

TUZ STRESİ (NaCl) ALTINDA ÇİMLENDİRİLEN ARPA TOHUMLARININ MİTOTİK İNDEKS VE KROMOZOM ANORMALLİKLERİ ÜZERİNE BAZI BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİSİ KOMBİNASYONLARININ ETKİLERİ

Selma TABUR*, Kıymet DEMİR*

*Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 32260, Isparta
e-mail: selma@fef.sdu.edu.tr

Alınış: 22 Eylül 2008, Kabul: 28 Ekim 2008

Özet: Bu çalışmada tuz stresi altında çimlendirilen arpa tohumlarının (*Hordeum vulgare* L. var. Bülbül 89) mitotik indeks ve kromozom anormallikleri üzerine gibberellik asit (GA₃), kinetin (Kin), benziladenin (BA), 24-epibrassinolid (EBR), etilen (E) ve poliamilerin (kadaverin-Kad, putresin-Put, spermidin-Spd, spemin-Spm) ikili, üçlü ve dördü kombinasyonlarının etkileri araştırılmıştır. Tuz konsantrasyonunun artışına paralel olarak mitotik aktivite önemli ölçüde azalmış ve kromozom anormallik yüzdesi artmıştır. Çalışılan büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının büyük bir çoğunluğu yüksek tuz konsantrasyonlarında mitotik aktivitesi üzerinde olumlu bir etki göstermiştir. Ayrıca bu büyüme düzenleyicilerinin büyük bir çoğunluğu tüm tuz seviyelerinde kromozom anormallik yüzdesi üzerindeki olumsuz etkiyi önemli ölçüde hafifletmiştir. Sonuç olarak, söz konusu bitki büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının arpa tohumlarının mitotik indeks ve kromozom anormallikleri üzerinde farklı derecelerde etkili oldukları ve bu farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Arpa, bitki büyüme düzenleyicisi, kromozom anormallikleri, mitotik indeks, tuz stresi

EFFECTS OF COMBINATIONS OF SOME PLANT GROWTH REGULATORS ON MITOTIC INDEX AND CHROMOSOMAL ABERRATIONS OF BARLEY SEEDS GERMINATED UNDER SALINE (NaCl) CONDITIONS

Abstract: In this work, the effects of double, triple and quadruple combinations of gibberellic acid (GA₃), kinetin (Kin), benzyladenine (BA), 24-epibrassinolide (EBR), ethylene (E) polyamines (cadaverine, putrescine, spermidine, spemine) on the mitotic index and chromosomal aberrations of barley seeds (*Hordeum vulgare* L. var. Bülbül 89) germinated under saline conditions were studied. In paralel to the rises in salt concentrations rise, mitotic activity significantly decreased and percantage of chromosomal abberation increased. Most of the plant growth regulator combinations studied showed positive effect on mitotic activity in high salt concentrations. Besides, most of this growth regulators were succesful in alleviating of the negative effect of percantage of chromosomal abberation in all the salt levels. Consequently, it was determined that plant growth regulator combinations mentioned affected in different degrees on mitotic index and chromosomal abberations of barley seeds and this difference was statistically important.

Key words: Barley, plant growth regulator, chromosomal abberation, mitotic index, salt stres

GİRİŞ

Çevresel streslerin en önemlilerinden biri olan tuzluluk, kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde üreticiler için büyük bir sorun olmaktadır. Toprak tuzluluğu, bitki büyüme ve

gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Dünya tarım alanlarının yaklaşık % 20'si tuzlanma tehlikesi altındadır (ZHU 2001). Toprağın tuzlanması, bitki gelişimi için hiç de uygun olmayan koşulların doğmasına yol açar. Tuzun, tohum çimlenmesi (KABAR 1987, AL-KARAKI 2001, DASH & PANDA 2001), fide büyümesi (MUTLU & BOZCUK 2000, ASHRAF vd. 2002), enzim aktivasyonu (SHEORAN 1980, PRAKASH & PRATHAPASENAN 1988), DNA, RNA ve protein sentezi (TAL 1977, ANURADHA & RAO 2001) ve mitoz bölünmeyi (NIEMAN 1965, BOZCUK 1978) engelleyerek bitki büyüme ve gelişmesine olumsuz etki yaptığı bilinmektedir.

Diğer taraftan bitki büyüme maddelerinin tuzlu koşullar altındaki hücre bölünmesi ve mitotik indeks üzerine etkileri yeterince bilinmemektedir. Ancak normal koşullar altında gibberellinlerin (GA) hücre bölünmesini teşvik edici etkisi uzun zamandan beri bilinmektedir (LIU & LOY 1976, BESNARD-WIBANT vd. 1983, SALISBURY & ROSS 1992, VANDERZANDEN 1999). Sitokininlerin hücre bölünmesi üzerinde, yüksek konsantrasyonlarda daha fazla etkili oldukları ileri sürülmektedir (PALMER & GUNNING 1984). Ayrıca TOMASZEWSKA-SOWA vd. (2002), *Capsicum annuum* L. (biber) tohumlarında yüksek konsantrasyonlardaki sitokinin uygulamasının geri kalmış kromozom ve anafaz köprüleri oluşturarak mitoz bölünmeyi bozduğunu ileri sürmüşlerdir. Hücre bölünmesinde etilenin (E) rolü tam olarak açıklanamamıştır. BARLOW (1976), *Pisum sativum* (bezelye) ve *Zea mays* (mısır) tohumları ile yaptığı çalışmada Etilenin hücre bölünmesini engellediğini tespit etmiştir. Ancak ROST vd. (1996) ise bezelye tohumları ile yaptıkları çalışmada etilenin hücre bölünmesini teşvik ettiğini rapor etmişlerdir.

Brassinlerin (EBR) hücre bölünmesi üzerinde olumlu ya da olumsuz yönde etkili olabilecekleri ileri sürülmesine rağmen (CLOUSE & ZUREK 1991, OH & CLOUSE 1998, MIYAZAWA vd. 2003), bazı araştırmacılar engelleyici etki gösterdiklerini vurgulamışlardır (SALA VE SALA 1985). Son zamanlarda yapılan çalışmalarda EBR'lerin düşük konsantrasyonlarda kök uzaması ve mitoz bölünmeyi teşvik ettiği, yüksek konsantrasyonlarda ise engelleyici etki yaptığı rapor edilmiştir (HU vd. 2000, HOWELL vd. 2007).

