activity in *Amaranthus caudatus* seeds by methyl jasmonate, gibberellin A₃, benzyladenine and ethylene. *Plant Growth Regulation*, 39, 51-56.
- BOHNERT HJ, NELSON DE, JENSEN RG, 1995. Adaptations to environmental stresses. *Plant Cell*, 7, 1099-1111.
- 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.
- BRIANT RE, 1974. An analysis of the effects of gibberellic acid on tomato leaf growth. *Journal of Experimental Botany*, 25 (4), 764-771.
- BULTYNCK L, LAMBERS H, 2004. Leaf expansion and biomass allocation in two *Aegilops* species with contrasting leaf elongation rates. *Physiologia Plantarum*, 122 (1), 143-151.
- 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, 2006. Geleneksel hormonlarla son yıllarda bulunan bazı hormonların ve büyüme düzenleyicilerinin yüksek sıcaklık ve tuz (NaCl) stresleri altındaki arpa ve turp tohumlarının çimlenmesi üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 161 sayfa.

- 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.
- DATTA KS, VARMA SK, ANGRISH R, KUMAR B, KUMARI P, 1998. Alleviation of salt stress by plant growth regulators in *Triticum aestivum* L. *Biologia Plantarum*, 40(2), 269-275.
- DELFINO S, ALVINO A, VILLANI MC, LORETO F, 1999. Restrictions to carbon dioxide conductance and photosynthesis in Spinach leaves recovering from salt stress. *Plant Physiology*, 119, 1101-1106.
- EL-MASHAD AA, KAMEL EA, 2001. Amelioration of NaCl stress in *Pisum sativum* Linn. *Indian Journal of Experimental Biology*, 39(5), 469-475.
- ERGENE A, 1982. *Toprak Bilgisi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 267, Ders Kitapları Serisi No: 42, Erzurum.
- ESASHI Y, MATSUYAMA S, HOSHINA M, ASHINO H, ISHIZAWA K, 1990. Mechanism of action of ethylene in promoting the germination of cocklebur seeds. *Australian Journal of Plant Physiology*, 17, 537-550.
- FLOWERS TJ, HAJIBAGHERI MA, CLIPSON NTW, 1986. Halophytes. *Quarterly Review of Biology*, 61, 313-337.
- GHOULAM C, FORES K, 2001. Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Seed Science Technology*, 29, 357-364.
- GRAY RA, 1964. Alteration of leaf size and shape and other changes caused by gibberellins in plants. *American Journal of Botany*, 51 (6), 674-682.
- GULZAR S, KHAN MA, 2002. Alleviation of salinity-induced dormancy in perennial grasses. *Biologia Plantarum*, 45(4), 617-619.
- HU Y, FRICKE W, SCHMIDHALTER U, 2005. Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution. *Functional Plant Biology*, 32, 973-985.
- 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.
- HU YX, BAO F, LI JY, 2000. Promotive effects of brassinosteroids on cell division involves a distinct CycD3-induction pathway in Arabidopsis. *The Plant Journal*, 24, 693-701.
- 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.
- IKUMA H, THIMANN KV, 1963. Action of kinetin on photosensitive germination of photosensitive lettuce seeds. *Plant and Cell Physiology*, 41, 169-185.
- KARSSSEN CM, 1995. Hormonal Regulation of Seed Development, Dormancy, and Germination Studied by Genetic Control. In: KIGEL J. & GOLILI G. (Eds.) *Seed Development and Germination*. Marcel Dekker, New York, pp. 333-350.
- KAUFMANN MR, ROSS KJ, 1970. Water potential, temperature and kinetin effects on seed germination in soil and solute system. *American Journal of Botany*, 57, 413-419.
- KAUR S, GUPTA AK, KAUR N, 1998. Gibberellin A₃ reverses the effect of salt stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings by enhancing amylase activity and mobilization of starch in cotyledons. *Plant Growth Regulation*, 26, 85-90.

