



## Ayçiçeğinde Tuz Zararı Üzerine Bor Uygulamalarının Etkisinin Belirlenmesi<sup>#</sup>

Ayfer Torun<sup>1\*</sup>, Ebru Dumuş<sup>1</sup>, Halil Erdem<sup>2</sup>, İnci Tolay<sup>3</sup>, Şahin Cenkseven<sup>1</sup>,  
Kemal Yalçın Gülüt<sup>1</sup>, Bülent Torun<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330 Adana, Türkiye

<sup>2</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 60240 Tokat, Türkiye

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 07070 Antalya, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

<sup>#</sup>Bu çalışma "XVIII International Plant Nutrition Colloquium" isimli kongrede poster olarak sunulmuştur.

#### Araştırma Makalesi

Geliş 04 Temmuz 2018  
Kabul 11 Ekim 2018

#### Anahtar Kelimeler:

Bor  
Tuzluluk  
Ayçiçeği  
Kuru madde verimi  
Bor alımı

#### \*Sorumlu Yazar:

E-mail: atorun@cu.edu.tr

### ÖZ

Tuzluluk, bitki yetiştiriciliğini kısıtlayan, dünyada ve Türkiye'de özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde görülen, bitkisel verimi sınırlandıran ve geniş alanların tarım dışı kalmasına neden olan ciddi bir tarımsal problemdir. Dünyanın farklı bölgelerinde bitki yetiştiriciliğinde ortaya çıkan bor (B) noksanlığı ülkemizde de önemli bir beslenme problemidir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, B noksanlığı altında tuz stresinin yol açtığı zararın arttığı bildirilmiştir. Türkiye'nin en önemli yemeklik yağ bitkilerinden biri olan ayçiçeğinin B noksanlığına en duyarlı bitkilerden biri olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada ayçiçeğinde tuz zararının etkisinin azaltılması üzerine B uygulamasının etkisinin belirlenmesi amacıyla su kültüründe tuzlu ve tuzsuz koşullarda artan oranlarda B uygulaması altında iki ayçiçeği genotipi denenmiştir. Denemede bitkilerin kök ve yeşil aksam kuru madde verimi, B konsantrasyonu ve K/Na ve Ca/Na oranları belirlenmiştir. Denemeden elde edilen sonuçlara göre, kontrol uygulamasına göre tuz ilavesinin yeşil aksam kuru madde verimini azalttığı, buna karşılık B uygulamalarının ise kontrol uygulamasına göre kuru madde verimini yükseltmiştir. Bitkinin tuz zararını gidermede B'un belirgin bir rolünün olmadığı ve tuzlu koşullarda bitkinin B alım düzeyinin arttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara ilave olarak B noksanlığına ve tuz toksisitesine karşı dayanıklılıkta ayçiçeği genotipleri arasında farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(12): 1781-1788, 2018

## Determination of the Effect of Boron Applications on Salt Damage in Sunflower

### ARTICLE INFO

#### Research Article

Received 04 July 2018  
Accepted 11 October 2018

#### Keywords:

Boron  
Salinity  
Sunflower  
Dry matter yield  
Boron uptake

#### \*Corresponding Author:

E-mail: atorun@cu.edu.tr

### ABSTRACT

Salinity is a serious agricultural problem restricting the cultivation of plants in the world and in Turkey, especially seen in arid and semi-arid regions, which limits crop yields and causing large areas remain non-agriculture. Boron (B) deficiency which arises in crop production in different parts of the world has also been shown to be an important nutritional problem in our country. It has been reported in studies carried out in recent years that damage caused by salt stress increased under B deficiency. Sunflower which is one of the Turkey's most important edible oil crops is known to be one of the most sensitive plants to B deficiency. In this study, two sunflower genotypes were tested in order to determine the effect of application B on reducing the effect of salt damage on sunflower under B application in saline and salt-free conditions in hydroponic culture. Dry matter yield of root and shoot of the plants, B concentration and K/Na and Ca/Na ratios were determined in the experiment. According to the results obtained from the experiment, it was seen that the salt addition decreased the dry matter yield of the control, whereas the B applications increased the yield compared to the control application. It has been understood that there is no significant role of B in alleviating of the salt damage and determined that B uptake level of the plant is increased in saline conditions. In addition to these results, differences in sunflower genotypes were observed in resistance to B deficiency and salt toxicity.

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i12.1781-1788.2096>

## Giriş

Tuzluluk dünyanın birçok bölgesindeki tarım alanlarını neredeyse 3.000 yıldan bu yana tehdit etmekte ve bu tehdit günümüzde de etkisini artırmaya devam etmektedir. Dünya nüfusu artarken insanların besin ve beslenme ihtiyaçları da artış göstermektedir. Bu ihtiyacın karşılanabilmesi ancak dünya genelinde yeni işlenebilir tarım alanlarının açılması ve bununla birlikte birim alandan alınan ürün miktarının artırılmasıyla mümkündür. Bu durum çiftçileri tuzluluk oluşumu gösteren alanlarda yani marjinal alanlarda tarım yapmaya zorlamaktadır. Bunun yanında kurak ve yarı kurak tarım alanlarında yapılan sulama, bu tür alanların tuzluluk açısından durumunun kötüye gitmesine sebep olmaktadır (Pitman ve Lauchli, 2002). Dünyada tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve besin ihtiyacının katlanarak arttığı dikkate alınır en azından mevcut arazilerin daha verimli kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden tuzlu toprakların ıslahı ve ekonomik bir şekilde değerlendirilmesi son derece önemlidir (Woods, 1996). Toprak çözeltisinde kalsiyum klorür, magnezyum klorür, sodyum klorür (NaCl), magnezyum sülfat, sodyum bikarbonat, sodyum sülfat ve kalsiyum sülfat gibi birçok tuz formu bulunmaktadır (Marschner, 2011). Ancak bitkisel üretimde en fazla verim kaybına neden olan tuz formu NaCl'dür. Toprakta NaCl tuzluluğu sonucunda bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli derecede gerilemeler görülürken, NaCl kompleksleri bitki içerisine alındığında bitkinin fizyoloji ve metabolizmasında önemli değişikliklere sebep olmaktadır (Hilal ve ark., 1998). Tuz zararlı bitkilerde farklı belirtilerle kendini gösterebilmektedir. Tuzluluk, bitkinin morfolojisi ve anatomisini de kapsayan tüm metabolizmasını etkileyen bir faktördür (Levitt, 1980). Toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonu arttığında ve su potansiyeli azaldığında, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyeli düşer ve bitki hücrelerinin bölünmesi ya da uzaması birden yavaşlar. Bu stres koşulları altında genellikle stomalar kapanır ve sonuç olarak fotosentez azalır. Stres koşullarının devam etmesi durumunda bitki büyümesi tamamen durarak bitkilerde ölümler meydana gelir (Ashraf, 1994).

