



THE EFFECTS OF PRETREATMENTS OF SOME PLANT GROWTH REGULATORS ON GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF RADISH SEEDS UNDER SALINE CONDITIONS

Kürşat ÇAVUŞOĞLU* & Kudret KABAR

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 32260-Isparta/Türkiye,
kursat@fef.sdu.edu.tr

ABSTRACT

The effects of gibberellic acid, kinetin, benzyladenine, ethylene, triacontanol, 24-epibrassinolide and polyamines (cadaverine, putrescine, spermidine, spermine), alone or in combinations, on seed germination and seedling growth (fresh weight, hypocotyl percentage, radicle and hypocotyl elongation) of radish under saline conditions were studied. Although many of the growth regulator pretreatments alone carried out in overcoming of the negative effect of 0.25 and 0.30 m salinity on the germination and hypocotyl percentage or fresh weight, they were mostly unsuccessful on the radicle and hypocotyl elongation. Moreover, the mentioned growth regulators were extremely ineffective in alleviation of the inhibitive effect of 0.35 m salinity on these parameters. On the other hand, many of the combination pretreatments carried out in overcoming of the negative effect of 0.35 m salinity on the germination percentage and fresh weight, while they were mostly ineffective on the other parameters studied.

Key Words: *Plant Growth regulators, seedling growth, seed germination, radish, salt stress*

TURP TOHUMLARININ TUZLU KOŞULLAR ALTINDAKİ ÇİMLENME VE FİDE BÜYÜMESİNE BAZI BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİSİ ÖN UYGULAMALARININ ETKİLERİ

ÖZET

Tuzlu koşullar altında turp'un tohum çimlenmesi ve fide büyümesine (taze ağırlık, hipokotil yüzdesi, radikula ve hipokotil uzaması) gibberellik asit, kinetin, benziladenin, etilen, triakontanol, 24-epibrassinolit ve poliaminlerin (kadaverin, putresin, spermidin, spermin) tek başına ve kombinasyon halindeki etkileri araştırılmıştır. Tek başına büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının büyük bir çoğunluğu 0.25 ve 0.30 m tuzluluğun çimlenme ve hipokotil yüzdesi ile taze ağırlık üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmada başarılı olurken, radikula ve hipokotil uzaması üzerinde ekseriyetle başarısız olmuşlardır. Dahası, söz konusu büyüme düzenleyicileri 0.35 m tuzluluğun bu parametreler üzerindeki engelleyici etkisini hafifletmede ise son derece etkisiz olmuşlardır. Diğer yandan, kombinasyon ön uygulamalarının büyük bir çoğunluğu 0.35 m tuzluluğun çimlenme yüzdesi ve taze ağırlık üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmada başarılı olurken, çalışılan diğer parametreler üzerinde ise çoğunlukla etkisiz olmuşlardır.

Anahtar Kelimeler: *Bitki büyüme düzenleyicileri, fide büyümesi, tohum çimlenmesi, turp, tuz stresi,*

1. GİRİŞ

Toprak tuzluluğu, toprak çözeltisinin osmotik potansiyelini azaltarak, iyonik zehirlenme ve besin dengesizliğine yol açarak bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkilemektedir (1). Dünya tarım alanların yaklaşık % 20 ve sulak alanlarının yaklaşık yarısı tuzluluk tehdidi altındadır (2). Dünyada tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve besin ihtiyacının katlanarak arttığı dikkate alınır en azından mevcut arazilerin daha verimli kullanılması zorunluluğu vardır. Bu yüzden tuzlu toprakların ıslahı ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır (3).

Tuzluluğun, tohum çimlenmesini engellediği (4, 5), kök ve gövde uzamasını baskıladığı (6, 7), taze ağırlık ve su içeriğini azalttığı (8) birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur.

Tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde tuz stresinin engelleyici etkisinin, bitki büyüme maddeleri uygulanarak hafifletilmesi yolunda çalışmalar yapılmıştır. Gibberellinler (9, 10), sitokininler (5, 11) ve etilen (12)'in tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde tuz stresinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırdıkları çok iyi bilinmektedir. Ancak brassinosteroidler (13, 14), poliaminler (15, 16) ve triakontanoller (17) gibi son 20-30 yılda keşfedilen ve araştırmacıların ilgisini çeken büyüme düzenleyicisi kimyasalların tuzlu koşullar altındaki tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki olumlu etkileri hakkında sınırlı sayıda çalışma mevcuttur.

Bu çalışmanın amacı, tuz stresinin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki engelleyici etkisinin hafifletilmesinde yukarıda sözü edilen yeni kimyasalların etkilerini gözlemlemek ve bunları etkileri yıllardan beri çok iyi bilinen gibberellinler, sitokininler ve etilen ile karşılaştırmaktır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Tohum, Tuz Konsantrasyonları ve Büyüme Düzenleyicileri

Bu çalışmada turp (*Raphanus sativus* L.) tohumları kullanılmıştır. Tohumlar kullanılmadan önce % 1'lik sodyum hipoklorit ile yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur.

Deneylerde kullanılan tuz (NaCl) konsantrasyonları 0.25, 0.30 ve 0.35 molal (m) olarak belirlenmiştir.