- 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.
- KEPCZYNSKI J, KEPCZYNSKA E, 1997. Ethylene in seed dormancy and germination. *Physiologia Plantarum*, 101, 720-726.
- KHAN AA, 1971. Cytokinins: permissive roles in seed germination. *Science*, 171, 853-859.
- KHAN AA, ANDREOLI C, KUO CG, 1993. Role of Ethylene Biosynthesis in Seed Germination and Stand Establishment Under Stress, In: Adaptation of Foot Crops to Temperature and Water Stress, Proceedings of an International Symposium, Taiwan, 81-90.
- KHAN AA, HUANG XL, 1988. Synergistic enhancement of ethylene production and germination with kinetin and 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid in lettuce exposed to salinity stress. *Plant Physiology*, 87, 847-852.
- KHAN MA, 1991. Studies on germination of *Cressa cretica*. *Pakistan Journal of Weed Scientific Research*, 4, 89-98.
- KHAN MA, UNGAR IA, 2001. Role of dormancy regulating chemicals in release of innate and salinity-induced dormancy in *Sporobolus arabicus* Boiss. *Seed Science Technology*, 29, 299-306.
- KWIATOWSKI J, 1998. *Salinity Classification, Mapping and Management in Alberta*. <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>
- LIU PDW, LOY JB, 1976. Action of gibberellic acid on cell proliferation in the subapical shoot meristem of Watermelon seedlings. *American Journal of Botany*, 63, 700-704.
- LORETO F, CENTRITTO M, CHARTZOULAKIS K, 2003. Photosynthetic limitations in olive cultivars with different sensitivity to salt stress. *Plant Cell and Environment*, 26, 595-601.
- MARTINS MBG, CASTRO PRC, 1999. Growth regulators and tomato leaf anatomy (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Angela Gigante. *Scientia Agricola*, 56 (3), 693-703.
- MATILLA AJ, 2000. Ethylene in seed formation and germination. *Seed Science Research*, 10, 111-126.
- MEIDNER H, MANSFIELD TA, 1968. *Physiology of Stomata*. Graw-Hill New York.
- METZGER JD, HASSEBROCK AT, 1990. Selection and characterization of a gibberellin-deficient mutant of *Thlaspi arvense* L. *Plant Physiology*, 94, 1655-1662.
- 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.
- MOLASSIOTIS A, SOTIROPOULOS T, TANOU G, KOFIDIS G, DIAMANTIDIS G, THERIOS E, 2006. Antioxidant and anatomical responses in shoot culture of the apple rootstock MM 106 treated with NaCl, KCl, mannitol or sorbitol. *Biologia Plantarum*, 50 (3), 331-338.
- MOZER TJ, 1980. Control of protein synthesis in Barley aleurone layers by the plant hormones gibberellic acid and abscisic acid. *Cell*, 20, 479-485.
- MUNNS R, GUO J, PASSIOURA JB, CRAMER GR, 2000. Leaf water status controls day-time but not daily rates of leaf expansion in salt-stressed barley. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27, 949-957.

- MUROFUSHI N, YAMANE H, SAKAGAMI Y, IMASEKI H, RIKEN YK, IWAMURA H, HIRAI N, TSUJI H, YOKOTA T, UEDA J, 1999. *Plant Hormones*. Comprehensive Natural Products Chemistry, 8, 19-136.
- ÖZTÜRK M, GEMİCİ M, ÖZDEMİR F, KEYİKÇİ N, 1994a. Tohum Çimlenmesi Olayında Bitkisel Hormonların ve Çimlenme Stimülörünün Tuz Stresini Azaltmadaki Rolü, XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Edirne, 44-48.
- ÖZTÜRK M, PİRDAL M, BAŞ H, 1994b. Brassica campestris L. Bitkisinin Büyümesi ve Gelişmesi Üzerine Ethephon'un Etkileri. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Edirne, 69-77.
- PINFIELD NJ, STOBART AK, 1972. Hormonal regulation of germination and early seedling development in *Acer pseudoplatanus* (L.). *Planta*, 104, 134-145.
- 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.
- PROMILA K, KUMAR S, 2000. *Vigna radiata* seed germination under salinity. *Biologia Plantarum*, 43 (3), 423-426.
- RAO VS, BRAUN JW, KHAN AA, 1976. Promotive effects of organic solvents and kinetin on dark germination of lettuce seeds. *Plant Physiology*, 57, 446-449.
- RAYLE DL, ROSS CW, ROBINSON N, 1982. Estimation of osmotic parameters accompanying zeatin-induced growth of detached cucumber cotyledons. *Plant Physiology*, 70, 1634-1636.
- 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.
- SHARMA AD, THAKUR M, RANA M, SINGH K, 2004. Effect of plant growth hormones and abiotic stresses on germination, growth and phosphate activities in *Sorghum bicolor* (L.) moench seeds. *African Journal of Biotechnology*, 3(6), 308-312.
- TAYLOR A, COSGROVE DJ, 1989. Gibberellic acid stimulation of Cucumber hypocotyl elongation: effects on growth, turgor, osmotic pressure, and cell wall properties. *Plant Physiology*, 90, 1335-1340.
- THIEL G, LYNCH J, LAUCHLI A, 1988. Short-term effects of salinity stress on the turgor and elongation of growing barley leaves. *Journal of Plant Physiology*, 132, 38-44.
- UNGAR IA, 1974. The effect of salinity and temperature on seed germination and growth of *Hordeum jubatum*. *Canadian Journal of Botany*, 52, 1357-1362.
- WOODS SA, 1996. *Salinity Tolerance of Ornamental Trees and Shrubs*. <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>
- 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.
- ZANEWICH KP, ROOD SB, WILLIAMS PH, 1990. Growth and development of Brassica genotypes differing in endogenous gibberellin content. II. leaf and reproductive development. *Physiologia Plantarum*, 79, 673-678.