Bor, sahip olduğu çok yönlü morfolojik ve fizyolojik fonksiyonlarıyla kültür bitkilerinin büyüme ve gelişmesi için mutlak gerekli olan bir mineral besin elementidir (Çakmak ve Römhald, 1997; Goldbach ve Wimmer, 2007; Ceylan ve ark., 2016).

Bitkisel üretimde B noksanlığının giderek artan bir yaygınlıkta ortaya çıktığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Gupta, 1993; Shorrocks, 1997; Brown ve Shelp, 1997). Son 60 yılda, 132 bitki türünde ve 80'inin üzerindeki ülkede B ile yapılan çalışmada, B noksanlığına sahip topraklara yapılan B gübrelemesiyle bitki büyümesinde ve veriminde önemli iyileştirmeler sağlandığı bildirilmiştir (Shorrocks, 1997; Brown ve ark., 2002). Dünyada yıllık 15 milyon hektar alanda B uygulamasının yapıldığı tahmin edilmektedir (Shorrocks, 1997). Dünyanın farklı bölgelerinde bitki yetiştiriciliğinde, ortaya çıkan B noksanlığının (Sillanpaa, 1990) ülkemizde de önemli bir beslenme problemi olduğu bildirilmiştir (Çakmak, 2016). Literatürlerde B noksanlığının çevre, toprak ve bitki faktörlerine bağlı olarak ortaya çıkabildiği bilgisine yer verilmiştir (Shorrocks, 1997; Güneş ve ark., 2016).

Çift çenekli bitki türlerinin diğer türlere göre B ihtiyacının daha fazla olduğu (Lewis, 1980) ve çift çenekli bitkilerin dokusundaki B gereksiniminin vejetatif ve generatif büyüme dönemlerinde tek çeneklilere göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (Gupta, 1993; Asad ve ark., 2002). Bitki türleri arasında B noksanlığına karşı farklı duyarlılıkların olduğunu gösterir birçok çalışma olduğu (Shorrocks, 1997) ve bu türler içinde ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) B noksanlığına duyarlılığı yüksek bitki türlerinden biri olduğu (Çakmak ve ark. 1995; Çakmak ve Öztürk, 2002; Görmüş ve Barutçular, 2016) ve aynı zamanda yüksek B uygulamasına da çok dayanıklı olduğu (Blamey ve ark., 1997) bildirilmiştir. Souza ve ark. (1997) tarafından yapılan çalışmada B uygulamasının ayçiçeğinde kuru madde verimini arttırdığı, bitkinin uç kısımlarındaki B konsantrasyonunun 114 mg kg<sup>-1</sup> olduğunda maksimum kuru madde verimine ulaşıldığı bulunmuştur. Ayçiçeğinde B uygulamalarına bağlı olarak B noksanlığı semptomlarının generatif aşamada da çok şiddetlendiği gözlenmiştir (Asad ve ark. 2002). Ayrıca, ayçiçeği köklerinin B noksanlığına karşı aşırı bir duyarlılık gösterdiği (Ceylan ve ark., 2016) ve yapılan bir çalışmada büyüme ortamındaki B'un uzaklaştırılmasından 6 saat sonra kök büyümesinin durduğu saptanmıştır (Dugger, 1983).

Bor noksanlığı altında, fenol metabolizmasındaki bozulmalar ile fenolik bileşiklerin ve polifenolik oksidaz aktivitesindeki artışın, özellikle ayçiçeği gibi B noksanlığına duyarlı bitki türlerinde B noksanlığının tipik bir fizyolojik göstergesi olarak kabul edilmektedir (Çakmak ve Römhald, 1997). Bor noksanlığı koşullarında ortaya çıkan semptomların bitki türüne ve bitkinin büyüme dönemine bağlı olarak görülmesinin yanında, çevresel faktörlerle de ilişkili olduğu bildirilmiştir. Örneğin, Çakmak ve ark. (1995), iklim odalarında düşük ışık intensitesine göre yüksek ışık intensitesi (580 µmol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) altında yetiştirilen ayçiçeği bitkisinde B noksanlığı semptomlarının daha hızlı bir şekilde ortaya çıktığını bulmuşlardır. Bu sonuç, bitkilerin B noksanlığı koşulları altında yüksek ışığa duyarlılığının arttığını göstermektedir. Ayrıca ışık intensitesinin artışıyla birlikte yaprak uçlarında nekroz ve yapraklarda kahverengileşmenin hızlandığı da gözlenmiştir.

Türkiye'de B noksanlığının önemli olduğu ve özellikle güneşli gün sayısının ve süresinin fazla olduğu bölgelerde bitkilerde B noksanlığının görülme olasılığının yüksek olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca bunlara ilave olarak, B alımının ve bitkide taşınımının genelde transpirasyona bağlı olduğu (Marschner, 2011) dikkate alınır, mevsime bağlı olarak havadaki bağıl nemin yüksek olabileceği yetiştirme koşullarında, bitkilerde B noksanlığından kaynaklanan beslenme problemlerinin görülebileceği olasılığı yüksektir. Bu nedenle B'la beslenme düzeyinin tuz zararı üzerindeki etkisinin belirlenmesi önemlidir.

Türkiye'nin yağ bitkileri üretiminde en büyük payı alan yemeklik yağ bitkilerinin başında gelen (Kaya, 2013) ve düşük B'a en duyarlı bitkilerden olan ayçiçeğinde, tuzluluğun zararlı etkisinin artan B uygulamalarına bağlı olarak nasıl bir seyir izlediğine dair bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu nedenle bu çalışmada su kültürü koşullarında iki ayçiçeği genotipi ile tuzlu ve tuzsuz

koşullarda artan oranlarda B uygulamasının etkisinin belirlenmesi amacıyla bir deneme yürütülmüştür. Denemede bitkilerin kök ve yeşil aksam kuru madde verimi ve B konsantrasyonu ile K/Na ve Ca/Na oranları belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde kontrollü bitki yetiştirme odalarında yürütülen denemede, bitki materyali olarak Imeria ve Sycadix ayçiçeği genotipleri kullanılmıştır. Bitkiler, gündüzleri sıcaklık 24°C'ye, geceleri 20°C'ye ve hava nemi %70'e ayarlı bitki yetiştirme odalarında büyütülmüştür. Ayrıca odalarda bitkilere gelen ışık 420  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  şiddetinde ve gece dönemi 8 saat (24:00-08:00), gündüz dönemi ise 16 saat (08:00-24:00) olacak şekilde düzenlenmiş ve iklim odalarında bitkiler içeriği aşağıda verilen Hoagland besin çözeltisi içerisinde yetiştirmiştir. Su kültürü koşullarında yürütülen denemede bitkilere tuzlu (NaCl 50 mM) ve tuzsuz (NaCl 0 mM) koşullarda artan dozlarda B (0,00- 0,05- 1,00 ve 2,00  $\mu\text{M}$ ) uygulanmıştır. Denemede tuz NaCl, bor ise  $\text{H}_3\text{BO}_3$  formlarında kullanılmıştır.