Test solüsyonu olarak 900 µM gibberellik asit (GA₃), 100 µM kinetin (Kin), 100 µM benziladenin (BA), 400 µM etilen (E), 10 µM triakontanol (TRIA), 3 µM 24-epibrassinolit (EBR) ve 10 µM poliamin (kadaverin/Kad, putresin/Put, spermidin/Spd, spermin/Spm) kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan NaCl ve büyüme düzenleyicisi konsantrasyonları bir ön çalışma sonucu saptanmıştır.

2.2. 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 turp tohumları seçilerek beherde, belirli hacimdeki saf su (kontrol) ve GA₃, Kin, BA, E, TRIA, EBR, Kad, Put, Spd ve Spm'in tek başına ve çeşitli kombinasyonlarında 24 saat oda sıcaklığında ön uygulamaya tabi tutulmuştur. Bu ön uygulama sonunda, çözeltiler derhal süzülüp tohumlar vakumda kurutulmuştur (18). Her uygulamaya ait tohumlar, iki tabaka fitre kağıdı ile kaplı ve belirli miktarda tuz çözeltileri (0.25, 0.30, 0.35 m) içeren 10 cm çaplı petripler içine düzenli olarak dizilmiştir. Ekimin hemen ardından petripler, 7 gün süresince çimlenmek üzere etüve konmuştur. Çimlenme için, radikulanın 5 mm uzunluğa ulaşması esas alınmıştır. 7 gün sonunda nihai çimlenme yüzdesinin tespitinin ardından, çimlenen tohumlardan çıkan fidelerin hipokotil çıkış yüzdesi belirlenmiş, radikula ve hipokotil uzunlukları ölçülmüş ve taze ağırlık tartımı yapılmıştır.

Deneyler dört kez tekrarlanmış ve tüm parametrelerle ilgili istatistiki değerlendirme SPSS programı kullanılarak Duncan's multiple range testine göre gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Tek Başına Büyüme Düzenleyicisi Ön Uygulamalarının Tohum Çimlenmesi ve Fide Büyümesine Etkileri

Tuz, konsantrasyon artışına paralel olarak, turp tohumlarının nihai çimlenme yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini artırmıştır. 0.25, 0.30 ve 0.35 m tuzlulukta kontrol tohumlarının çimlenme yüzdesi sırası ile % 76, % 60 ve % 16 olmuştur. Çalışılan tek başına büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının tümü ise 0.25 m tuzluluğun nihai çimlenme yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmayı başarmıştır. Çimlenme yüzdesi üzerindeki en olumlu etkiyi E göstermiştir. Söz konusu tuz seviyesinde E ön uygulamalı tohumlarda bu değer % 94 olmuştur. GA₃, Kin, BA, EBR, Put ve Spd 0.30 m tuzluluğun çimlenme yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede başarılı olurken, E ve Spm kontrol grubu ile aynı etkiyi göstermiştir. Kad ve TRIA ön muameleleri ise çimlenme

yüzdesini kontrole göre engellemiştir. Nihai çimlenme yüzdesi üzerinde en olumlu etkiyi GA₃ yapmıştır. Bu tuz seviyesinde GA₃ uygulamalı tohumlar % 86 oranında çimlenme göstermiştir. GA₃ haricinde çalışılan tüm ön uygulamalar 0.35 m tuzluluğun bu parametre üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede başarısız olmuştur. GA₃ ön uygulamalı tohumlar ise % 30 oranında çimlenme göstermiştir (Çizelge 1).

EBR haricinde çalışılan tek başına büyüme düzenleyicisi ön muamelelerinin tümü 0.25 m tuzluluğun turp fidelerinin hipokotil yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede değişik derecelerde başarılı olmuştur. EBR ise kontrol grubu ile aynı etkiyi göstermiştir. Bu parametre üzerinde en olumlu etkiyi ise çimlenme yüzdesi üzerinde olduğu gibi yine E yapmıştır. Kontrol fidelerinde hipokotil çıkışı % 72 iken, E ön muameleli fidelerde % 92 olmuştur. Tek başına ön uygulamaların büyük bir çoğunluğu 0.30 m tuzluluğun hipokotil yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmada etkili olmuştur. Ancak EBR, TRIA, Spm ve Kad uygulamaları ise kontrole göre engelleyici etki yapmıştır. Hipokotil yüzdesi üzerinde en olumlu etkiyi çimlenme yüzdesinde olduğu gibi yine GA₃ göstermiştir. Hipokotil yüzdesini kontrole göre yaklaşık iki kat artırmıştır. 0.35 m tuzlulukta ise hiçbir ön uygulama bu parametre üzerinde başarılı olamamıştır (Çizelge 1).

BA haricinde çalışılan tek başına büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının tümü 0.25 m tuzluluğun radikula uzaması üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede etkili olmuştur. BA ise radikula uzamasını kontrol grubuna göre engellemiştir. Bu parametre üzerinde en olumlu etkiyi GA₃ yapmıştır. Radikula uzamasını kontrole göre yaklaşık üç kat artırmıştır. GA₃, Kin, E ve Put haricinde tüm ön uygulamalar 0.30 m tuzluluğun radikula uzaması üzerindeki engelleyici etkisini hafifletmede başarısız olmuştur. Bu tuz seviyesinde en olumlu etkiyi yine GA₃ göstermiştir. 0.35 m tuzluluğun bu parametre üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede ise tüm uygulamalar kontrol grubu ile aynı etkiyi yapmıştır (Çizelge 1).

Çalışılan tek başına büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının büyük bir çoğunluğu 0.25 m tuzluluğun turp fidelerinin hipokotil uzaması üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede başarılı olamamıştır. Sadece GA₃, E ve Spd tuz stresinin hipokotil uzaması üzerindeki olumsuz etkisini yenmeyi başarmıştır. Kin ve EBR kontrol grubu ile aynı etkiyi gösterirken, BA, TRIA, Spm, Kad ve Put kontrole göre engelleyici etki yapmıştır. Hipokotil uzaması üzerinde en olumlu etkiyi ise Spd göstermiştir. Diğer yandan, çalışılan ön uygulamaların tümü 0.30 (GA₃ hariç) ve 0.35 m tuzluluğun hipokotil uzaması üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede başarısız olmuştur (Çizelge 1).

Taze ağırlığa gelince, bu parametre üzerinde tek başına büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının tümü 0.25 m tuzluluğun olumsuz etkisini ortadan kaldırmayı başarmıştır. Taze ağırlık artışı üzerinde en olumlu etkiyi ise BA, Spd ve Put yapmıştır. Ön uygulamaların büyük bir çoğunluğu 0.30 ve 0.35 m tuzluluğun fidelerin taze ağırlığı üzerindeki engelleyici etkisini hafifletmede etkili olmuştur. Her iki tuz seviyesinde de bu parametre üzerinde en olumlu etkiyi Kin göstermiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tek Başına Büyüme Düzenleyicisi Ön Uygulamasından Sonra 20 °C’de Çeşitli Konsantrasyonlardaki NaCl’lü Ortamda Çimlenmeye Bırakılan Turp Tohumlarından Çıkan Fidelerin 7. Gün Sonundaki Büyüme Parametreleri

NaCl (m)	Ön uygulama	Büyüme parametreleri				
		Çimlenme yüzdesi	Hipokotil yüzdesi	Radikula uzunluğu (mm)	Hipokotil uzunluğu (mm)	Taze ağırlık (mg/fide)
0.25	Kontrol	*76±0.0 ⁱ	72±3.2 ^h	7.1±0.6 ^d	7.7±0.7 ^{jk}	32.6±0.6 ^h
	GA ₃	88±0.0 ^l	86±2.3 ^j	19.4±0.2 ⁱ	7.9±0.3 ^k	36.5±0.5 ^{ij}
	Kin	90±2.3 ^l	84±0.0 ^{ij}	9.8±0.4 ^f	7.7±0.1 ^{jk}	38.5±0.0 ^k
	BA	90±2.3 ^l	84±3.2 ^{ij}	6.5±0.6 ^c	7.3±0.2 ^{ij}	43.4±0.7 ^m
	E	94±2.3 ^m	92±0.0 ^k	13.2±0.0 ^h	8.1±0.5 ^{kl}	38.2±0.7 ^{jk}
	EBR	80±0.0 ^j	74±2.3 ^h	9.0±0.0 ^e	7.7±0.7 ^{jk}	37.2±0.6 ^{ijk}
	TRIA	80±0.0 ^j	78±2.3 ⁱ	11.9±0.4 ^g	6.8±0.6 ^{hu}	36.7±0.7 ^{ijk}
	Spm	84±0.0 ^k	78±2.3 ⁱ	15.6±0.1 ⁱ	6.8±0.1 ^{hu}	40.4±1.0 ^l
	Spd	82±2.3 ^{jk}	82±2.3 ⁱ	13.3±0.8 ^h	8.4±0.0 ^l	42.6±0.9 ^m
	Kad	88±0.0 ^l	84±0.0 ^{ij}	13.2±0.6 ^h	7.2±0.4 ⁱⁱ	36.1±0.7 ⁱⁱ
Put	84±0.0 ^k	84±0.0 ^{ij}	8.8±0.6 ^e	6.3±0.2 ^{fg}	42.6±0.6 ^m	
0.30	Kontrol	60±0.0 ^h	28±0.0 ^d	5.5±0.2 ^b	6.6±0.3 ^{gh}	23.3±0.2 ^d
	GA ₃	86±2.3 ^l	54±2.3 ^g	7.2±0.1 ^d	7.0±0.0 ^{hii}	31.0±0.7 ^h
	Kin	68±0.0 ⁱ	34±2.3 ^e	6.1±0.1 ^c	6.1±0.2 ^{ef}	34.6±0.9 ⁱ
	BA	68±0.0 ⁱ	34±2.3 ^e	5.3±0.1 ^b	5.4±0.0 ^{bcd}	28.8±0.0 ^g
	E	60±0.0 ^h	42±2.3 ^f	6.3±0.5 ^c	5.8±0.2 ^{de}	32.3±0.2 ^h
	EBR	74±2.3 ⁱ	22±2.3 ^c	5.4±0.0 ^b	6.6±0.5 ^{gh}	25.1±0.7 ^{ef}
	TRIA	48±0.0 ^g	14±2.3 ^b	5.1±0.0 ^b	5.1±0.1 ^b	20.8±0.8 ^c
	Spm	58±2.3 ^h	24±3.2 ^c	5.1±0.0 ^b	5.3±0.0 ^{bc}	26.5±0.0 ^f
	Spd	80±0.0 ^j	44±3.2 ^f	5.5±0.1 ^b	5.1±0.1 ^b	24.2±0.2 ^{de}
	Kad	44±2.3 ^f	24±0.0 ^c	5.1±0.0 ^b	5.9±0.5 ^{ef}	25.0±0.7 ^{ef}
Put	76±0.0 ⁱ	42±2.3 ^f	6.1±0.0 ^c	5.7±0.0 ^{cde}	26.5±0.2 ^f	
0.35	Kontrol	16±0.0 ^c	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	16.0±0.8 ^{ab}
	GA ₃	30±2.3 ^d	0.0±0.0 ^a	5.1±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	22.7±0.6 ^d
	Kin	16±0.0 ^c	0.0±0.0 ^a	5.3±0.1 ^b	0.0±0.0 ^a	28.7±0.4 ^g
	BA	12±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	14.9±0.6 ^a
	E	14±2.3 ^{bc}	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	16.6±0.3 ^{ab}
	EBR	16±0.0 ^c	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	15.0±0.1 ^a
	TRIA	12±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	20.0±0.1 ^c
	Spm	16±0.0 ^c	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	16.2±1.0 ^{ab}
	Spd	16±0.0 ^c	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	17.5±0.0 ^b
	Kad	4±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	15.0±5.7 ^a
Put	4±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	20.0±0.3 ^c	

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir. ± Standart sapma

3.2. Kombinasyon Halinde Çeşitli Büyüme Düzenleyicisi Ön Uygulamalarının Tohum Çimlenmesi ve Fide Büyümesine Etkileri

Tek başına büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının büyük bir çoğunluğu 0.25 ve 0.30 m tuzluluğun tohum çimlenmesi üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmayı başarmalarına karşın, 0.35 m tuzluluğun çimlenme üzerindeki olumsuz etkisini GA₃ dışında hiçbir uygulama hafifletmemiştir (Çizelge 1). Bu nedenle sadece 0.35 m tuzluluğun olumsuz etkilerinin 2'li, 3'lü ve 4'lü büyüme düzenleyicisi kombinasyonları ile ortadan kaldırılmasına çalışılmıştır.

Çalışılan 2'li ön uygulamaların büyük bir çoğunluğu, 3'lü ve 4'lü uygulamaların ise tamamı 0.35 m tuzluluğun nihai çimlenme yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede son derece başarılı olmuştur. Bu parametre üzerinde en olumlu etkiyi 2'li kombinasyonlar arasında GA₃+E, 3'lü kombinasyonlar arasında GA₃+E+Put, 4'lü kombinasyonlar arasında ise GA₃+Kin+E+Put ön uygulamaları yapmıştır. Tüm ön uygulamalar dikkate alındığında ise en olumlu etkiyi GA₃+Kin+E+Put'un yaptığı görülmüştür (Çizelge 2).

GA₃+E+Kad haricinde çalışılan tüm kombinasyon ön uygulamaları 0.35 m tuzluluğun turp fidelerinin hipokotil yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede başarısız olmuştur. Bu tuz seviyesinde kontrol grubu fidelerinde hipokotil çıkışı görülmezken, GA₃+E+Kad ön uygulamalı fidelerde % 12 oranında hipokotil çıkışı olmuştur (Çizelge 2).

GA₃+E haricinde çalışılan 2'li ön uygulamaların tümü 0.35 m tuzluluğun radikula uzaması üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmayı başaramamıştır. GA₃+E ise radikula uzamasını kontrol grubuna göre kısmen artırmıştır. Diğer yandan tüm 3'lü ve 4'lü uygulamalar ise tuz stresinin olumsuz etkisini değişik derecelerde hafifletmeyi başarmıştır. Bu parametre üzerinde en olumlu etkiyi 3'lü kombinasyonlar arasında Kin+E+Kad, Kin+E+Spd ve GA₃+E+Spm, 4'lü kombinasyonlar arasında ise GA₃+Kin+E+Put ön uygulamaları göstermiştir. Ayrıca 0.35 m tuzluluğun radikula uzaması üzerindeki olumsuz etkisini hafifletme bakımından 3'lü ön uygulamalar diğer uygulamalara göre daha iyi sonuç vermiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kombinasyon Halindeki Çeşitli Büyüme Düzenleyicisi Ön Uygulamasından Sonra 20 °C'de 0.35 m NaCl'li Ortamda Çimlenmeye Bırakılan Turp Tohumlarından Çıkan Fidelerin 7. Gün Sonundaki Büyüme Parametreleri

Ön uygulama	Büyüme parametreleri				
	Çimlenme yüzdesi	Hipokotil yüzdesi	Radikula uzunluğu (mm)	Hipokotil uzunluğu (mm)	Taze ağırlık (mg/fide)
Kontrol	*16±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	20.0±0.1 ^c
GA ₃ +Kin	20±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	25.0±0.8 ^{fg}
GA ₃ +BA	20±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	24.0±1.8 ^{fg}
GA ₃ +E	84±0.0 ^j	0.0±0.0 ^a	5.4±0.1 ^{cd}	0.0±0.0 ^a	25.5±0.5 ^{gh}
GA ₃ +EBR	20±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	21.0±0.8 ^{cde}
GA ₃ +Spm	44±0.0 ^e	0.0±0.0 ^a	5.1±0.0 ^{ab}	0.0±0.0 ^a	24.5±0.7 ^{fg}
GA ₃ +Spd	20±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	22.7±1.5 ^{def}
GA ₃ +Kad	16±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	24.4±1.1 ^{fg}
GA ₃ +Put	30±2.3 ^d	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	24.0±0.7 ^{fg}
Kin+EBR	24±0.0 ^c	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	23.0±2.7 ^{ef}
Kin+Spm	42±2.3 ^e	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	20.6±1.4 ^{cd}
Kin+Spd	32±0.0 ^d	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	24.3±0.7 ^{fg}
Kin+Kad	24±0.0 ^c	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	24.5±3.0 ^{fg}
Kin+Put	14±2.3 ^a	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	25.1±6.3 ^{fg}
EBR+Spm	16±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	17.5±0.1 ^b

EBR+Spd	14±2.3 ^a	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	14.1±0.6 ^a
EBR+Kad	20±0.0 ^b	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	19.0±0.8 ^{bc}
EBR+Put	16±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	15.0±0.2 ^a
GA₃+Kin+E	84±0.0 ^j	0.0±0.0 ^a	5.8±0.0 ^e	0.0±0.0 ^a	28.5±0.0 ^{jkl}
GA₃+Kin+Spm	54±2.3 ^g	0.0±0.0 ^a	5.9±0.2 ^{ef}	0.0±0.0 ^a	37.7±0.6 ^f
GA₃+Kin+Spd	74±2.3 ⁱ	0.0±0.0 ^a	5.5±0.0 ^d	0.0±0.0 ^a	35.6±0.6 ^{opr}
GA₃+Kin+Kad	62±2.3 ^h	0.0±0.0 ^a	5.0±0.0 ^a	0.0±0.0 ^a	26.4±0.1 ^{hij}
GA₃+Kin+Put	62±2.3 ^h	0.0±0.0 ^a	5.2±0.0 ^{bc}	0.0±0.0 ^a	25.9±1.7 ^{ghii}
GA₃+E+Spm	86±2.3 ^j	0.0±0.0 ^a	6.4±0.3 ^g	0.0±0.0 ^a	28.0±0.0 ^{ijk}
GA₃+E+Spd	80±0.0 ⁱ	0.0±0.0 ^a	6.0±0.4 ^f	0.0±0.0 ^a	30.7±0.2 ^{lm}
GA₃+E+Kad	78±2.3 ⁱ	12±0.0 ^b	5.7±0.4 ^e	6.5±0.2 ^b	27.1±0.1 ^{ij}
GA₃+E+Put	92±0.0 ^{kl}	0.0±0.0 ^a	5.5±0.0 ^d	0.0±0.0 ^a	32.3±0.2 ^{mn}
Kin+E+Spm	54±2.3 ^g	0.0±0.0 ^a	5.5±0.0 ^d	0.0±0.0 ^a	27.7±0.0 ^{ij}
Kin+E+Spd	62±2.3 ^h	0.0±0.0 ^a	6.3±0.2 ^g	0.0±0.0 ^a	27.7±0.2 ^{ij}
Kin+E+Kad	78±2.3 ⁱ	0.0±0.0 ^a	6.5±0.2 ^g	0.0±0.0 ^a	42.0±0.6 ^s
Kin+E+Put	50±2.3 ^f	0.0±0.0 ^a	5.8±0.1 ^e	0.0±0.0 ^a	34.2±0.3 ^{nop}
GA₃+Kin+E+Spm	80±0.0 ⁱ	0.0±0.0 ^a	5.4±0.0 ^{cd}	0.0±0.0 ^a	36.2±0.2 ^{pr}
GA₃+Kin+E+Spd	72±0.0 ⁱ	0.0±0.0 ^a	5.4±0.1 ^{cd}	0.0±0.0 ^a	30.2±0.2 ^{klm}
GA₃+Kin+E+Kad	90±2.3 ^k	0.0±0.0 ^a	5.3±0.0 ^{cd}	0.0±0.0 ^a	28.6±0.5 ^{jkl}
GA₃+Kin+E+Put	94±2.3 ^l	0.0±0.0 ^a	5.5±0.0 ^d	0.0±0.0 ^a	33.8±0.0 ^{no}

* Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir. ± Standart sapma

Çalışılan kombinasyon ön uygulamaları hipokotil uzunluğu üzerinde de hipokotil yüzdesi üzerindeki gibi bir etki göstermiştir. Yani GA₃+E+Kad haricinde tüm ön uygulamalar 0.35 m tuzluluğun hipokotil uzaması üzerindeki engelleyici etkisini ortadan kaldırmada başarısız olmuştur. Bu tuz seviyesinde kontrol grubu fidelerinde hipokotil çıkışı görülmezken, GA₃+E+Kad uygulamalı fideler 6.5 mm hipokotil uzunluğuna ulaşmıştır (Çizelge 2).

Taze ağırlığa gelince, bu parametre üzerinde EBR+Spm, EBR+Spd, EBR+Kad, EBR+Put haricinde tüm kombinasyon ön uygulamaları tuz stresinin olumsuz etkisini hafifletmeyi başarmıştır. Bu parametre üzerinde en olumlu etkiyi ise Kin+E+Kad ön uygulaması göstermiştir. Kin+E+Kad turp fidelerinin taze ağırlığını kontrol grubu fidelerine göre iki kat artırmıştır (Çizelge 2).

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bilindiği gibi, tuz stresi birçok türde tohum çimlenmesi (19, 20) ve fide büyümesini (21, 22) büyük ölçüde azaltmaktadır. Yaptığımız çimlenme deneylerinde de görüldüğü gibi tuzluluk konsantrasyonuna bağlı olarak turp tohumlarının çimlenme ve fide büyümesini engellenmiştir (Çizelge 1, 2). Tuz stresi bu engelleyici etkisini birçok yola gerçekleştirmiş olabilir. Tuz stresi tohumların su alımını engelleyerek çimlenmeye ket vurabilir (6). Tek başına ve kombinasyon halindeki büyüme düzenleyicisi ön muamelelerinin büyük bir çoğunluğu tuzlu koşullar altında turp tohumlarının şişmesinde değişik düzeylerde artışlara sebep olmuştur (Çizelge 1, 2). Söz konusu büyüme düzenleyicileri turp tohumlarının şişmesi üzerindeki tuz inhibisyonunu hafifletmek suretiyle çimlenmeyi başarmış olabilirler.

Diğer yandan, çalışılan tek başına büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının büyük bir çoğunluğu 0.25 ve 0.30 m tuzluluğun nihai çimlenme ve hipokotil yüzdesi üzerindeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmada başarılı olurken, radikula ve özellikle de hipokotil uzaması üzerinde aynı başarıyı gösterememiştir. Dahası, söz konusu büyüme düzenleyicileri 0.35 m tuzluluğun incelenen tüm parametreler üzerindeki olumsuz etkilerini

hafifletmede ise son derece etkisiz olmuşlardır (Çizelge 1). Ancak, çalışılan kombinasyon ön uygulamalarının büyük bir çoğunluğu söz konusu yüksek tuz seviyesinin nihai çimlenme yüzdesi üzerindeki engelleyici etkisini ortadan kaldırmada başarılı olurken, hipokotil yüzdesi, radikula ve hipokotil uzaması üzerinde başarısız olmuştur (Çizelge 2).

Tuz stresi, tohumda gıda rezervlerinin çözünüp taşınmasını sağlayan hidrolitik enzimlerin sentezini ya da aktivasyonunu engellemek suretiyle gıda ve enerji kullanımını sınırlandırarak tohum çimlenmesini engelleyebilir (7, 23). Tohumda tuz stresinden kaynaklanan içsel ABA miktarındaki artışlar da hidrolitik aktiviteyi engelleyebilir (24, 25). Diğer yandan, gibberellinler (26), sitokininler (27), etilen (28), poliaminler (16, 29) ve brassinosteroidler (30) hidrolitik aktiviteyi teşvik ederek tuzlu koşullar altındaki tohum çimlenmesini sağlamış olabilirler.

Tuz stresine hücrelerin en yaygın tepkisi hücre uzaması ve hücre bölünmesinin engellenmesinden kaynaklanan büyüme inhibisyonudur (31). Gibberellinler (32), sitokininler (33), brassinosteroidler (34) ve poliaminler (35) hücre bölünmesini teşvik ederek de tuz stresinin olumsuz etkilerini hafifletmiş olabilirler.

Tuz stresi, protein ve nükleik asit sentezini (36, 37) engellemek suretiyle de tohum çimlenmesi üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Bu çalışmada kullanılan büyüme düzenleyicileri nükleik asit ve protein sentezini arttırarak çimlenme üzerindeki tuz inhibisyonunu hafifletmiş olabilirler. Gerçekten, gibberellinler (38), sitokininler (39), brassinosteroidler (40) ve poliaminlerin (41) nükleik asit ve protein sentezini teşvik ettikleri daha önceki çalışmalarda ispatlanmıştır.

Tuz stresi yukarıda sözü edilen olumsuz etkileri aracılığı ile turp tohumlarının çimlenmesini engellemiş ve fide büyümesini yavaşlatmış olabilir. Kullanılan teşvik edici büyüme maddelerinin ise tuz stresine kontratak yaparak bu inhibisyonları ortadan kaldırmış olmaları muhtemeldir.

Bu çalışmada kullanılan teşvik edici büyüme maddelerinin bazı fonksiyonlarındaki benzerlikler bitki yaşamı için sigorta gibidir. Böylece bir bitkide onların hangisi daha etkin konsantrasyonda ise bu benzer fonksiyonları o gerçekleştirir. Aynı ya da farklı türün tohumlarının değişik düzeylerde gibberellinler (42), sitokininler (43), etilen (44), poliaminler (45) ve brassinosteroidler (46) ihtiva ettikleri ispat edilmiştir. Dahası, doğada çimlenme ve dormansinin bir hormonun varlığı veya mutlak yokluğu ile yönetilmesi olası değildir. Muhtemelen, tohumdaki hormonların her hangi bir zamanda fizyolojik olarak etkili ya da etkisiz konsantrasyonlarda bulunabileceklerini söylemek daha uygun olacaktır. Bu konsantrasyonlar bir çok metabolik ve çevresel faktörlere bağlıdır. Bu nedenle, büyüme düzenleyicilerinin etkin bir ortak havuzunun düşünülmesi daha doğru olacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışmada EBR, PAs, TRIA ve bunlardan oluşturulan kombinasyonların da turp tohumlarının çimlenmesi esnasındaki tuz stresinin hafifletilmesinde gibberellinler, sitokininler ve etilen kadar etkili olabildikleri ispatlanmıştır.

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) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Dudley, L.M., "Salinity in the Soil Environment". In: Pessaraki, M., (ed.), Handbook of Plant and Crop Stres, Dekker, New York, 13-30 (1992).
- [2] Zhu, J.K., "Over expression of a delta-pyrroline-5-carboxylate synthetase gene and analysis of tolerance to water and salt stress in transgenic rice", **Trends Plant Sci.**, 6: 66-72 (2001).
- [3] Woods, S.A., "Salinity Tolerance of Ornamental Trees and Shrubs." <http://www.agric.gov.ab.ca./sustain/soil/salinity/> (1996).
- [4] Kabar, K. and Baltepe Ş., "Alleviation of salinity stress on germination of barley seeds by plant growth regulators", **T.J. Biol.**, 11: 108-117 (1987).
- [5] Gulzar, S. and Khan, M.A., "Alleviation of salinity-induced dormancy in perennial grasses", **Biol. Plant.**, 45: 617-619 (2002).
- [6] Dash, M. and Panda, S.K., "Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating *Phaseolus mungo* seeds", **Biol. Plant.**, 44: 587-589 (2001).
- [7] Ashraf, M.Y., Sarway, G., Ashraf, M., Afaf, R. and Sattar, A., "Salinity induced changes in alpha amylase activity during germination and early cotton seedling growth", **Biol. Plant.**, 45: 589-591 (2002).
- [8] El-Mashad, A.A. and Kamel, E.A., "Amelioration of NaCl stress in *Pisum sativum* Linn.", **Indian Journal of Exp. Bot.**, 39: 469-475 (2001).
- [9] Öztürk, M., Gemici, M., Özdemir, F. ve Keyikçi, N., "Tohum Çimlenmesi Olayında Bitkisel Hormonların ve Çimlenme Stimülörlerinin Tuz Stresini Azaltmadaki Rolü", **XII. Ulusal Biyoloji Kongresi**, Edirne (1994).
- [10] Kabar, K., "Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination", **J. Plant Physiol.**, 128: 179-183 (1987).
- [11] Khan, M.A. and Ungar, I.A., "Alleviation of salinity stress and the response to temperature in two seed morphs of *Halopyrum mucronatum* (Poaceae)", **Aust. J. Bot.**, 49: 617-619 (2001).
- [12] Khan, A.A., Andreoli, C. and Kuo, C.G., "Role of Ethlene 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 (1993).
- [13] Sasse, J.M., Smith, R. and Hudson, I., "Effect of 24-epibrassinolide on germination of seeds of *Eucalyptus camaldulensis* in saline conditions", **Proc. Plant Growth Regul. Soc. Am.**, 22: 136-141 (1995).
- [14] Özdemir, F, Bor, M., Demiral, T. ve Türkan, İ., "Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and antioxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stress", **Plant Growth Regul.**, 42: 203-211 (2004).
- [15] Ali, R.M., "Role of putrescine in salt tolerance of *Atropa belladonna* plant", **Plant Sci.**, 152: 173-179 (2000).
- [16] Mutlu, F. ve Bozcuk, S., "Tuzlu koşullarda ayçiçeği tohumlarının çimlenmesi ve erken büyüme üzerine dışsal spermin'in etkileri", **T.J. Bot.**, 24: 635-643 (2000).
- [17] Muthuchelian, K., Murugan, C., Harigovindan, R., Nedunchezian, N. and Kulandaivelu, G., "Ameliorating effect of triacontanol on salt stressed *Erythrina variegata* seedlings". Changes in composition and activities of chloroplast, **Biol. Plant.**, 38: 245-251 (1996).
- [18] Braun, J.W. and Khan, A.A., "Alleviation of salt salinity and high temperature stress by plant growth regulators permeated into lettuce seeds via acetone", **J. Am. Soc. Hort. Sci.**, 101: 716-721 (1976).
- [19] Boucaud, J. and Ungar, I.A., "Hormonal control of germination under saline conditions of three halophyte taxa in genus *Sueda*", **Physiol. Plant.**, 36: 197-200 (1976).

- [20] Ghoulam, C. and Fores, K., "Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.)", *Seed Sci. Tech.*, 29: 357-364 (2001).
- [21] Datta, K.S., Varma, S.K., Angrish, R., Kumar, B. and Kumari, P., "Alleviation of salt stress by plant growth regulators in *Triticum aestivum* L.", *Biol. Plant.*, 40: 269-275 (1998).
- [22] Cuartero, J. and Fernandez-Munoz, R., "Tomato and salinity", *Sci. Hort.*, 78: 83-125 (1999).
- [23] Muthukumarasamy, M. and Panneerselvam, R., "Effect of triadimefon and salinity stress on carbohydrate metabolism in radish seedlings", *Indian J. Plant Physiol.*, 2: 242-244 (1997).
- [24] Yürekli, F., Türkan, İ., Porgali, Z.B. ve Topçuoğlu, F., "Indoleacetic acid, gibberellic acid, zeatin, and abscisic acid levels in NaCl-treated tomato species differing in salt tolerance", *Israel J. Plant Sci.*, 49: 269-278 (2001).
- [25] Yürekli, F., Porgali, Z.B. ve Türkan, İ., "Variations in abscisic acid, indole-3-acetic acid, gibberellic acid and zetin concentrations in two bean species subjected to salt stress", *Acta Biol. Crac. Ser. Bot.*, 46: 201-212 (2004).
- [26] Kaur, S., Gupta, A.K. and Kaur, N., "Gibberellin A₃ reverse the effect of salt stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings by enhancing amylase activity and mobilization of starch in cotyledons", *Plant Growth Regul.*, 26: 85-90 (1998).
- [27] Khan, A.A., "Cytokinin-inhibitor antagonism in the hormonal control of alpha amylase synthesis and growth in barley seed", *Physiol. Plant.*, 22: 94-103 (1969).
- [28] Jones, R.L., "Ethylene enhanced release of alpha amylase from barley aleurone cells", *Plant Physiol.*, 43: 442-444 (1968).
- [29] Tekin, F. ve Bozcuk, S., "*Helianthus annuus* L. var. Santepe (Ayçiçeği) tohumlarının çimlenmesi ve erken büyüme üzerine tuz ve dışsal putressin'in etkileri", *T. J. Biol.*, 22: 331-340 (1998).
- [30] Prusakova, D.S., Chizhova, S.I. and Khripach, V.A., "Resistance to lodging and yielding capacity of cereals under the effect of brassinosteroids", *Sel' Skokhozyaistvennaya Biol.*, 93-97 (1995).
- [31] Nieman, R.H., "Expansion of bean leaves and its suppression by salinity", *Plant Physiol.*, 40: 156-161 (1965).
- [32] Liu, P.D.W. and Loy, J.B., "Action of gibberellic acid on cell proliferation in the subapical shoot meristem of Watermelon seedlings", *Am. J. Bot.*, 63: 700-704 (1976).
- [33] Werner, T., Motyka, V., Strnad, M. and Schmulling, T., "Regulation of plant growth by cytokinin", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 98: 10478-10492 (2001).
- [34] Hu, YX., Bao, F. and Li, J.Y., "Promotive effects of brassinosteroids on cell division involves a distinct CycD3-induction pathway in Arabidopsis", *The Plant J.*, 24: 639-701 (2000).
- [35] Kaur-Sawhney, R., Flores, H.E. and Galston, A.W., "Polyamine-induced DNA synthesis and mitosis in oat leaf protoplast", *Plant Physiol.*, 65: 368-371 (1980).
- [36] Tal, M., "Physiology of polyploid plants: DNA, RNA, protein and abscisic acid in autotetraploid and diploid tomato under low and high salinity", *Bot. Gaz.*, 138: 119-122 (1977).
- [37] Prakash, L., Dutt, M. and Prathapasenan, G., "NaCl alters contents of nucleic acids, protein, polyamines and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.)", *Aust. J. Plant Physiol.*, 15: 769-776 (1988).
- [38] Akazawa, T., Mitsui, T. and Hawashi, M., "Recent progress in Alpha Amylase Biosynthesis". In: Preiss, J. (ed.), *The Biochemistry of Plants*, San Diego, Academic Press (1988).
- [39] Ananiev, E.D., Karagyozov, L.K. and Karanov, E.N., "Effect of cytokinins on ribosomal RNA gene expression in excised cotyledons of *Cucurbita pepo* L.", *Planta*, 170: 370-378 (1987).
- [40] Bajguz, A., "Effect of brassinosteroids on nucleic acids and protein content in cultured cells of *Chrorella vulgaris*", *Plant Physiol. Biochem.*, 38: 209-215 (2000).

- [41] Palavan, N. and Galston, A.W., "Polyamine biosynthesis and titer during developmental stages of *Phaseolus vulgaris*", **Physiol. Plant.**, 55: 438-444 (1982).
- [42] Taylor, J.S. and Wareing, P.F., "The effect of stratification on the endogenous levels of gibberellins and cytokinins in seed of drauglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) (Mirb.) Franco) and sugar pine (*Pinus lambertiana* Dougl.)", **Plant Cell Environ.**, 2: 165-172 (1979).
- [43] Khan, A.A., "Cytokinins: permissive roles in seed germination", **Science**, 171: 853-859 (1971).
- [44] Zapata, P.J., Maria Serrano, M., Teresa Pretel, M., Asuncian Amaros, M. and Botella, A., "Polyamines and ethylene changes during germination of different plant species under salinity", **Plant Sci.**, 167: 781-788 (2004).
- [45] Basu, R., Maitra, N. and Ghosh, B., "Salinity results in polyamine accumulation in early rice (*Oryza sativa* L.) seedlings", **Aust. J. Plant Physiol.**, 15: 777-786 (1988).
- [46] Schmidt, J., Altmann, T. and Adam, G., "Brassinosteroids from seeds of *Arabidopsis thaliana*", **Phytochem.**, 45: 1325-1327 (1997).