Hücre bölünmesinde poliaminlerin (PA) rolü tam olarak açıklanamamıştır. Bazı araştırmacılar hücre bölünmesinin, PA sentezindeki artışın bir sonucu olduğunu ileri sürerken (SMITH & BEST 1977, COSTA & BAGNI, 1983) bazı araştırmacılar ise dışarıdan PA tatbikinin hücre bölünmesi üzerinde engelleyici etki yaptığını rapor etmişlerdir (DE AGAZIO vd. 1992, GATTA vd. 1992). Ayrıca İSMAİLOĞLU vd. (2004) PA'lerin; buğday kök ucu hücrelerinde mitotik düzensizliklere ve mitotik indekste azalmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer yandan PA'lerin kromozom davranışları üzerine etkileri yeterince bilinmemesine karşın ÜNAL vd. (2002) arpa tohumları ile yaptıkları çalışmada Put ön uygulamasının mitotik anormalliklere neden olduğunu rapor etmişlerdir.

Bu çalışmada, söz konusu büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının tuz stresine maruz bırakılan arpa tohumlarında tuz stresini ne derece yenebileceğini, hücrelerin mitoz bölünmeye girmesini teşvik edip etmediğini ve kromozomların yapısında ve davranışında herhangi bir değişikliğe neden olup olmadığını bir ölçüde açıklığa kavuşturmak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Deneyleerde, arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. “Bülbül 89”) tohumları kullanılmıştır. Arpa tohumları kullanılmadan önce % 1’lik sodyum hipokloritte yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Konsantrasyonları bir ön çalışma sonucu saptanan 900 µM GA₃, 100 µM Kin, 100 µM BA, 400 µM E, 3 µM EBR, 10 µM Spm, 10 µM Spd, 10 µM Put, 10 µM Kad ve 0.30- 0.35- 0.40- 0.45 m, molal tuz konsantrasyonları kullanılmıştır.

Çimlendirme deneyleri sabit sıcaklıkta (20 °C), sürekli karanlıkta ve etüvde yapılmıştır. Yeterli sayıda, dolgun görünüşlü, sağlam ve az çok benzer büyüklükte olan tohumlar seçilerek belirli hacimdeki (50 ml) saf su (kontrol, K), GA₃, Kin, BA, E, EBR, Spm, Spd, Put, Kad’in ikili, üçlü, dörtlü kombinasyonlarında 24 saat oda sıcaklığında ön uygulamaya tabi tutulmuşlardır. Bu ön uygulama sonunda çözeltiler süzülüp tohumlar vakumda kurutulmuştur (BRAUN & KHAN 1976). Her uygulamaya ait tohumlar iki tabaka filtre kağıdı ile kaplı ve 7 ml çeşitli konsantrasyonlarda NaCl (0.30- 0.35- 0.40- 0.45 m) çözeltileri içeren petripler içine düzenli olarak yerleştirilmiştir. 1- 1,5 cm’ye ulaşan kök uçları paradiklorbenzen içerisinde 4 saat ilk işleme tabi tutulmuş ve 24 saat kadar asetik alkolde (1:3) fiske edilmiştir. Bu kök uçları gerektiğinde kullanılmak üzere % 70’lik alkol içerisinde buzdolabında (4°C) depolanmıştır. % 70’lik alkolden çıkarılan kök uçları 1 N HCl içerisinde 60°C etüvde, 18 dk hidroliz edilmiştir (ELÇİ 1982). Ayrıca yüksek tuz konsantrasyon grupları için 26°C’de, 5 N HCl kullanılarak soğuk hidroliz yapılmıştır (FOX 1969). Boyama için Feulgen kullanılmış ve % 45’lik asetik asit ile ezme preparatlar hazırlanmıştır (ELÇİ 1982).

Hazırlanan preparatlar mikroskopta 100X büyütmede incelenmiş ve her konsantrasyon ve uygulama için yaklaşık 15000 hücre sayılarak mitotik indeks hesaplanmıştır. Kromozom anormallikleri ise her konsantrasyon için 300 bölünen hücrede yüzde olarak hesaplanmıştır. Tüm parametrelerle ilgili istatistiksel değerlendirme SPSS 14.0 programı kullanılarak Duncan’s multiple range testine göre gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

İkili, üçlü ve dörtlü büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının ön uygulamalarına tabi tutulan ve tuzlu koşullar altında çimlendirilen arpa tohumlarının mitotik indeks ve kromozom anormallikleri üzerindeki etkilerini birbirleriyle karşılaştırabilmek amacıyla bu çalışma düzenlenmiş ve sonuçlar Tablo 1 ve Tablo 2’de gösterilmiştir.

Büyüme Düzenleyicisi Kombinasyonlarının Tuzlu Koşullarda Mitotik İndeks Üzerine Etkileri

Tuz, konsantrasyon artışına paralel olarak mitotik indeks üzerindeki olumsuz etkisini arttırmıştır. Örneğin; 0.30 m tuzlulukta 0.06; 0.35 m tuzlulukta 0.03; 0.40 m tuzlulukta 0.02 ve daha yüksek tuz seviyesi olan 0.45 m’da ise 0.00 olmuştur (Tablo 1).

İkili, üçlü ve dörtlü kombinasyonlar dikkate alındığında GA₃+Kin kombinasyonu dışında çalışılan büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarının tümü 0.30 m NaCl’ün mitotik indeks üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmeyi başaramamıştır. GA₃+Kin ön uygulaması kontrol grubuna göre mitotik indeksi yaklaşık 2 (0.11) kat arttırmıştır. İkili kombinasyonlardan GA₃+Kin, GA₃+BA, GA₃+Put ve GA₃+Kad haricindeki kombinasyonlar 0.35 ve 0.40 m tuz seviyelerinde de varlık gösterememişlerdir. 0.45 m tuzlulukta ise GA₃+Kad haricindeki diğer GA₃’lü kombinasyonlar tuz stresinin bu parametre üzerindeki engelleyici etkisini değişik

derecelerde hafifletmeyi başarmış ve en olumlu etkiyi GA₃+Kin göstererek mitotik indeksi kontrol grubuna göre 5 kat arttırmıştır (Tablo 1). Üçlü kombinasyonlarından GA₃+EBR+Put dışındaki tüm ön uygulamaların 0.35 m ve 0.40 m tuzlulukta etkisiz oldukları gözlenmiştir. 0.45 tuzlulukta ise üçlü kombinasyonların büyük bir çoğunluğu kısmen de olsa, tuz stresinin bu parametre üzerindeki engelleyici etkisini hafifletmeyi başarmışlardır (Tablo 1). Dörtlü kombinasyonlardan GA₃+Kin+EBR+Kad haricinde çalışılan tüm ön uygulamaların 0.35 ve 0.40 m tuzlulukta başarısız oldukları tespit edilmiştir. 0.45 m gibi yüksek tuzlulukta ise dörtlü kombinasyonların yaklaşık yarısı söz konusu tuz seviyesinin mitotik indeks üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırmada kısmen başarılı olurken, en olumlu etkiyi yine GA₃+Kin+EBR+Kad ön uygulaması göstermiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Kombinasyon halindeki büyüme düzenleyicisi ön uygulamasından sonra çeşitli konsantrasyonlardaki NaCl'li ortamda çimlendirilen arpa tohumlarında mitotik indeks değerleri

| Büyüme Düzenleyicileri (µM) | Mitotik İndeks | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | NaCl (m) | | | |
| | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 |
| Kontrol (Saf su) | *0.06±0.00 ^f | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.00±0.00 ^a |
| GA₃+Kin | 0.11±0.00 ^g | 0.10±0.00 ^g | 0.06±0.00 ^e | 0.05±0.00 ^d |
| GA₃+BA | 0.04±0.00 ^d | 0.03±0.00 ^d | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c |
| GA₃+E | 0.03±0.00 ^c | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+EBR | 0.04±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c |
| GA₃+Put | 0.05±0.00 ^e | 0.04±0.00 ^e | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c |
| GA₃+Spm | 0.03±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+Spd | 0.02±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+Kad | 0.04±0.00 ^d | 0.04±0.00 ^e | 0.03±0.00 ^d | 0.00±0.00 ^a |
| Kin+EBR | 0.02±0.00 ^b | - | - | - |
| Kin+Put | 0.02±0.00 ^b | - | - | - |
| Kin+Spd | 0.03±0.00 ^c | - | - | - |
| Kin+Kad | 0.02±0.00 ^b | - | - | - |
| Kin+Spm | 0.04±0.00 ^d | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | - |
| EBR+Spm | 0.02±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | 0.00±0.00 ^a | - |
| EBR+Spd | 0.03±0.00 ^c | - | - | - |
| EBR+Put | 0.01±0.00 ^a | - | - | - |
| EBR+Kad | 0.01±0.00 ^a | - | - | - |
| GA₃+Kin+Put | 0.03±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+Kin+Spm | 0.04±0.00 ^d | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+Kin+Spd | 0.03±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+Kin+Kad | 0.04±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c |
| GA₃+Kin+EBR | 0.04±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b | 0.00±0.00 ^a |
| GA₃+Kin+E | 0.03±0.00 ^c | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+EBR+Put | 0.05±0.00 ^e | 0.05±0.00 ^f | 0.03±0.00 ^d | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+EBR+Spm | 0.04±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+EBR+Spd | 0.03±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b | 0.00±0.00 ^a |
| GA₃+EBR+Kad | 0.04±0.00 ^d | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.00±0.00 ^a |
| GA₃+Kin+EBR+Put | 0.03±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b | 0.00±0.00 ^a |
| GA₃+Kin+EBR+Spm | 0.04±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.00±0.00 ^a |
| GA₃+Kin+EBR+Spd | 0.05±0.00 ^e | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+Kin+EBR+Kad | 0.05±0.00 ^e | 0.04±0.00 ^e | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c |
| GA₃+Kin+E+Put | 0.02±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | 0.00±0.00 ^a |
| GA₃+Kin+E+Spm | 0.03±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+Kin+E+Spd | 0.04±0.00 ^d | 0.03±0.00 ^d | 0.02±0.00 ^c | 0.01±0.00 ^b |
| GA₃+Kin+E+Kad | 0.03±0.00 ^c | 0.00±0.00 ^a | 0.00±0.00 ^a | 0.00±0.00 ^a |
| GA₃+Kin+E+EBR | 0.02±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | 0.01±0.00 ^b | 0.00±0.00 ^a |

*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark (p < 0,05) düzeyinde önemsizdir.
- işaretli tuz konsantrasyonlarında çimlenme gerçekleşmediğinden çalışılmamıştır.

İkili, üçlü ve dördü kombinasyonlar arasında özellikle GA_3 ile oluşturulan kombinasyonların daha etkili olduğu belirlenmiştir. Tüm kombinasyonlar içerisinde söz konusu tuz seviyelerinde en olumlu etkiyi yine GA_3 +Kin ön uygulaması göstermiştir (Tablo 1).

Diğer taraftan tuz stresinin mitotik indeks üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede dördü kombinasyonların üçlü kombinasyonlara göre, üçlü kombinasyonların da ikili kombinasyonlara göre daha az başarılı oldukları tespit edilmiştir.

Büyüme Düzenleyicisi Kombinasyonlarının Tuzlu Koşullarda Kromozom Anormallikleri Üzerine Etkileri

İkili, üçlü ve dördü büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarına tabi tutulup çeşitli konsantrasyonlardaki (0.30- 0.35- 0.40- 0.45 m) NaCl'lü ortamda çimlendirilen arpa tohumlarından elde edilen kök uçlarından hazırlanan preparatlarda gözlenen kromozom anormallikleri Şekil 1 ve kromozom anormallik yüzdeleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tuz, konsantrasyon artışına paralel olarak kromozom anormallik yüzdesinde artışa neden olmuştur. Örneğin; 0.30 m tuzlulukta 1.33, 0.35 m tuzlulukta 1.57 ve 0.40 m tuzlulukta 3.9 oranında kromozom anormalliği belirlenmiştir. Diğer yandan, 0.45 m tuzlulukta hücre bölünmesi tamamen engellediğinden dolayı kromozom anormallikleri incelenememiştir.

Çalışılan büyüme düzenleyicisi kombinasyonlarının büyük bir çoğunluğu 0.30 m NaCl'ün arpa tohumlarının kromozom anormallik yüzdeleri üzerindeki olumsuz etkisini büyük ölçüde hafifletmiştir. Ancak söz konusu tuz seviyesinde GA_3 +Kin+E+Spd ön uygulaması kromozom anormallik yüzdesini kontrol grubuna oranla daha da artırmıştır. 0.30 m tuzluluğun kromozom anormallik yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede ikili kombinasyonların özellikle de GA_3 ile oluşturulan kombinasyonların çalışılan diğer kombinasyonlara göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

0.35 m tuzluluğun kromozom anormallik yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede ikili ve üçlü kombinasyonların tümü değişik derecelerde hafifletmeyi başarırken, dördü kombinasyonların çoğu tuz stresinin olumsuz etkisini hafifletmede başarısız oldukları gözlenmiştir (Tablo 2). 0.40 m tuzlulukta kromozom anormallik yüzdesi üzerinde söz konusu kombinasyonlar 0.30 m tuzluluktakilerle benzer bir etki göstermişlerdir. Yani tuz stresinin kromozom davranışları üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede ikili kombinasyonların özellikle de GA_3 ile oluşturulan kombinasyonların daha başarılı oldukları gözlenmiştir. Ancak GA_3 +Kin+EBR+Spm kombinasyonu ise kontrol grubuna göre kromozom anormallik yüzdesi üzerinde artışa neden olmuştur (Tablo 2).

0.45 m tuzluluk, kontrol grubu tohumlarında hücre bölünmesini tamamen engellediğinden dolayı kromozom anormallikleri incelenememiştir. Ancak çalışılan kombinasyonların büyük bir çoğunluğu kontrol tohumlarında hücre bölünmesinin görülmediği tuz seviyesinde hücre bölünmesini bir dereceye kadar artırmıştır. Diğer yandan GA_3 +Kin+E+Spm haricinde çalışılan söz konusu büyüme düzenleyicilerinin büyük bir çoğunluğu yüksek tuzlulukta bile kromozom anormallik yüzdesini 0.30, 0.35 ve 0.40 m tuzluluktaki gibi, yine önemli derecede azaltmıştır (Tablo 2).

İkili ve üçlü büyüme düzenleyicisi ön uygulamalarına tabi tutularak çeşitli konsantrasyonlardaki NaCl'li ortamda çimlendirilen arpa tohumlarında en sık rastlanan kromozom anormalliklerinin düzensiz metafaz ve anafazda kromozom köprüleri olduğu tespit edilmiştir. Dörtlü büyüme düzenleyicisi ön uygulamalı tohumlarda da yukarıdakine benzer kromozom anormallikleri yanında mikronükleus oluşumunun daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca multipolar anafaz ve telofazda yanlış kutuplaşmalara da rastlanmıştır. Genel olarak yapışık kromozomlar, telofazda kromozom köprüleri ve geri kalan kromozomlar da rastlanılan diğer anormalliklerdir (Şekil 1).

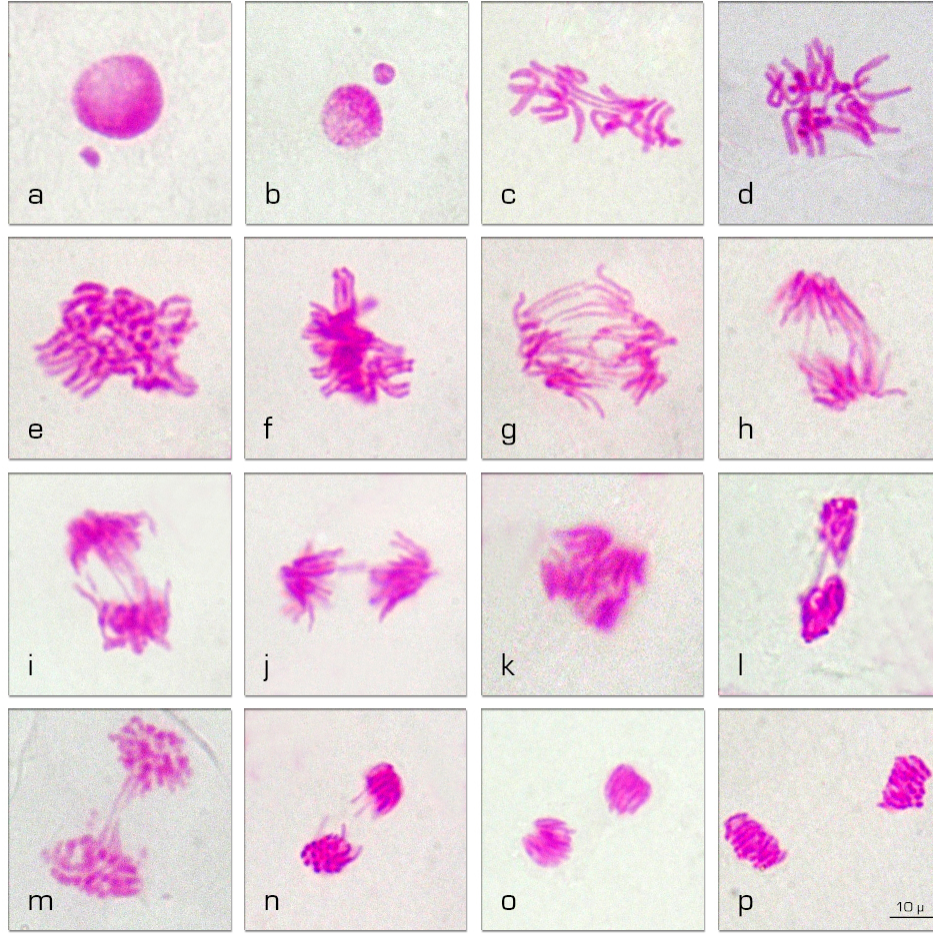
Tablo 2. Kombinasyon halindeki büyüme düzenleyici ön uygulamalarından sonra çeşitli konsantrasyonlarda NaCl'li ortamda çimlendirilen arpa tohumlarında kromozom anormallik yüzdeleri

| Büyüme Düzenleyicileri (μM) | Kromozom Anormallikleri (%) | | | |
|---|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | NaCl (m) | | | |
| | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 |
| Kontrol (Saf su) | * 1.33±0.00 ^l | 1.57±0.00 ⁿ | 3.90±0.00 ⁿ | # |
| GA ₃ +Kin | 0.15±0.00 ^c | 0.05±0.00 ^b | 0.0±0.00 ^a | 0.31±0.00 ^c |
| GA ₃ +BA | 0.26±0.00 ^e | 0.0±0.00 ^a | 0.28±0.00 ^d | 0.18±0.00 ^b |
| GA ₃ +E | 0.0±0.00 ^a | 0.56±0.00 ^l | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a |
| GA ₃ +EBR | 0.34±0.00 ^l | 0.0±0.00 ^a | 0.17±0.00 ^b | 0.0±0.00 ^a |
| GA ₃ +Put | 0.12±0.00 ^b | 0.0±0.00 ^a | 0.40±0.00 ^c | 0.0±0.00 ^a |
| GA ₃ +Spm | 1.18±0.00 ^s | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | 1.04±0.00 ^j |
| GA ₃ +Spd | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a |
| GA ₃ +Kad | 0.0±0.00 ^a | 1.31±0.00 ^m | 1.45±0.00 ^k | # |
| Kin+EBR | 0.0±0.00 ^a | - | - | - |
| Kin+Put | 0.0±0.00 ^a | - | - | - |
| Kin+Spd | 0.0±0.00 ^a | - | - | - |
| Kin+Kad | 0.0±0.00 ^a | - | - | - |
| Kin+Spm | 0.56±0.00 ^k | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | - |
| EBR+Spm | 0.0±0.00 ^a | 0.99±0.00 ^j | # | - |
| EBR+Spd | 0.77±0.00 ^p | - | - | - |
| EBR+Put | 0.0±0.00 ^a | - | - | - |
| EBR+Kad | 0.0±0.00 ^a | - | - | - |
| GA ₃ +Kin+Put | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | 1.31±0.00 ^h | 0.80±0.00 ^h |
| GA+Kin+Spm | 0.0±0.00 ^a | 0.47±0.00 ^d | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a |
| GA ₃ +Kin+Spd | 0.44±0.00 ^l | 0.0±0.00 ^a | 0.45±0.00 ^l | 0.59±0.00 ^e |
| GA ₃ +Kin+Kad | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | 0.40±0.00 ^c | 0.0±0.00 ^a |
| GA ₃ +Kin+EBR | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | # |
| GA ₃ +Kin+E | 0.62±0.00 ^l | 0.71±0.00 ^g | 0.62±0.00 ^g | 0.0±0.00 ^a |
| GA ₃ +EBR+Put | 0.21±0.00 ^d | 0.21±0.00 ^c | 0.25±0.00 ^c | 0.64±0.00 ^f |
| GA ₃ +EBR+Spm | 0.54±0.00 ^j | 1.18±0.00 ^l | 1.42±0.00 ^j | 0.65±0.00 ^g |
| GA ₃ +EBR+Spd | 0.75±0.00 ^o | 0.54±0.00 ^e | 0.0±0.00 ^a | # |
| GA ₃ +EBR+Kad | 0.26±0.00 ^e | 0.84±0.00 ^l | 1.92±0.00 ^l | # |
| GA ₃ +Kin+EBR+Put | 0.62±0.00 ^l | 1.10±0.00 ^k | 0.0±0.00 ^a | # |
| GA ₃ +Kin+EBR+Spm | 0.41±0.00 ^h | 1.99±0.00 ^p | 4.67±0.00 ^o | # |
| GA ₃ +Kin+EBR+Spd | 0.0±0.00 ^a | 2.35±0.00 ^s | 0.0±0.00 ^a | 0.97±0.00 ⁱ |
| GA ₃ +Kin+EBR+Kad | 0.84±0.00 ^r | 2.30±0.00 ^r | 0.0±0.00 ^a | 0.41±0.00 ^d |
| GA ₃ +Kin+E+Put | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a | 1.93±0.00 ^k |
| GA ₃ +Kin+E+Spm | 0.72±0.00 ⁿ | 1.60±0.00 ^o | 1.41±0.00 ⁱ | 10.0±0.00 ^l |
| GA ₃ +Kin+E+Spd | 1.47±0.00 ^u | 2.35±0.00 ^s | 0.0±0.00 ^a | 0.0±0.00 ^a |
| GA ₃ +Kin+E+Kad | 0.68±0.00 ^m | 0.79±0.00 ^h | # | # |
| GA ₃ +Kin+E+EBR | 0.35±0.00 ^g | 0.0±0.00 ^a | 2.06±0.00 ^m | # |

*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark ($p < 0,05$) düzeyinde önemsizdir.

- işaretli tuz konsantrasyonlarda çimlenme gerçekleşmediğinden çalışılmamıştır.

işaretli tuz konsantrasyonlarında mitoz bölünme engellendiğinden kromozom anormallikleri çalışılmamıştır.



Şekil 1. Kombinasyon halindeki büyüme düzenleyici ön uygulamalarından sonra çeşitli konsantrasyonlarda NaCl'ü ortamda çimlendirilen arpa tohumlarında kromozom anormallikleri. a-b) Mikronükleus, c-d) Düzensiz metafaz, e-f) Yapışık kromozomlar, g-h) Anafaz köprüleri, i-j) Anafazda geri kalmış kromozom, k) Multipolar anafaz, l-m) Telofaz köprüsü, n) Telofazda geri kalmış kromozom, o-p) Telofazda yanlı kutuplaşma. Bar: 10 µ.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bilindiği gibi tuzlu koşullar, halofit bitkilerde bile, genellikle büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilemektedir. Yani tuzlu koşullarda genellikle çimlenme engellenmekte, büyüme hızı yavaşlamakta ve verim azalmaktadır. Bazı hallerde ise bitki, hayat devresini tamamlayamadan ölmektedir. Bu konuyla ilgili günümüze kadar pek çok araştırma yapılmış, ancak tuzluluğun etki mekanizması tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır (GILL & SINGH 1985, SCHMIDHALTER & OERTLI 1991).

Çalışmamızda, tuz stresi altında çimlendirilen arpa tohumlarının mitotik indeks ve kromozom davranışları üzerine GA₃, Kin, BA, E, EBR ve PA'in ikili, üçlü ve dördü kombinasyonlarının etkileri karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır. Tablo 1'de görüldüğü gibi tuzluluk, konsantrasyona bağlı olarak arpa tohumlarının mitotik indeksini azaltmıştır. Tuzun mitotik indeksi engelleyici etkisi bilinen bir gerçektir (HUANG & VAN STEVENINCK 1988, 1990,

KATSUHARA & KAWASAKI 1996, LUTSENKO vd. 2005). Tuzun bilinen, mitoz bölünmeyi engelleyici etkisi (NIEMAN 1965, BOZCUK 1978) bu çalışma ile bir kez daha doğrulanmıştır. Tuz, hücre bölünmesi üzerindeki engelleyici etkisini doğrudan yapabileceği gibi, bu etkiyi arpa tohumlarında yol açtığı içsel absisik asit (ABA) artışı kanalı ile de gerçekleştirebilir (RAO vd. 1975, UNGAR & BINET 1975, KHAN 1978).

Öte yandan tuzluluğun artan seviyeleri arpa tohumlarının kromozom davranışları üzerinde de olumsuz etki göstermiştir. Yaptığımız çalışmada tuzluluğun; mikronükleus oluşumu, karışık metafaz, anafazda kromozom köprüleri ile telofazda kromozom köprüleri ve yanlış kutuplaşma gibi anormalliklere neden olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Şekil 1). Ancak tuz seviyesinin kromozom anormalliği üzerine etkileri yeterince çalışılmamış olmasına rağmen, TAJBAKHSİ vd. (2006) arpa tohumları ile yaptıkları çalışmada tuzluluğun artan seviyelerinin anafazda kromozom anormalliklerine sebep olarak hücre bölünmesini geciktirdiğini belirtmişlerdir.

Büyüme düzenleyicilerinin, tuz stresinin mitotik indeks üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede farklı derecelerde etkili oldukları ve bu farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir. GA_3+Kin haricinde çalışılan büyüme düzenleyicilerinin tümü 0.30 m tuzluluğun mitotik indeks üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede etkisiz olmuşlardır. 0.35 ve 0.40 m tuzlulukta ise ikili kombinasyonların özellikle de GA_3 ile oluşturulan kombinasyonların mitotik indeks üzerinde diğer uygulamalara göre daha başarılı oldukları belirlenmiştir. 0.45 m tuzluluğun mitotik indeks üzerindeki engelleyici etkisini hafifletmede büyüme düzenleyicilerinin büyük bir çoğunluğunun başarılı bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Tüm tuz seviyeleri dikkate alındığında en olumlu etkiyi GA_3+Kin ön uygulaması göstermiştir (Bkz. Tablo 1). Gerçekten, özellikle arpa tohumlarının çimlenmesinde tuz seviyelerindeki artışa bağlı olarak bu ikilinin, kombinasyon halinde iken daha etkin olduğu çeşitli araştırmacılarca rapor edilmiş (KABAR & BALTEPE 1987, KABAR 1989). Tüm tuz seviyelerinde genellikle GA_3 'lü kombinasyonların kontrol grubuna göre önemli derecede başarılı olmaları, arpa tohumların tuzlu koşullardaki çimlenmesinde GA_3 'ün vazgeçilmez bir yere sahip olduğunu işaret etmektedir. Ayrıca tuzun, çimlenme esnasında tohumlarda özellikle sitokinin (EL-MASHAD & KAMEL 2001, YÜREKLİ vd., 2004) ve gibberellin (PRAKASH & PRATHAPASENAN 1990, YÜREKLİ vd., 2001) gibi stimülatörlerin içsel miktarını azalttığı düşünüldüğünde dıştan uygulanan bu teşvik edicilerin mitotik aktiviteyi arttırmaları sürpriz olmayıp beklenen bir durumdur.

Üçlü ve dördü kombinasyonların genellikle ikili kombinasyonlar kadar başarılı olamamaları, ayrıca her türlü kombinasyon durumunda belirli büyüme düzenleyicilerinin başarı göstermeleri tohum çimlenmesi üzerindeki tuz stresinin yenilmesinde kullanılacak her stimülatörün başarılı olamayabileceğini, bu nedenle uygulanacak stimülatör(ler)ün ve konsantrasyon(lar)un ön çalışmalarla belirlenmesi gerektiğine işaret eder. Gerçekten tohum çimlenmesinde tuz stresinin yenilmesinde stimülatörlerin tip(ler)i ve konsantrasyonlarının türden türe değişebileceği çeşitli araştırmalarla gösterilmiştir (PALAVAN-ÜNSAL 1987 PALAVAN-ÜNSAL vd. 1990, MIRZA & BAGNI 1991).

Çalışılan büyüme düzenleyicilerinin arpa tohumlarının mitotik indeksi üzerinde olduğu gibi kromozom anormallik yüzdeleri ve kromozom davranışları üzerinde de istatistiksel açıdan önemli etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. 0.30 m tuzluluğun kromozom anormallik yüzdesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifletmede ikili kombinasyonların özellikle de GA_3 ile oluşturulan kombinasyonların diğer uygulamalara göre daha başarılı oldukları gözlenmiştir. 0.35 m tuzluluğun söz konusu parametre üzerindeki engelleyici etkisini ortadan kaldırmada

dörtlü uygulamaların çalışılan diğer ön uygulamalara göre etkisiz olduğu gözlenmiştir. 0.40 m tuzlulukta çalışılan büyüme düzenleyicisi ön uygulamaları 0.30 m tuzluluktakine benzer etkiler göstermişlerdir. 0.45 m tuzluluk ise hücre bölünmesini tamamen engellediğinden dolayı kromozom anormallikleri incelenememiştir (Bkz. Tablo 2).

Ancak yapılan literatür çalışması sonucunda söz konusu büyüme düzenleyicileriyle tuzlu koşullar altında çimlendirilen tohumların gerek mitotik indeks gerekse kromozom davranışları üzerindeki etkileri ile ilgili yeterli bilgiye rastlanamamıştır.

Çeşitli büyüme maddeleri farklı türlerde hatta aynı türün bireylerinde bile farklı olaylarda etkili olabilir ve farklı miktarda bulunabilirler (KHAN & WEBER 1986, KHAN 1991). Buna göre bir bitkide herhangi bir büyüme gelişme olayında hangi hormon etkin konsantrasyonda ise o hormon işlevini yaparak büyüme gelişme olaylarında sorumlu olmaktadır. KHAN (1971)'ın da işaret ettiği gibi bir olayın bir hormonun mutlak varlığı veya yokluğu ile yönetilmesi muhtemel değildir. Çevre koşullarına tepki olarak bitkide bazı hormonlar daha fazla, bazıları daha az etkin olabilir ya da hiç etkin olmayabilirler. Dolayısı ile hangi hormon en etkin durumda ise ilgili olayda onun iş görmesi daha akla yakın görünmektedir.

Araştırmamızda, çeşitli teşvik edici büyüme maddeleri kullanarak yurdumuz için önemli bir tahıl bitkisi olan arpaya, özellikle memleketimizde büyük bir sorun olan tuz stresine karşı tolerans kazandırılmasının muhtemel mekanizmalarından biri olabilecek mitotik aktivite ile büyüme maddeleri arasındaki etkileşimler irdelenerek literatürdeki bir boşluğun doldurulmasına hizmet edilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle uygun büyüme maddelerinin, özellikle tuzlu arazilerde yetişebilecek bitkiler için kullanılmasının, yurt ekonomisine çok yararlı sonuçlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Olayın açıklığa kavuşabilmesi için mitotik aktivite üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak etkin olabilen hidrolaz sentezi ve aktivitesi, nükleik asit metabolizması, protein ve enzim sentezi gibi temel metabolik olaylar üzerinde bu kimyasalların etkilerinin araştırılması söz konusu mekanizmanın aydınlığa kavuşmasına hizmet edecektir.

KAYNAKLAR

- AL-KARAKI GN, 2001. Germination, sodium and potassium concentration of barley seeds as influenced by salinity. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 511-522.
- ANURADHA S, RAO SSR, 2001. Effect of brassinosteroids on salinity stress induced inhibition of seed germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Growth Regulation*, 33 (2), 151-153.
- ASHRAF MY, SARWAR G, ASHRAF M, AFAF R, SATTAR A, 2002. Salinity induced changes in a-amylase activity during germination and early cotton seedling growth. *Biologia Plantarum*, 45 (4), 589-591.
- BARLOW PW, 1976. Towards an understanding of the behavior of root meristems. *Journal of Theoretical Biology*, 57, 433-451.
- BESNARD-WIBANT C, NOIN M, ZEEVAART JAD, 1983. Mitotic activities and levels of nuclear DNA in the apical meristem of *Silene armeria* (strain SI.2) following application of gibberellin A3. *Plant and Cell Physiology*, 24, 1269-1279.

- BOZCUK S, 1978. Domates (*Lycopersicum esculentum* Mill.), arpa (*Hordeum vulgare* L.) ve pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkilerinin büyüme ve gelişmesinde tuz-kinetin etkileşimi üzerinde araştırmalar, Doçentlik tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi.
- 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.
- CLOUSE SD, ZUREK D, 1991. Molecular analysis of brassinolide action in plant growth and development. *Acs-Symposium Series American Chemical Society*, 474, 122-140.
- COSTA G, BAGNI N, 1983. Effects of polyamines on fruit-set of apple. *Hortscience*, 18 (1), 59-61.
- DASH M, PANDA, SK, 2001. Salt stress induced changes in growth and enzyme activities in germinating *Phaseolus mungo* seeds. *Biologia Plantarum*, 44, 587-589.
- DE AGAZIO M, FEDERICO R, ANGELINI R, DE CESARE F, GREGO S, 1992. Spermidine pretreatment or root tip removal in maize seedlings: effect on K⁺ uptake and tissues modifications. *Journal of Plant Physiology*, 140, 741-746.
- ELÇİ Ş, 1982. Sitogenetikte Gözlemler ve Araştırma Yöntemleri. *Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Yayınları*, 3, 37-85. Elazığ.
- EL-MASHAD AA, KAMEL EA, 2001. Amelioration of NaCl stress in *Pisum sativum*. *Indian Journal Experimental Biology*, 39(5), 469-475.
- FOX DP, 1969. Some characteristic of the cold hydrolysis technique for staining plant tissues by the feulgen reaction. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 17, 266.
- GATTA L, MARHITELLI C, FEDERICO R, 1992. Effect of polyamines and their oxydative product on maize and lentil root growth. *Annals of Botany*, 50, 43-48.
- GILL KS, SINGH OS, 1985. Effect of salinity on carbohydrate metabolism during paddy (*Oryza sativa*) seed germination under salt stress condition. *Journal of Experimental Biology*, 23, 384-386.
- HOWELL WM, KELLER III GE, KIRKPATRICK JD, JENKINS RL, HUNSINGER RN, MCLAUGHLIN EW, 2007. Effects of the plant steroidal hormone, 24-epibrassinolide, on the mitotic index and growth of onion (*Allium cepa*) root tips. *Genetics Molecular Research*, 6 (1), 50-58.
- HU Y, BAO F, LI J, 2000. Promotive effect of brassinosteroids on cell division involves a distinct CycD3-induction pathway in *Arabidopsis*. *Plant Journal*, 24, 693-701.
- HUANG CX, VAN STEVENINCK RFM, 1988. Effect of moderate salinity on patterns of potassium, sodium and chloride accumulation in cells near the root tip of barley: role of differentiating metaxylem vessels. *Physiologia Plantarum*, 73, 525-533.
- HUANG CX, VAN STEVENINCK RFM, 1990. Salinity induced structural changes in meristematic cells of barley roots. *New Phytologist*, 115, 17-22.
- İSMAİLOĞLU I, ÜNAL M, PALAVAN-ÜNSAL N, 2004. Effects of spermidine, spermine and cyclohexylamine on mitotic activity of 2X, 4X and 6X wheats. *Journal of Cell and Molecular Biology*, 3, 83-88.
- KABAR K, 1987. Alleviation of salinity stress by plant growth regulators on seed germination, *Journal of Plant Physiology*, 128, 179-183.
- KABAR K, 1989. Interactions among salt (NaCl), kinetin and gibberellic acid in the germination of Lettuce seeds. *Doğa Turkish Journal of Botany*, 13, 296-300.
- KABAR K, BALTEPE Ş, 1987. Alleviation of Salinity Stress on Germination of Barley Seeds by Plant Growth Regulators. *Doğa Turkish Journal of Biology*, 11, 108-117.
- KATSUHARA M, KAWASAKI T, 1996. Salt stress induced nuclear and DNA degradation in meristematic cells of barley roots. *Plant and Cell Physiology*, 37, 169-173.
- KHAN AA, 1971. Cytokinin: Permissive role in seed germination. *Science*, 171, 853-859.

- KHAN AA, 1978. Incorporation of bioactive chemicals into seeds to alleviate environmental stress. *Acta Horticulturae*, 83, 225-234.
- KHAN MA, 1991. Studies on germination of *Cressa cretica*. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 4, 89-98.
- KHAN MA, WEBER DJ, 1986. Factors influencing seed germination in *Salicornia pacifica* var. *Utahensis*. *American Journal of Botany*, 73, 1163-1167.
- LIU PBW, LOY, JB, 1976. Action of gibberellic acid on cell proliferation in the subapical shoot meristem of watermelon seedlings. *American Journal of Botany*, 63 (5), 700-704.
- LUTSENKO EK, MARUSHKO EA, KONONENKO NV, LEONOVA TG, 2005. Effects of fusicoccin on the early stages of sorghum growth at high NaCl concentrations. *Russian Journal of Plant Physiology*, 52, 332-337.
- MIRZA JI, BAGNI N, 1991. Effects of exogenous polyamines and difluoromethylornithine on seed germination and root growth of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Growth Regulation*, 10, 163-168.
- MIYAZAWA Y, NAKAJIMA N, ABE T, SAKAI A, 2003. Activation of cell proliferation by brassinolide application in tobacco BY-2 cells: effects of brassinolide on cell multiplication, cell-cycle-related gene expression, and organellar DNA contents. *Journal of Experimental Botany*, 54, 2669-2678.
- MUTLU F, BOZCUK S, 2000. Tuzlu koşullarda ayçiçeği tohumlarının çimlenmesi ve erken büyüme üzerine dışsal spermin'in etkileri. *Turkish Journal of Biology*, 24, 635-643.
- NIEMAN RH, 1965. Expansion of bean leaves and its suppression by salinity. *Plant Physiology*, 40, 156-161.
- OH MH, CLOUSE SD, 1998. Brassinosteroid affects the rate of cell division in isolated leaf protoplasts of *Petunia hybrida*. *Plant Cell Reports*, 17, 921-924.
- PALAVAN-ÜNSAL N, 1987. Polyamine metabolism in the root of *Phaseolus vulgaris* interaction of the inhibitors of polyamine biosynthesis with putrescine in growth and polyamine biosynthesis. *Plant Cell Physiology*, 28, 565-572.
- PALAVAN-ÜNSAL N, ZEHİR Z, SAĞLAM S, 1990. Inhibition of alpha-amylase release from germinating wheat embryos by abscisic acid cyclohexylammonium, polyamines and ethylene. In: FLORES HE. ARTECA RN. SHANNON JC. (Eds.) *Biochemistry, Physiology and Interactions. American Society of Plant Physiologist*, 353-357.
- PALMER MV, GUNNING BES, 1984. Cytokinin-induced mitosis in cultured explants of *Helianthus tuberosus* L. tuber tissue. *Australian Journal of Plant Physiology*, 11, 1-6.
- PRAKASH L, PRATHAPASENAN G, 1988. Effect of NaCl salinity and putrescine on shoot growth, tissue ion concentration and yield of rice. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 160, 325-334.
- 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 Science*, 100, 173-181.
- RAO VS, SANKHLA N, KHAN AA, 1975. Additive ergistic effects of kinetin and ethrel on germination, thermodormancy and polyribosome formation in lettuce seeds. *Plant Physiologia*, 56, 263-266.
- ROST S, FRANK C, BECK E, 1996. The chloroplast envelope is permeable for maltose but not for maltodextrins. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1291, 221-227.
- SALA C, SALA F, 1985. Effect of brassinosteroid on cell division and enlargement in culture carrot (*Daucus carota* L.) cells. *Plant Cell Reports*, 4, 144-147.
- SALISBURY FB, ROSS CW, 1992. *Plant Physiology*. Belmont, CA: Wadsworth, 682.

- SCHMIDHALTER U, OERTLI JJ, 1991. Germination and seedling growth of carrots under salinity and moisture stress. *Plant and Soil*, 132, 243-251.
- SHEORAN IS, 1980. Changes in amylase during germination and early seedling growth of mungbean (*Vigna radiata* L. Eilczek) under different salts. *Indian Journal of Plant Physiology*, 23, 169-173.
- SMITH TA, BEST GR, 1977. Polyamines in barley seedlings. *Phytochemistry*, 16, 814-843.
- TAJBAKHSH M, ZHOU MX, CHEN ZH, MENDHAM NJ, 2006. Physiological and cytological response of salt-tolerant and non-tolerant barley to salinity during germination and early growth. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46 (4), 555-562.
- TAL M, 1977. Physiology of polyploid plants: DNA, RNA, protein and abscisic acid in autotetraploid and diploid tomato under low and high salinity. *Botanical Gazette*, 138.
- TOMASZEWSKA-SOWA M, DROZDOWSKA L, SZOTA M, 2002. Effect of cytokinins on *in vitro* morphogenesis and ploidy of pepper *Capsicum annuum* L. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Agronomy*, 5, Issue 1.
- UNGAR IA, BINET P, 1975. Factors influencing seed dormancy in *Spergularia media* (L.) C. Presl. *Aquatic Botany*, 1, 45-55.
- ÜNAL M., PALAVAN-ÜNSAL N, TÜFEKÇİ MA, 2002. Role of putrescine and its biosynthetic inhibitor on seed germination root elongation and mitosis in *Hordeum vulgare* L. *Bulletin Pure and Applied Science Section B-Botany*, 21, 33-38.
- VAN-DERZANDEN AM, 1999. Oregon State University Extension Service, Master Gardener Handbook, Chapter 1, Botany Basics, İnternet Sitesi: <http://extension.oregonstate.edu/mg/botany/hormones.html> Erişim Tarihi: 04.05.2006.
- YÜREKLİ F, TÜRKAN I, PORGALI ZB, TOPÇUOĞLU F, 2001. Indoleacetic acid, gibberellic acid, zeatin and abscisic acid levels in NaCl-treated tomato species differing in salt tolerance. *Israel Journal of Plant Science*, 49 (4), 269-277.
- YÜREKLİ F, PORGALI ZB, TÜRKAN I, 2004. Variations in abscisic acid, indole-3acetic acid, gibberellic acid and zeatin concentrations in two bean species subjected to salt stress. *Acta Biologica Cracovensia Series Botanica*, 46, 201-212.
- 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 in Plant Science*, 6, 66-72.