### Tohumların Çimlendirilmesi ve Su Kültürüne Transferi

Tohumlar, içerisinde perlit bulunan çimlenme kutularına ekilmiş ve 4-5 gün içerisinde transfer büyüklüğüne ulaşan bitkiler, içerisinde ayçiçeği bitkisi için hazırlanmış besin çözeltisi (2,0 mM  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; 0,7 mM  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; 0,1 mM  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ; 0,1 mM KCl; 0,5 mM  $\text{MgSO}_4$ ; 1  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 0,5  $\mu\text{M}$   $\text{MnSO}_4$ ; 100  $\mu\text{M}$  Fe-EDTA; 0,2  $\mu\text{M}$   $\text{CuSO}_4$ ; 0,01  $\mu\text{M}$   $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ) bulunan saksılara her saksıda 6 bitki olacak şekilde transfer edilmiştir. Bitkiler 4 gerçek yapraklı aşamaya gelinceye kadar düşük düzeyde (1/2) besin çözeltisi ile yetiştirilmiş ve bu aşamadan sonra uygulama dozu iki katına çıkarılmıştır. Saksılardaki besin çözeltileri 3 günde bir değiştirilmiştir.

### Bitkilerin Hasadı, Analize Hazırlanması ve Analiz

Deneme süresince bitkiler 3 farklı zamanda hasat edilmiştir. Bor noksanlığı ve tuz zararı belirtileri hafif görülmeye başladığında ve bitkiler 16 günlükken I. hasat, noksanlık belirtileri belirginleştiğinde (23 günlük) II. hasat ve noksanlık belirtileri iyice şiddetlendiğinde (30 günlük) III. hasat yapılmıştır. Saksı yüzeyinin 2 cm üzerinden porselen makas kullanılarak hasat edilen bitki materyalleri saf su ile yıkanarak 48 saat boyunca 70°C'ye ayarlanmış etüvde kurutulup, kuru ağırlıkları alınmıştır. Kuru ağırlıkları alınan örnekler daha sonra agat değirmeninde öğütülmüş ve analize hazır hale getirilen bitki örneklerinden 0,2 g alınıp yaş yakma metoduna göre Milestone marka mikrodalga fırınında 2 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$ - 5 ml  $\text{HNO}_3$  asit karışımında 45 dk süreyle yakılıp, mavi bantlı filtre kağıdında süzümüştür. Süzülen örneklerin son hacmi saf su ile 20 ml'ye tamamlanmış ve elde edilen süzükte B ve diğer element ölçümü ICP-OES cihazında yapılmıştır (Kaçar ve İnal, 2008).

Araştırma sonucunda elde edilen verilere JMP istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi

(ANOVA) uygulanmıştır. Sonuçlara ait ortalamalar en küçük anlamlı fark testi (LSD) ile %5 önem seviyesinde karşılaştırılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Denemede, tuz uygulanmış (50 mM) ve tuz uygulanmamış (0 mM) koşullarda artan oranlarda B uygulaması (0,00- 0,05- 1,00 ve 2,00  $\mu\text{M}$ ) altında yetiştirilen bitkinin yeşil aksam kuru madde verimi, yeşil aksam B konsantrasyonu ile kök ve yeşil aksam K/Na ve Ca/Na oranları açısından değerlendirilmiştir.

### B Uygulamalarının Yeşil Aksam Kuru Madde Verimine Etkisi

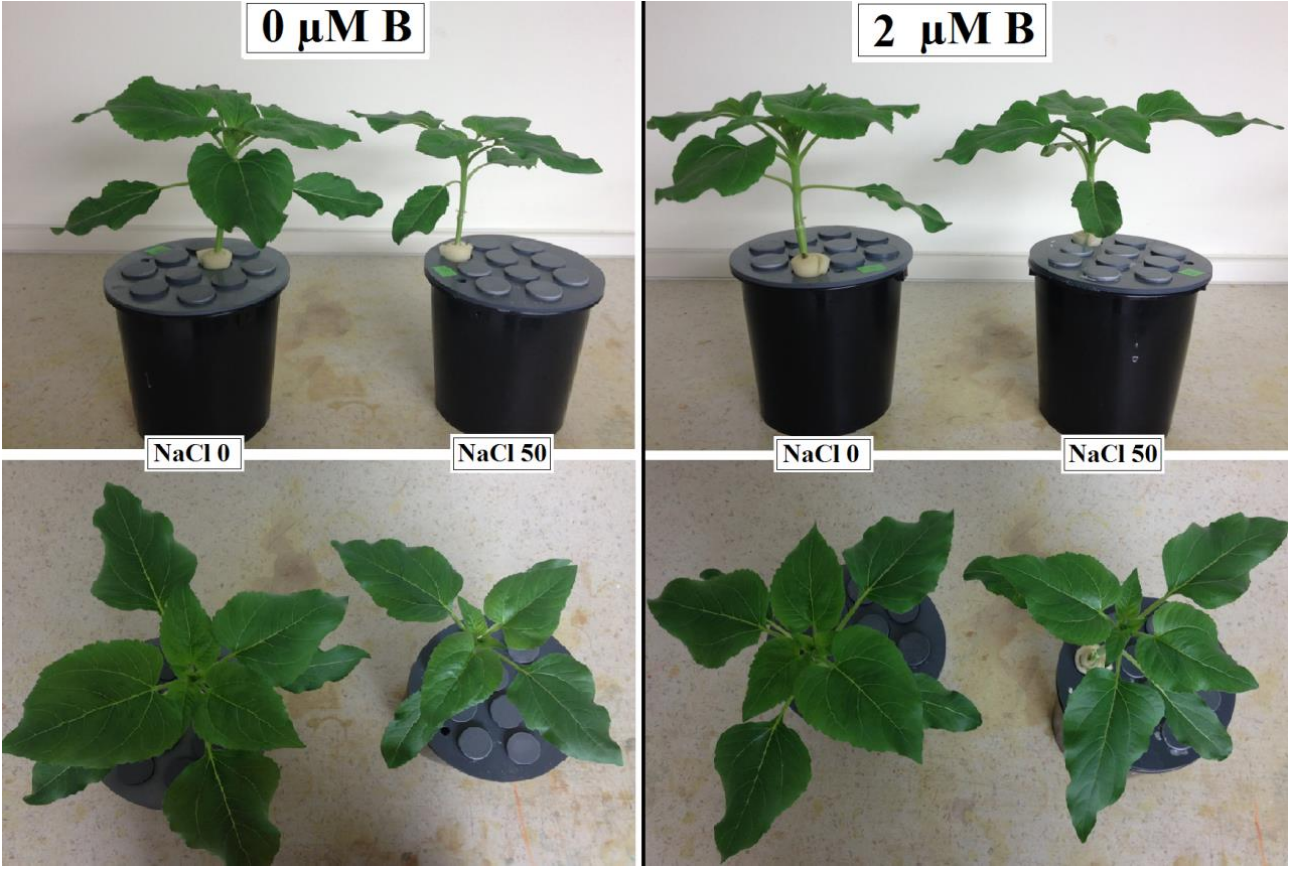
Ayçiçeğinde B noksanlığı belirtileri genç yaprakların kenarlarında bronz rengi ve sertleşme, aynı yaprakta şekil bozukluğu ve nekrozlar şeklinde kendini göstermiştir.

Kontrollü bitki yetiştirme odalarında yürütülen denemede 2 farklı ayçiçeği genotipinin tuz uygulanmış (50 mM) ve tuz uygulanmamış (0 mM) koşullarda artan B uygulamalarının (0,00- 0,05- 1,00 ve 2,00  $\mu\text{M}$ ) bitki büyümesi üzerine etkisi Çizelge 1'de verilmiştir.

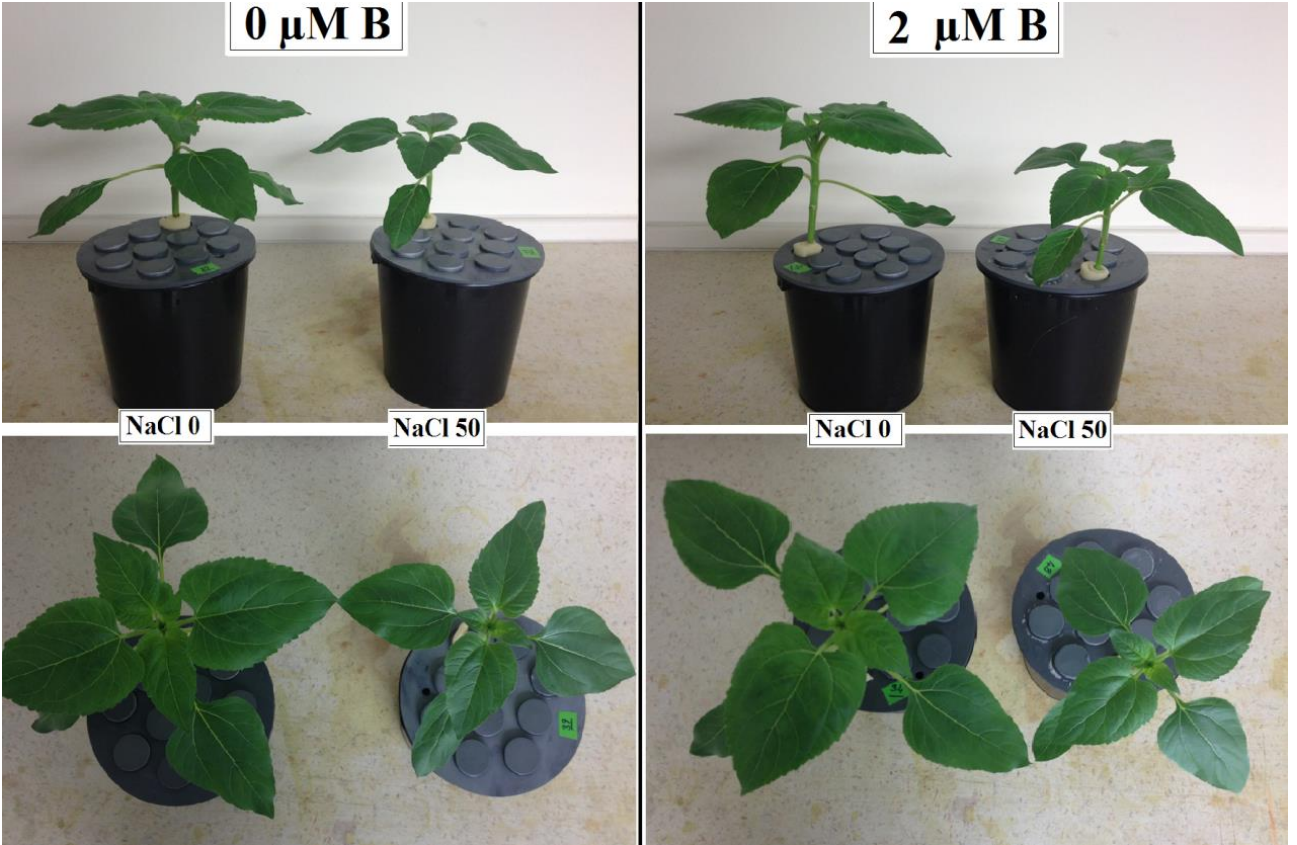
Sycadix genotipinin tuz uygulanmamış koşullarda B noksanlığı altında yeşil aksam kuru madde veriminin 0,92 g bitki<sup>-1</sup> olduğu, aynı değer artan B uygulamaları altında sırasıyla 1,06, 1,09 ve 1,14 g bitki<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır (Çizelge 1).

Bor uygulamasının yapılmadığı koşullara göre artan B (0,05- 1,00 ve 2,00  $\mu\text{M}$ ) uygulamasıyla sağlanan yeşil aksam kuru madde verim artışının sırasıyla %153, %18,8 ve %24,6 düzeyinde olduğu bulunmuştur. Aynı genotipte tuz uygulaması koşullarında, B noksanlığı altında yeşil aksam kuru madde veriminin 0,75 g bitki<sup>-1</sup> olduğu, aynı değer artan B uygulamaları altında sırasıyla 0,83, 0,85 ve 0,94 g bitki<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Artan B uygulamaları ile sırasıyla %11,2, %13,8 ve %25,4 verim artışı sağlanmıştır (Çizelge 1; Şekil 1).

Imeria genotipinin tuz uygulanmamış koşullarda B noksanlığı altında yeşil aksam kuru madde veriminin 0,81 g bitki<sup>-1</sup> olduğu, aynı değer artan B uygulamaları altında sırasıyla 0,85, 1,01 ve 1,09 g bitki<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Bor'un 0,05  $\mu\text{M}$  uygulamasıyla yeşil aksam veriminde %5,6'lık bir artış görülürken, 1,00 ve 2,00  $\mu\text{M}$  B uygulamasıyla sağlanan yeşil aksam kuru madde verim artışının %21,1 ve %35,0 düzeyinde olduğu bulunmuştur. Aynı genotipte tuz uygulaması koşullarında, B noksanlığı altında yeşil aksam kuru madde veriminin 0,62 g bitki<sup>-1</sup> olduğu ve artan B uygulamaları altında sırasıyla 0,63, 0,68 ve 0,68 g bitki<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır (Çizelge 1; Şekil 2). Aynı genotipte, artan B uygulamaları ile sırasıyla %2,4, %10,6 ve %11,1 verim artışı sağlanmıştır. Durak ve Karan (2017), tarla koşullarında şeker pancarına topraktan 4 farklı B (0, 0,18, 0,27 ve 0,36 B kg da<sup>-1</sup>) uygulaması yaparak bir deneme gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar çalışmada şeker pancarı için uygulamalar arasında 0,18 kg da<sup>-1</sup> (1 kg da<sup>-1</sup> tarım bor) B uygulamasının en iyi sonucu verdiğini, diğer uygulamalara göre 0,18 kg da<sup>-1</sup> (1 kg da<sup>-1</sup> tarım bor) uygulaması %18'lik verim artışına neden olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 1 Sycadix genotipine tuzsuz ve tuzlu koşullarda 0 ve 2 μM B uygulamasının etkisi  
Figure 1 The effect of 0 ve 2 μM B applications on Sycadix genotype under the conditions without salt and with salt



Şekil 2 Imeria genotipine tuzsuz ve tuzlu koşullarda 0 ve 2 μM B uygulamasının etkisi.  
Figure 2 The effect of 0 ve 2 μM B applications on Imeria genotype under the conditions without salt and with salt

Denemeye konu olan genotiplerin sahip olduğu yeşil aksam kuru madde veriminin bir genotipte (*Sycadix*) yüksek diğerinde (*Imeria*) ise daha düşük olduğu görülmüştür. Bor ihtiyacı açısından genotiplerin kuru madde verimi konusunda farklı duyarlılıklara sahip olduğu görülmüştür. Her iki ayçiçeği genotipinin yeşil aksam kuru madde veriminin 50 mM NaCl uygulaması ile azaldığı ve bu azalmanın tüm B dozu koşullarında da meydana geldiği görülmüştür. Örneğin, *Imeria* genotipinin NaCl 0 – B 2  $\mu$ M koşullarında 1,09 g bitki<sup>-1</sup> olan yeşil aksam kuru madde verimi aynı B dozunun NaCl 50 uygulamasında 0,68 g bitki<sup>-1</sup>'ye düşmüştür. Yapılan birçok çalışmada tuz uygulamaları ile yeşil aksam kuru madde veriminin azaldığı (Francois, 1994; Zahra ve ark., 2010; Turhan ve ark., 2014), ve bu azalışın genelde membran bütünlüğünün azalması ve geçirgenliğinin bozulması ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Mahajan ve Tuteja, 2005). Tuz stresinin bitkiler üzerindeki etkileri; bitkinin çeşidine, uygulanan tuz çeşidi ile miktarına ve maruz kalma süresine bağlı olarak değişmektedir. Tuzlu ortamlarda bitkilerin genotipik

farklılıklara bağlı olarak çok farklı cevaplar verdiği Dajic, (2006) tarafından bildirilmiştir. Tuzluluğa karşı verilen bu farklı büyüme cevapları sadece farklı iki bitki türü için değil aynı türün farklı çeşitleri için de geçerlidir (Munns, 2002). Tuz uygulaması ile yeşil aksam kuru madde veriminde ortaya çıkan azalma en fazla *Imeria* (ort. %30,8 azalma) genotipinde olurken, bu durum *Sycadix* genotipinde ise ortalama %20 düzeyinde olmuştur. Bu da tuz stresine karşı *Sycadix* genotipinin daha az etkilendiği, *Imeria* genotipinin ise daha fazla etkilendiğini göstermiştir. Munns ve ark. (2006), *Triticum aestivum* L. ve *Triticum turgidum* ssp. durum buğday çeşitlerinde yaptıkları çalışmada, 100 mM NaCl uygulandığında verimin, ekmeleklik buğdayda %7, makarnalık buğdayda ise %38 oranında azaldığını; 150 mM NaCl uygulamasında ise ekmeleklik buğdayda %43, makarnalık buğdayda ise %54 verim azalması olduğunu bildirmişlerdir. Denemede kullanılan genotiplerin kök ağırlıkları da yeşil aksamda olduğu gibi artan B uygulamaları ile artmış, tuz uygulamaları ile kök ağırlıkları azalmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1 Tuzsuz (NaCl 0) ve tuzlu (NaCl 50) koşullarda artan dozlarda B (g bitki<sup>-1</sup>) uygulamalarının iki farklı ayçiçeği genotipinin yeşil aksam ve kök kuru madde verimi

Table 1 Dry matter yield of root and shoot of two sunflower genotypes in increasing doses of B applications under the conditions with salt (NaCl 50) and without salt (NaCl 0).

Genotip	Uygulamalar	Yeşil Aksam		Kök	
		NaCl 0 mM	NaCl 50 mM	NaCl 0 mM	NaCl 50 mM
Imeria	B0	0,81 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,62 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>b</sup>
	B 0.05 $\mu$ M	0,85 ± 0,05 <sup>b</sup>	0,63 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,18 ± 0,02 <sup>b</sup>
	B 1 $\mu$ M	1,01 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,68 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>a</sup>
	B 2 $\mu$ M	1,09 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,68 ± 0,05 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,03 <sup>a</sup>
	Ortalama	0,94	0,65	0,21	0,20
	LSD <sub>0.05</sub>	0,11	0,08	0,04	0,03
Sycadix	B0	0,92 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,75 ± 0,05 <sup>c</sup>	0,26 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,23 ± 0,01 <sup>b</sup>
	B 0.05 $\mu$ M	1,06 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,83 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,27 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,30 ± 0,04 <sup>a</sup>
	B 1 $\mu$ M	1,09 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,85 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,31 ± 0,02 <sup>a</sup>
	B 2 $\mu$ M	1,14 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,33 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,31 ± 0,01 <sup>a</sup>
	Ortalama	1,05	0,84	0,28	0,29
	LSD <sub>0.05</sub>	0,09	0,07	0,05	0,04

#### B Uygulamalarının İki Farklı Ayçiçeği Genotipinin Yeşil Aksam B Konsantrasyonuna Etkisi

Tuzlu ve tuzsuz koşullarda artan B uygulamaları altında yetiştirilen ayçiçeği genotiplerinin yeşil aksam ve kök B konsantrasyonları Çizelge 2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, tuzlu koşullarda yetiştirilen genotiplerin yeşil aksamdaki B konsantrasyonunun tuzsuz koşullardaki B konsantrasyonundan daha yüksek olduğu bulunmuştur. Örneğin tuz verilmeyen koşullarda *Sycadix* genotipinin ortalama B konsantrasyonu 33,54 mg kg<sup>-1</sup> iken, aynı değer 50 mM tuz uygulandığı durumda ise 55,37 mg kg<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır. Kontrol uygulamasına göre tuz uygulamasıyla *Sycadix* genotipinin yeşil aksamdaki B konsantrasyon artışının yaklaşık %62,8 olduğu görülmüştür. Benzer durum kök B konsantrasyonlarında da görülmüştür. Yapılan çalışmalarda tuz stresinin bitkilerde hücre zarı üzerinde önemli bir zararlı etkisinin olduğu bildirilmiştir. Hücre zarı, çift fosfolipid tabakası ile bu tabakanın içinde gömülü proteinlerden oluşan seçici geçirgen bir zardır.

Tuz stresi zarın yapısındaki lipid kompozisyonunun değişimini tetikleyerek zar hasarlarının oluşumuna neden olur. Lipid kompozisyonundaki değişimler, lipidlerin sentezlenmesinde görev alan enzimlerin aktivitesindeki değişimler, degradasyonlar (parçalanma, yıkılma) veya fosfolipid çeşitlerinin hidrolizi sonucu meydana geldiği (Huang, 2006) ve bu durumun, zarın akışkanlığını, geçirgenliğini ve zar proteinlerinin aktivitesini etkilediği (Wu ve ark., 1998) bildirilmiştir. Ayrıca tuz stresi, lipidlerin parçalanma ve modifikasyonunda görev alan lipoksigenaz enzim aktivitesinin artmasını da sağlamakta ve bu artış hücre zarında yer alan fosfolipidlerin miktarının azalmasını tetiklemektedir (Huang, 2006). Tuzluluk koşullarında hücre zarının (özellikle kök hücresi) akışkanlığı, geçirgenliği ve zar proteinlerinin aktivitesinin etkilenmesi sonucu kök hücresi içerisine iyon alım mekanizması da olumsuz etkilenmektedir. Tüm bunların sonucunda da besin elementlerinin bazıları çok fazla alınırken, bazıları ise daha az alınmaya başlar, sonuç olarak ta hücre içi iyon dengesi de bozulmuş olur.

Çizelge 2 Tuzsuz (NaCl 0) ve tuzlu (NaCl 50) koşullarda artan dozlarda B (mg kg<sup>-1</sup>) uygulamalarının iki farklı ayçiçeği genotipinin yeşil aksam ve kök B konsantrasyonu

Table 2 B concentration of root and shoot of two sunflower genotypes in increasing doses of B applications under the conditions with salt (NaCl 50) and without salt (NaCl 0).

Genotip	Uygulamalar	Yeşil Aksam		Kök	
		NaCl 0 mM	NaCl 50 mM	NaCl 0 mM	NaCl 50 mM
Imeria	B0	21,63 ± 0,24 <sup>a</sup>	28,70 ± 1,09 <sup>b</sup>	36,67 ± 4,20 <sup>b</sup>	42,69 ± 1,92 <sup>a</sup>
	B 0.05 µM	21,12 ± 0,68 <sup>ab</sup>	33,20 ± 1,65 <sup>a</sup>	36,73 ± 6,42 <sup>b</sup>	43,99 ± 9,83 <sup>a</sup>
	B 1 µM	20,74 ± 0,56 <sup>ab</sup>	29,53 ± 0,83 <sup>b</sup>	45,36 ± 2,61 <sup>a</sup>	48,26 ± 6,99 <sup>a</sup>
	B 2 µM	20,34 ± 0,57 <sup>b</sup>	29,95 ± 0,86 <sup>b</sup>	39,66 ± 0,61 <sup>ab</sup>	41,95 ± 7,67 <sup>a</sup>
	Ortalama	20,96	30,35	39,61	44,22
	LSD <sub>0,05</sub>	1,02	2,17	7,64	13,57
Sycadix	B0	34,58 ± 0,92 <sup>a</sup>	50,49 ± 1,82 <sup>c</sup>	29,55 ± 0,39 <sup>a</sup>	33,53 ± 1,88 <sup>b</sup>
	B 0.05 µM	35,13 ± 0,12 <sup>a</sup>	53,00 ± 3,61 <sup>bc</sup>	29,14 ± 0,80 <sup>a</sup>	41,11 ± 0,70 <sup>a</sup>
	B 1 µM	32,73 ± 1,68 <sup>b</sup>	56,16 ± 1,83 <sup>b</sup>	25,93 ± 1,42 <sup>b</sup>	29,96 ± 0,42 <sup>c</sup>
	B 2 µM	31,72 ± 0,29 <sup>b</sup>	61,85 ± 1,78 <sup>a</sup>	28,64 ± 2,24 <sup>a</sup>	32,60 ± 0,91 <sup>b</sup>
	Ortalama	33,54	55,37	28,32	34,30
	LSD <sub>0,05</sub>	1,83	4,50	2,63	2,11

Çizelge 3 Tuzsuz (NaCl 0) ve tuzlu (NaCl 50) koşullarda artan dozlarda B uygulamalarının iki farklı ayçiçeği genotipinin yeşil aksam K/Na ile Ca/Na oranı

Table 3 K/Na and Ca/Na rate of shoot of two sunflower genotypes in increasing doses of B applications under the conditions with salt (NaCl 50) and without salt (NaCl 0).

Uygulamalar	K/Na oranı			
	Imeria		Sycadix	
	NaCl 0 mM	NaCl 50 mM	NaCl 0 mM	NaCl 50 mM
B0	247 ± 47,1 <sup>a</sup>	1,92 ± 0,04 <sup>b</sup>	260 ± 21,6 <sup>a</sup>	3,31 ± 0,45 <sup>a</sup>
B 0.05 µM	277 ± 38,4 <sup>a</sup>	2,84 ± 0,56 <sup>a</sup>	261 ± 12,8 <sup>a</sup>	3,12 ± 0,30 <sup>a</sup>
B 1 µM	295 ± 27,6 <sup>a</sup>	1,55 ± 0,32 <sup>b</sup>	278 ± 17,8 <sup>a</sup>	2,75 ± 0,32 <sup>a</sup>
B 2 µM	266 ± 44,2 <sup>a</sup>	1,59 ± 0,25 <sup>b</sup>	281 ± 7,7 <sup>a</sup>	3,45 ± 0,62 <sup>a</sup>
Ortalama	271	1,97	270	3,16
LSD <sub>0,05</sub>	75,40	0,65	29,90	0,83
Uygulamalar	Ca/Na oranı			
	Imeria		Sycadix	
	NaCl 0 mM	NaCl 50 mM	NaCl 0 mM	NaCl 50 mM
B0	93 ± 26,8 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,04 <sup>b</sup>	85 ± 5,16 <sup>b</sup>	0,83 ± 0,05 <sup>b</sup>
B 0.05 µM	89 ± 19,6 <sup>a</sup>	0,86 ± 0,17 <sup>a</sup>	107 ± 15,2 <sup>a</sup>	0,93 ± 0,22 <sup>b</sup>
B 1 µM	105 ± 10,3 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,14 <sup>b</sup>	101 ± 3,37 <sup>a</sup>	0,87 ± 0,09 <sup>b</sup>
B 2 µM	100 ± 14,5 <sup>a</sup>	0,44 ± 0,12 <sup>b</sup>	95 ± 4,18 <sup>ab</sup>	1,18 ± 0,21 <sup>a</sup>
Ortalama	97	0,56	97	0,95
LSD <sub>0,05</sub>	35,52	0,24	15,96	0,30

#### B Uygulamalarının İki Farklı Ayçiçeği Genotipinin Yeşil Aksam K/Na İle Ca/Na Oranına Etkisi

Tuz, bitkide su potansiyelini azaltmasının yanı sıra, hücredeki iyon dengesini bozarak da bitki gelişimini etkilemektedir. Yüksek miktarda NaCl alımı hücrede Na<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> düzeyinin artmasına, Ca<sup>+2</sup>, K<sup>+</sup> ve Mg<sup>+2</sup> konsantrasyonlarının ise azalmasına sebep olmaktadır (Parida ve Das, 2005). Bu çalışmada ayrıca bitkilerin tuzluluğa dayanıklılıkta önemli olan parametrelerden K/Na ve Ca/Na oranları da saptanmıştır (Çizelge 3). Tuzun ve B'un uygulanmadığı koşullarda Imeria genotipinde K/Na oranı 247 iken, aynı tuz dozunda ve B2 koşulunda aynı değer 266'ya yükselirken, 50 mM tuz uygulamasında ise B0'da 1,92 olan değer B2 dozunda 1,59'a düşmüştür. Sycadix genotipinde ise tuzun uygulanmadığı koşullarda artan B uygulaması ile K/Na oranı artmış, 50 mM tuz koşullarında ise K/Na oranı B0,05 ve B1,0 dozlarında azalmış, B2 dozunda ise artmıştır. Hücreye giren Na<sup>+</sup>, zar potansiyelini bozarak,

anyon kanalları vasıtasıyla hücre dışındaki Cl<sup>-</sup>'un pasif olarak hücreye girişini kolaylaştırır (Niu ve ark., 1995; Tuteja, 2007). Dış ortamda Na<sup>+</sup> miktarının artmasıyla hücreye Na<sup>+</sup>'un girişi artarken, K<sup>+</sup>'un hücreye alınımı azalır, buna bağlı olarak da Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> dengesi bozulur. Bunun sebebi, Na<sup>+</sup>'un, K<sup>+</sup>'un bağlanacağı alanlar için K<sup>+</sup> ile yarışmasıdır (Tester ve Davenport, 2003).

Büyüme ve gelişme için gerekli temel elementlerden bir diğeri de Ca<sup>+2</sup> iyonudur. Tuz stresi koşullarında K<sup>+</sup> gibi Ca<sup>+2</sup> alımında da olumsuz etkilemektedir. Imeria genotipinin Ca/Na oranı B0 dozunun tuzsuz ortamında 93 iken, bor dozu artışından pozitif etkilenmiş ve B2 dozunda 100'e çıkmıştır. K/Na oranının da da olduğu gibi 50 mM NaCl uygulaması ile her iki genotipin tüm B dozu koşullarında Ca/Na oranlarında artış ve azalışlar meydana gelmiştir (Çizelge 3). Na<sup>+</sup>, hücre zarındaki Ca<sup>+2</sup> ile yer değiştirerek zarın apoplast kısmında Na<sup>+</sup>/Ca<sup>+2</sup> iyon oranının artmasına yol açmaktadır. Bu durumda, zarın fizyolojik ve fonksiyonel yapısı bozulmakta ve hücrenin

Ca<sup>+2</sup> dengesi etkilenmektedir. Yüksek Na<sup>+</sup> konsantrasyonu; hücrenin iç zar yapılarında bağlı halde bulunan Ca<sup>+2</sup>'ların serbest hale geçerek içsel Ca<sup>+2</sup> depolarının boşalmasına ve hücrede serbest Ca<sup>+2</sup>'un artmasına neden olur (Yokoi ve ark., 2002).

Elde edilen sonuçlardan da görüleceği üzere tuz uygulaması ile bitkilerin kökleri ile aldıkları K ve Ca konsantrasyonlarında önemli düzeyde azalma meydana gelmekte, bu da bitki içerisinde iyon dengesinin (K/Na, Ca/Na) bozulmasına neden olmaktadır.

## Sonuçlar

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, kontrol uygulamasına göre tuz ilavesinin yeşil aksam kuru madde verimini azalttığı, buna karşılık B uygulamalarının ise kontrol uygulamasına göre verimi arttırdığı görülmüştür. Tuzlu koşullarda yetiştirilen genotiplerin yeşil aksamdaki B konsantrasyonunun tuzsuz koşullardaki B konsantrasyonundan daha yüksek olduğu bulunmuş, bu durum tuzlu koşullarında hücre zarının (özellikle kök hücresi) akışkanlığı, geçirgenliği ve zar proteinlerinin aktivitesinin etkilenmesi sonucu kök hücresi içerisine iyon alım mekanizması da olumsuz etkilenmesinden kaynaklanmaktadır. Tuzun ve B'un uygulanmadığı koşullarda Imeria genotipinin K/Na oranı 247 iken, aynı tuz dozunun B2 koşulunda artmış, 50 mM tuz uygulamasında ise B0'da 1,92 olan değer B2 dozunda 1,59'a düşmüştür. Sycadix genotipinde ise tuzun uygulanmadığı koşullarda artan B uygulaması ile K/Na oranı artmış, 50 mM tuz koşullarında ise K/Na oranı B0,05 ve B1,0 dozlarında azalmış, B2 dozunda ise artmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, bitkinin tuz zararını gidermede B'un belirgin bir rolünün olmadığı, tuzlu koşullarda bitkinin B alım düzeyinin ise arttığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara ilave olarak B noksanlığına ve tuz toksisitesine karşı dayanıklılıkta ayçiçeği genotipleri arasında farklılıkların olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmanın, özellikle tuzlu ve B noksanlığının görüldüğü bölgelerde tarla denemeleri ile desteklenmesi yararlı olabilir. Ayrıca, tuz zararının söz konusu olduğu alanlarda B içerikli gübre kullanımının daha kontrollü ve bilinçli yapılması ve bu konuda yeni çalışmaların yapılması gereği ortaya çıkmıştır.

## Kaynaklar

Asad A, Blamey FPC, Edwards DG. 2002. Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. *Plant Soil*, 243: 243-252.

Ashraf M. 1994. Breeding for Salinity Tolerance in Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(1): 17-42.

Blamey FPC, Zollinger RK, Sneider AA. 1997. Sunflower production and culture. In: Sneider AA. *Sunflower science and technology*. Madison: American Society of Agronomy. pp: 595-670.

Brown PH, Bellaloui N, Wimmer MA, Bassil ES, Ruiz J, Hu H, Pfeiffer H, Dannel F, Römheld V. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biol*. 4: 205-223.

Brown PH, Shelp BJ. 1997. Boron mobility in plants. *Plant and Soil* 193: 85-101.

Ceylan SY, Yazıcı A, Tutus T, Cakmak I. 2016. Borun Kök Büyümesi ve Besin Elementi Alımı Üzerine Etkileri. *Proceedings of International Symposium on Boron in Agriculture*. Ankara, 16-18 November.

Çakmak I. 2016. Önsöz. *Proceedings of International Symposium on Boron in Agriculture*. Ankara, 16-18 November. p: IV.

Çakmak I, Kurz H, Marschner H. 1995. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity of membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. *Physiologia Plantarum*, 95: 11-18

Cakmak I, Romheld V. 1997. Boron Deficiency-Induced Impairments of Cellular Functions in Plants. *Plant Soil*. 193: 71-83

Çakmak I, Öztürk L. 2002. Photooxidative damage and antioxidative defense systems in boron-deficient sunflower leaves. (in press).

Dajic Z. 2006. *Salt Stress, Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*, Dordrecht, The Netherlands, p: 345. ISBN-13 978-1-4020-4224-9.

Dugger WM. 1983. B in plant metabolism. In: Lauchli A, Bielecki RL. *Encyclopedia of Plant Physiology*. Berlin: Springer-Verlag. pp: 626-50.

Francois LE. 1994. Yield and quality response of salt stressed Garlic. *Hortscience* 29(11): 1314-1317.

Durak A, Karan GU. 2017. The effects of boron fertilization to yield properties in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(7): 745-749.

Goldbach HE, Wimmer MA. 2007. Boron in plants and animals: is there a role beyond cell wall structure? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(1): 39-48.

Görmüş O, Barutçular C. 2016. Boron Nutrition Studies with Cotton and Sunflower in Southern Turkey. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(7): 915-929.

Gupta UC. 1993. Deficiency, sufficiency, and toxicity levels of boron in crops. In: Gupta UC (eds). *Boron and Its Role in Crop Production*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press. pp: 137-145

Güneş A, Çakmak I, Gezin S, Kalımbacak K, Özcan H. 2016. BOREN-Tarım Bor Araştırma ve Uygulama Programı. *Proceedings of International Symposium on Boron in Agriculture*, 16-18 November.

Hilal M, Zenoff AM, Ponessa G, Moreno H, Massa ED. 1998. Saline stress alters the temporal patterns of xylem differentiation and alternative oxidative expression in developing soybean roots. *Plant Physiol*. 117: 695-701.

Huang B. 2006. *Cellular Membranes in Stress Sensing and Regulation of Plant Adaptation to Abiotic Stresses, Plant-Environment Interactions*. CRC/Taylor and Francis. pp: 416.

Kaçar B, İnal A. 2008. *Bitki Analizleri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık. 892s.

Kaya Y. 2013. Ayçiçeği: Türkiye'nin en önemli yağ bitkisi. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 2(7): 20-23.

Levitt J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Vol. II, 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic Press. pp: 607.

Lewis DH. 1980. Boron, lignification and the origin of vascular plants – a unified hypothesis. *New Phytologist*. 84: 209-29.

Marschner P. 2011. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3<sup>rd</sup> Ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier/Academic Press. pp: 684.

Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25: 239-250.

Munns R, James R, Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57: 1025-1043.

Niu X, Bressan RA, Hasegawa PM, Pardo JM. 1995. Ion Homeostasis in NaCl Stress Environments. *Plant Physiology*, 109: 735-742.

- Parida AK, Das AB. 2005. Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: a Review, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Pitman MG, Lauchli A. 2002. Global Impact of Salinity and Agricultural Ecosystem. In: *Salinity. Environment- Plants-Molecules*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. pp: 3-20.
- Shorrocks VM. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil*, 193: 121–148.
- Sillanpaa M, 1990. Micronutrient assessment at country level: An international study. *Soils Bulletin No. 63*, Rome: FAO. pp: 208.
- Souza ECA, Rosolem CA, Coutinho ELM. 1997. Sunflower response to boron as affected by liming. *Boron in Soils and Plants*, 00:23-27.
- Tester M, Davenport R. 2003. Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. *Annals of Botany*, 9: 503–527.
- Turhan A, Kuscü H, Özmen N, Demir AS. 2014. Farklı tuzluluk düzeylerinin sarımsakta (*Allium sativum* L.) verim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 20: 280-287
- Tuteja N. 2007. Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants. *Methods in Enzymology*, 428: 419-438.
- Woods SA. 1996. Salinity Tolerance of Ornamental Trees and Shrubs. *Food and Rual Development and Agriculture and Agrifood*. Canada.
- Wu J, Seliskar DM, Gallagher JL. 1998. Stress Tolerance in the Marsh Plant *Spartina patens*: Impact of NaCl on Growth and Plasma Membran Lipid Composition, *Physiologia Plantarum*, 102: 307-317.
- Yokoi S, