

**SOYA FASULYESİ (*GLYCINE MAX* (L) MERRILL
VAR. UMUT 2002) BÜYÜMESİ VE GELİŞİMİ ÜZERİNE
BOR FAZLALIĞININ ETKİLERİ**

**EFFECTS OF EXCESSIVE BORON AMOUNT
ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SOY BEAN**

Esin AKÇAM OLUK*¹ Nevruz LATİF¹**

¹Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü 35100 Bornova-İzmir

Geliş Tarihi: 15 Ocak 2009

Kabul Tarihi: 27 Şubat 2009

ÖZET

Bu çalışmada, perlit kültüründe, tohumdan çimlendirilerek bir ay boyunca yetiştirilen soya (*Glycine max* (L) Merrill var. Umut 2002) bitkilerine ortamdaki bor fazlalığının (0.1 mM) etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, bor fazlalığı tohum çimlenmesini olumsuz etkilememiş, 30 günlük sürenin sonunda gövde yüksekliği bor fazlalığına bağlı olarak artarken kök uzunluğu azalmıştır. Bor fazlalığı bitki kök ve gövde taze ve kuru ağırlığını artırmış ancak bu artışlar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır. Bir aylık fidelerin yapraklarında yapılan fizyolojik analizler sonucu bor fazlalığında kontrole kıyasla IAA ve sitokininlerin hormonlarının arttığı, ABA miktarında ise bir değişiklik olmadığı kaydedilmiştir. İlave bor uygulaması fotosentetik verimliliği çok fazla etkilemezken, yaprak protein içeriğinin düşmesine neden olduğu görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Bor, Soya fasulyesi, IAA, Sitokinin, ABA, Kök gelişimi

ABSTRACT

In this study, effects of excessive boron amount in the environment on the soy bean plants germinated in perlite culture for one month were investigated. According to the results, the germination process was not affected negatively, in fact, while a shortening in the root length was measured, an increase in the lengths of seedlings, was observed in the 30th day. According to subsequent weighing on the same day excessive boron caused no significant changes in fresh and dry weights of root and stem. The results of

* Sorumlu yazar: esak_ol@yahoo.co.uk

** Bu çalışma yüksek lisans tezinden düzenlenmiştir.

physiological analysis carried out on one month old seedling's leaves showed that excessive boron gave rise an increase in the amount of stimulator hormones such as IAA and cytokines, but no change in the amount of inhibitor hormone ABA was observed. On the other hand, the excessive boron application resulted in a decrease in the protein content of the leaves but no valuable changes in photosynthetic activity.

Key Words: Boron, Soybean, IAA, Cytokinin, ABA, Root development

1. GİRİŞ

Bitkiler için temel bir mikro besin elementi olduğu uzun yıllar önce saptanan borun (Warrington, 1923; Ludbrook, 1942; Bowen and Gauch, 1965), bitki metabolizması ve gelişimi üzerindeki rolü konusunda çelişkili görüşler bulunmakta ve konu ile ilgili çalışmalar günümüzde de devam etmektedir (Blevins and Lukaszewski, 1998; Reid et al., 2004; Akçam Oluk ve Demiray, 2004). Bitkiler için temel oluşunun dışında optimum ve toksik seviyeleri arasındaki aralığın dar oluşu nedeniyle element, tarımsal açıdan ilginç ve önemli bir fenomen olarak değerlendirilmektedir (Blevins and Lukaszewski, 1994). Türler arasında olduğu gibi, aynı türün çeşitleri arasında bile bora duyarlılıkta farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların nedeninin de bitkilerin bor toksisitesinden fizyolojik olarak farklı düzeylerde etkilenişinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Paul et al., 1988). Bor toksisitesi bitkilerde, en az eksikliği kadar olumsuz etki yapmakta ve ülkemiz gibi bor açısından zengin topraklarda önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Gezgin vd., 2007). Dolayısıyla tarla ürünlerimiz için bu element yönünden toksisite sınırlarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada, Hoagland Reçetesi (1950, 0.046 mM bor) esas alınarak belirlenen fazla borun (0.1 mM) tarımsal açıdan önemli bir bitki olan soya fasulyesinin büyümesi ve gelişimi üzerine etkilerinin araştırılması planlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

1. Materyal ve Yetiştirilmesi

Bu çalışmada Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen *Glycine max* var. Umut 2002 tohumları kullanılmıştır. Tohumlar saf su ile doyurulmuş perlit içeren 2 lt'lik 30'ar saksıya her birine ikişer adet olacak şekilde ekilmiş ve cam seralara yerleştirilmiştir.

Birinci gurup 0.05 mM (Kontrol) ve ikinci gurup 0.1 mM bor içeren (+B) ½ kuvvet Hoagland çözeltilisi (1950) ile 15 günde bir, saf su ile münavebeli olacak şekilde sulanmıştır.

2. Bitkilerde Çimlenme Oranı ile Morfolojik Ölçümler

Bitkilerin çimlenme oranı, 6, 9, 12 ve 15. günlerde çimlenen tohumların sayılarak yüzde değerlerinin hesaplanması ile elde edilmiştir. Bitkilerde morfolojik ölçümler olarak kabul edilen kök-gövde boyu ile taze ve kuru ağırlık belirlenmesi 30 günlük bitkilerden hasat edilen örneklerle gerçekleştirilmiştir. Taze ağırlığı saptanan materyal 80°C lik etüvde 96 saat bekletildikten sonra saptanan ağırlık değerleri kuru ağırlık değeri olarak kullanılmıştır.

3. Bitkilerde Fizyolojik Ölçümler

3.1. Fotosentetik Pigment Analizi

30 günlük taze yaprak örneğinde fotosentetik pigment içeriği Withman et al., (1971)'a göre belirlenmiştir. Bu amaçla 0.1 g'lık materyal sıvı azot kullanılarak havanda öğütülmüş ve 10 ml (%80 lik) asetonla ekstre edilmiştir. Ekstrakt çift katlı filtre kağıdından süzülerek deney tüplerine alınmış ve süzüntü yine %80 lik asetonla 10 ml ye tamamlanmıştır. Bu ekstraktın Varian marka Carry 50 model spektrofotometrede klorofil a için 663, klorofil b için 645 nm de olacak şekilde absorbans değerleri okunmuştur. Bu değerler aşağıda verilen denklemlerde yerine konarak madde miktarı mg/g taze ağırlık cinsinden bulunmuştur:

$$\text{mg klorofil a / g doku} = [12.7 (D_{663}) - 2.69 (D_{645})]. (V/1000. \text{Ağırlık})$$

$$\text{mg klorofil b / g doku} = [22.9 (D_{645}) - 4.68 (D_{663})]. (V/1000. \text{Ağırlık})$$

$$\text{mg toplam klorofil / g doku} = [20.2 (D_{645}) + 8.02 (D_{663})]. (V/1000. \text{Ağırlık})$$

Bu eşitlikte D, absorbans değerini; V, %80'lik asetonun son hacmini; ağırlık, kullanılan bitkisel dokunun yaş ağırlığını göstermektedir.

3.2. Bitkisel Hormon Analizi

30 günlük fidelerden alınan yaprakların IAA ve ABA içeriği Yürekli vd. (1974)'ne göre belirlenmiştir. Bu amaçla, 1g örnek önce sıvı azot kullanılarak havanda öğütülmüş, daha sonra bu toz halin-

deki örnek soğuk (+4°C) metanol kullanılarak homojenize edilmiştir.

Elde edilen homojenat havandan yıkanarak behere aktarılmış ve içerisine 1-2 adet butil hidroksi toluen (BHT) (2,6-di-tert-butyl-4-methylphenol = $\text{MeC}_6\text{H}_2(\text{CMe}_3)_2\text{OH}$) kristali ve 1-2 ml saf su ilave edilerek bir gece +4 °C'de bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda ekstrakt Wattman No:1 filtre kağıdından süzülerek uçurma balonuna aktarılmış, ekstrakttaki metanol rotary evaporatörde uçurma işlemi yapılarak uzaklaştırılmıştır. Balonun çeperine yapışan kalıntı toplam 50 ml saf su ile 4-6 kez yıkamak suretiyle ayırma hunisine alınıp elde edilen su fazının pH'ı 0.1 N HCl ile 3'e ayarlanıp etil asetat ile 4-6 kez partisyona uğratılmıştır. Su fazının uzaklaştırılmasıyla elde edilen etil asetat fazı uçurma balonuna alınıp rotary evaporatörde etil asetatı uçurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Etil asetat örnekten uzaklaştırıldıktan sonra balonun çeperindeki kalıntı 1ml metanol ile yıkanmak suretiyle alınmış ve ince tabaka kromatografisinde (İTK) kullanılmıştır.

İTK için 20x20 cm cam plaklar üzerine 0,5mm kalınlığında silika jel dökülüp kuruduktan sonra bir gece 105°C lik etüvde aktive edilmiştir. Daha sonra hazırlanmış bu plaklar üzerine sırasıyla 1ml örnek, IAA ve ABA hormonlarının standartları Hamilton şırıngası ile uygulanmıştır. Yürütmeye hazır hale gelmiş olan plaklar, izopropil alkol: amonyak: saf su (80: 10: 10 v/v) karışımı (Kefford, 1955) içeren yürütme tankına yerleştirilerek mobil faz ~10cm yol alana kadar karanlıkta yürütülmüş, mobil fazın geldiği nokta işaretlenerek soğuk hava ile kurutulmuştur.

Bu işlem sona erdikten sonra plaklara 254 nm UV ışık altında bakılıp IAA ve ABA için standartların ulaştığı bölge (lekeler) işaretlenmiştir. Daha sonra örneğin yürüdüğü sütunda standartların değerlerine denk gelen bölge (leke) kazınarak deney tüplerine aktarılmış, üzerlerine 10 ml metanol eklenip hormonların metanole geçmesi amacıyla karanlıkta 1 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda metanol ekstraktından bir miktar alınarak Varian marka Carry 50 model spektrofotometrede IAA için 224, ABA için 263 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Değerler Yürekli vd. (1974) tarafından hazırlanmış kalibrasyon eğrisine göre $\mu\text{g/g}$ (ppm) taze ağırlık olarak tayin edilmiştir.

Ekstraksiyon sonunda ayrılan su fazı, örneğin sitokinin içeriğinin belirlenmesi amacıyla buğday yaprağı yaşlanması biyolojik tes-

tinin yapılmasında kullanılmıştır. Biyolojik test sonucunda örneklerin sitokinin içeriği $\mu\text{g/g}$ (ppm) olarak hesaplanmıştır.

3.3. Protein İçeriğinin Belirlenmesi

30 günlük fidelerden alınan 1 gram taze yaprak örneği 3 ml 0.05 M pH'ı 7.6 olan sodyum fosfat tamponu ile homojenize edilmiş ve çift katlı tül bent bezinden süzülerek ependorf tüplerine aktarılmıştır. Hazırlanan bu homojenat $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 13000g'de 15 dakika santrifüjlenip süpernatant Bradford (1976)'a göre protein miktarının belirlenmesi için kullanılmıştır (Bovine Serum Albumin (BSA) standartları 0.05 $\mu\text{g/ml}$, 0.1 $\mu\text{g/ml}$, 0.15 $\mu\text{g/ml}$ ve 0.2 $\mu\text{g/ml}$ olarak hazırlanmıştır). Daha sonra 100 mg Coomassie Brilliant Blue, 50 ml %95'lik etil alkolde çözülmüş, üzerine 100 ml %85'lik ortofosforik asit ilave edilerek saf su ile 600 ml'ye tamamlanmıştır. Bu karışım filtre kağıdından süzülüp süzüntüye %85'lik gliserol ilave edilerek saf su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır (indikatör çözelti). 0.3 ml süpernatantın üzerine, 0.5 ml indikatör çözelti ve 0.2 ml saf su ilave edilerek elde edilen karışım Jenwey 6015 UV/VS spektrofotometrede 595 nm dalga boyunda köre karşı absorpsiyon değerleri okunmuş, daha sonra BSA ile hazırlanan kalibrasyon eğrisine göre örneklerin toplam protein içeriği mg/g taze ağırlık olarak belirlenmiştir.

3. BULGULAR

Ortamdaki fazla bor miktarının *Glycine max* var. Umut 2002 çeşidinde, çimlenme oranına, 30. günde kök-gövde boyu ile taze-kuru ağırlığı, hormon içeriği (IAA, ABA ve sitokinin), fotosentetik pigment içeriği ve protein miktarı üzerine etkilerine yönelik bulgularımız şöyle ortaya çıkmıştır.

1. Çimlenme Oranı

Çimlenme her iki grupta da 6. günde çok yakın oranlarda ortaya çıkmış ve bu yakınlık son çimlenmenin kaydedildiği 15. güne dek korunmuştur (Tablo 1.1).

Tablo 1. B fazlalığının bitkinin tohum çimlenme oranına etkileri.

Bor (mM)	6. gün (%)	9. gün(%)	12. gün(%)	15. gün(%)
0,05	15± 0,12	71± 0,09	85± 0,16	93± 0,07
0,1	14,9± 0,16	73± 0,03	87± 0,11	93± 0,08

2. Gövde ve Kök Uzunluğu

Gövde boyunda, fazla bor uygulanan grupta kontrol grubuna oranla %47.06'lık bir artış, kök boyunda ise %12.82'lik bir azalış, ayrıca yanal köklerde de bir artış kaydedilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Bor fazlalığının 30. günde bitkinin kök ve gövde boyu üzerine etkileri.

Bor (mM)	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Klorofil a/b (mg/g)
0,05	0,2± 0,005	0,2± 0,05	1± 0,033
0,1	0,2± 0,001	0,2± 0,003	1,2± 0,028

3. Gövde ve Kök Taze ve Kuru Ağırlığı

Fazla bor uygulaması yapılmış bitkiler kontrol ile kıyaslandığında kök taze ağırlığında % 2.4'lik, kuru ağırlığında % 7.1'lik bir artış gözlenirken, gövde taze ağırlığında % 3.2'lik, kuru ağırlıkta ise % 0.7'lik bir artış kaydedilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Bor fazlalığının 30. günde bitkinin taze ve kuru ağırlığı üzerine etkileri.

Bor (mM)	Kök T.A. (g)	Kök K.A. (g)	Gövde T.A.(g).	Gövde K.A.(g)
0,05	10,9± 0,04	1,5± 0,07	11,5± 0,06	2,5± 0,01
0,1	11,2± 0,01	1,6± 0,03	11,8± 0,07	2,6± 0,03

4. Fotosentetik Pigment İçeriği

Yapılan analiz sonuçlarına göre, fazla bor uygulamasının Kl a miktarında, kontrole göre bir farklılık yaratmadığı; Kl b miktarında, % 17.86'lık bir azalmaya sebep olduğu saptanmış; Kl a/b oranında ise, fazla bor uygulamasına maruz kalanlarda % 22'lik bir artış kaydedilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. B fazlalığının yaprak fotosentetik pigment içeriği üzerine etkileri.

Bor (mM)	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Klorofil a/b (mg/g)
0,05	0,2± 0,005	0,2± 0,05	1± 0,033
0,1	0,2± 0,001	0,2± 0,003	1,2± 0,028

5. Hormon ve Protein Miktarı

Örneklerimizin kantitatif hormon içeriğine ilişkin bulgulardan fazla bora maruz bırakılmış bitkilerin IAA içeriğinde % 40.52'lik, sitokinin içeriğinde % 22.87'lik bir artış olduğu; ABA içeriğinde ise kontrole göre bir değişiklik olmadığı kaydedilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. B fazlalığının yaprak IAA, ABA, sitokinin hormonları ve protein içeriği üzerine etkileri.

Bor (mM)	IAA (µg/g)	ABA (µg/g)	Sitokinin (µg/g)	Protein miktarı (mg/ml)
0,05	41,1± 0,09	8,6± 0,04	17,4± 0,07	4,9± 0,0027
0,1	57,7± 0,02	8,6± 0,07	21,3± 0,04	4,4± 0,0042

Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, kontrol grubuna göre fazla bor uygulamasının protein içeriğinde % 25.09'luk bir azalmaya neden olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 6.1. Bor fazlalığının 30. günde yaprakların protein miktarına etkisi.

B (mM)	Protein miktarı (mg/ml)
0,05	4.91± 0.0027
0,1	4.40± 0.0042

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bor fazlalığının soya fasulyesi (*Glycine max* Merrill var. Umut 2002) bitkisine olan etkileri çimlenme oranı, kök-gövde boyu, kök-gövde taze-kuru ağırlık gibi morfolojik; fotosentetik verim (Klorofil a/b), hormon ve protein içeriği gibi fizyolojik göstergeler esas alınarak araştırılmıştır.

İlk çimlenme her iki grupta da 6. günde gözlenirken (%15), son çimlenmenin kaydedildiği 15. gündeki çimlenme oranı da kontrole aynı seviyede ortaya çıkmıştır (%93).

Bu durumda, kontrol olarak kullanılan Hoagland çözeltisinin iki katı B fazlalığının (0.1 mM) soya fasulyesi tohumlarının çimlenmesi üzerinde olumsuz etkisinin olmadığı söylenebilir. Bu sonuç, girişte de vurguladığımız dikotillerin (Loomis and Durst, 1992), Legümenlerin ve özelde de soyanın (Schon and Blevins, 1987) nispeten yüksek bor isteği olgusuyla örtüşmektedir. Ayrıca yine bu sonuç

Akçam Oluk ve Demiray (2004) ile Akçam Oluk vd. (2006)'nın yine bora tolerant bir dikotil olduğu ileri sürülen (Nable et al., 1997) ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ile elde ettikleri *in vitro* ve Gülümser vd. (2005)'nin fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ile elde ettikleri tarla koşulları çimlendirme sonuçları ile de uyum içindedir. Lima (1998) da yine bir Legümen olan bezelye (*Pisum sativum* L.) ile yaptığı çalışmada çimlenme üzerine borun toksik seviyeye (8 mg/L ve üstü) ulaşmaya kadar, çok önemli etkisinin olmadığını vurgulamıştır.

Çalışmamızda yapılan diğer ölçümlerde, bor fazlalığında yetişen 30 günlük fidelerin gövde boyunda nispi bir artış kaydedilmiştir. Bu sonuç Singh et al., (2005)'nin papaya (*Carica papaya* L.) bitkisi ile yaptıkları çalışmalarında bitkiye yapraktan bor uygulamasının bitki büyümesini artırdığını belirttikleri raporlarıyla uygunluk göstermektedir. Kök boyunda ise azalma gözlenmiştir. Ghanati et al., (2004), yakın dönemde soya fasulyesinin farklı bir genotipiyle yaptıkları çalışmalarında, bizim sonuçlarımızla benzer şekilde, bor fazlalığının (5 mM) kök büyümesini engellediğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, kök gelişimindeki bu olumsuz etkinin, normalde soya bitkisinde bulunmayan hipodermis tabakasının ortamdaki fazla borla ortaya çıkışı ve kortikal hücrelerin çeperindeki süberin artışıyla ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Öte yandan, bitkilerimizin oksin (IAA) içeriği de bu durumu açıklamamıza yardımcı olabilir gibi görünmektedir. Yapılan analizlerde oksin (IAA) miktarı, bor fazlalığında yetişen bitkilerde (57.77 µg/g TA) kontrole göre (41.11µg/g TA) yüksek bulunmuştur. Wang et al., (2006) bezelye bitkisiyle gerçekleştirdikleri çalışmalarında sürgün ucuna fazladan bor uygulamasının (10 µM), IAA'nın polar taşınımını teşvik ettiğini göstermişlerdir??. Bizim çalışmamızda da olasılıkla fazla borun, sürgün ucunda IAA oksidazı inhibe ederek (Blevins and Lukaszewski, 1994) birikimine sebep olduğu IAA (57.77 µg/g TA) köklere taşındığında onların büyümelerini engellemiş, gövde uzamasını ve yanal kök oluşumunu arttırmış olabilir. Olayın mekanizması konusunda henüz bir netlik olmamakla birlikte, bazı araştırmacılar, borun IAA taşınımı üzerine bu doğrudan ve özgün etkisinin hücre zarındaki IAA alım- salınım taşıma sistemiyle (Palme and Gälweiler, 1999; Geldner et al., 2001) veya polar IAA akışının korunmasında temel rolleri olan NADH-oksidad veya H⁺-ATP-azlarla etkileşme yoluyla (Rubery and Sheldrake, 1974) olduğu şeklinde açıklamaktadır.

Wang et al., (2006), sürgün ucuna ilave bor uygulamasının bitkide IAA'nın yanı sıra sitokinin miktarını da arttırdığını bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da sitokinin miktarının kontrole göre % 22.87'lik bir artış gösterdiği görülmektedir. Bilindiği gibi sitokininler klorofil yıkımını engelleyici etkiye sahiptir (Mothes, 1961). Nitekim bizim sonuçlarımızda da klorofil miktarı kontrole aynı seviyede kalmış, hatta fotosentetik verimlilik nispeten yüksek (% 22) bulunmuştur.

Bor fazlalığına maruz kalmış bitkilerde gözlenen gövde boyundaki artışa karşılık, taze ve kuru ağırlığın hemen hemen değişmeden kalması, fazla borun gövdedeki birikiminin (Eraslan vd., 2007) toksik etkisiyle ilişkilendirilebilir. Kök uzunluğundaki kısalmaya karşılık kök taze ve kuru ağırlığındaki nispi artışın ise, Akçam Oluk ve Demiray (2004) ile Akçam Oluk vd. (2006)'nın ayçiçeğiyle yaptıkları çalışmalarında belirttikleri gibi, yanal köklerdeki artışla ilişkili olduğu söylenebilir

ABA miktarında artış kaydedilmemesi ise bitkinin bu miktardaki boru, 30 günlük yetiştirme süresi sonunda, stres olarak algılamadığı şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca Mashayekhi and Neumann (2006) çalışmalarında ortamdaki artan bor miktarının içsel ABA miktarında azalmaya neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Araştırma sonuçlarına göre, bor fazlalığında kontrole kıyasla toplam protein miktarında azalma meydana gelmiştir. Bor ve bitki protein içeriği ile ilgili olarak literatürde de benzer bulgulara rastlanmaktadır. Bishnoi et al., (2005) Hint bezelyesinde (*Cajanus cajan*), bor fazlalığının bazı proteinleri ortadan kaldırarak protein içeriğini azalttığını ortaya koymuşlardır. Bu durum borun azot metabolizmasında rol oynadığını düşündürmektedir. Başka bir araştırmacı grubuna (Ruiz et al., 1998) göre ise, borun eksiklik veya fazlalığında nitrat redüktaz etkinliği düşmekte, NO₃⁻'in NO₂⁻'ye dönüşümü ve onun da NH₄⁺ aracılığıyla organik bileşiklere bağlanması (özellikle *de novo* protein sentezi) azalmaktadır.

5. ÖNERİLER

Bitkinin ilk 30 günlük gelişim sürecindeki parametrelere bakıldığında çimlenmenin, fotosentetik verimin, gövde boyunun dene-

melerimizde kullanılan bor fazlalığından olumsuz etkilenmediği görülmektedir. Ancak fazla borun bitkide oksin birikimine sebep olduğu saptanmış ve oksin birikimindeki bu fazlalığın kök uzamasını engelleyebildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bor fazlalığı durumunda protein sentezinin azaltılmasının da gelişmenin ileri evrelerinde tohum verimini olumsuz etkileyebileceği düşünülebilir. Ancak, bu konu gelecekte yürütülecek kapsamlı araştırmalarla, kökte IAA, gövdede bor ve tohumlarda protein içeriği belirlenerek ortaya konulmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Akçam Oluk, E. ve Demiray, H. (2004). Bor Elementinin Sambro No:3 Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşidinin Büyümesi Üzerine Etkileri, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 41(1):181-190.
- Akçam Oluk, E., Demiray, H. ve Yardım, D. (2006). Bor Fazlalığının Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.cv.Sambro No.5) Bitkisinin İn Vitro Koşullarda Kök Gelişimi ve Anatomisi Üzerine Etkileri, *Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Derg.*, 43(2): 145-152.
- Bishnoi, S. K., Kumar, B., Rani, C., Datta, K. S., Kumari, P., Sheoran, S. and Angrish, R. (2005). Changes in Protein Profile of Pigeonpea Genotypes in Response to NaCl and Boron Stres, *Biologia Plantarum*, 50(1):135-137.
- Blevins, D. G. and Lukaszewski, K.M. (1994). Proposed Physiologic Functions of Boron in Plants Pertinent to Animal and Human Metabolism, *Environ Health Perspect*, 102 (Suppl 7):31-33.
- Blevins, D.G. and Lukaszewski, K.M. (1998). Boron in Plant Structure and Function, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, vol.49:481-500.
- Bowen, J. E. and Gauch, H.G. (1965). Essentiality of Boron for *Dryopteris dentata* and *Selaginella apoda*, *American Fern Journal*, 55:67-73.
- Bradford, M. (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein Dye Binding, *Analytical Biochemistry*, 72:248-254.
- Eraslan, F., İnal A., Güneş A. ve Alpaslan M. (2007). Boron Toxicity Alters Nitrate Reductase Activity, Proline Accumulation, Membrane Permeability and Mineral Constituents of Tomato and Pepper Plants, *J Plant Nutr*, 30:981-994.

- Geldner, N., Friml, J., Stierhof, Y.D., Jürgens, G. and Palme, K. (2001). Auxin Transport Inhibitors Block PIN1 Cycling and Vesicle Trafficking, *Nature*, 413:425-428.
- Gezgin, S., Hamurcu M., Dursun N. ve Gökmen F. (2007). Değişik Bor Dozları ve Uygulama Şekillerinin Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Şeker Pancarının Yaprak Bor İçeriği, Verim ve Kalite Üzerine Etkisi, *Selçuk Üniv Zir Fak Derg*, 21(42):25-35.
- Ghanati, F., Morita, A. and Yokota, H. (2004). Deposition of Suberin in Roots of Soybean Induced by Excess Boron, *Plant Science*, 168:2, 397-405.
- Gülümser, A., Odabaş, M.S. ve Özturan, Y. (2005). Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Yapraktan ve Toprakta Uygulanan Farklı Bor Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi, *Akdeniz Üniv Zir Fak Derg*, 18(2), 163-168.
- Hoagland, D. R. and Arnon, D.J. (1950). The Water Culture Method of Growing Plants Without Soil, California Agricultural Experiment Station, Circular No:347.
- Kefford, N. P. (1955). The Growth Substances Separated from Plant Extracts by Chromatography. I and II, *J Exp Bot*, 6:129-151, 245-255.
- Lima, M. D. R. (1998). Seed Germination of Pea (*Pisum sativum* L.) under Different Concentration Boron Levels, *IRRIGA*, 3:1, 47-54
- Loomis, W.D. and Durst, R.W. (1992). Chemistry and Biology of Boron, *BioFactors*, 3:229-239.
- Ludbrook, W. V. (1942). Effects of Various Concentrations of Boron on the Growth of Pine Seedlings, *J Australian Inst Agric Sci*, 8:112-114.
- Mashayekhi, K. and Neumann, K.H. (2006). Effects of Boron on Somatic Embryogenesis of *Daucus carota*, *Plant Cell Tiss Org Cult*, 84:279-283.
- Mothes, K. (1961). The Metabolism of Urea and Ureides, *Can J Bot* 39:1785-1807.
- Nable, R.O., Banuelos, S.G. and Paull, G.J. (1997). Boron Toxicity, *Plant and Soil*, 193:181-198.
- Palme, K., Gälweiler, L. (1999). PIN-Pointing the Molecular Basis of Auxin Transport, *Curr Opin Plant Biol*, 2:375-381.
- Paull, G. J., Cartwright, B. and Rathjen, A.J. (1988). Responses of Wheat and Barley Genotypes Toxic Concentrations of Soil Boron, *Euphytica*, 39: 137-144.
- Reid R.J., Hayes J.E., Post A., Stangoulis J.C.R. and Graham R.D. (2004). A Critical Analysis of the Causes of Boron Toxicity in Plants, *Plant Cell and Environment*, 27: 1405-1414.

- Rubery, P.H., Sheldrake A.R. (1974). Carrier Mediated Auxin Transport, *Planta*, 118:101-121.
- Ruiz, J.M., Bretones, G., Baghour, M., Ragala, L., Belakbir, A. and Romero, L. (1998). Relationship Between Boron and Phenolic Metabolism in Tobacco Leaves, *Phytochemistry*, 48:269-272.
- Schon, M.K. and Blevins, D.G. (1987). Boron Stem Infusions Stimulate Soybean Yield By Increasing Pods on Lateral Branches, *Plant Physiol.*, 969-971.
- Singh, D. K., Paul, P. K. and Ghosh, S. K. (2005). Response of Papaya to Foliar Application of Boron, Zinc and Their Combinations, *Research on Crops*, vol:6, No:2, 227-280.
- Yürekli, K., Güven, A. ve Görk G., 1974, Spektrofotometre ile Hormonların Kantitatif Tayinleri Üzerine Bir Çalışma, *Bitki*, 1:60-68.
- Wang, G., Römheld,V.,Li, C. and Bangerth H. (2006). Involment of Auxin and CKs in Boron Deficiency Induced Changes in Apikal Dominance of Pea Plants, *Journal of Plant Physiology*, 163: 595-600.
- Warrington, K. (1923). The Effects of Boric Acid and Borax on The Broad Bean and Certain Other Plants, *Ann. Bot.*, 37: 629-672.
- Withman, F.H., Blaydes D.F. and Devlin, R.M. (1971). Experiments in Plant Physiology. VanNostrand Reinhold Com. New York, 55-56 p.

* * * *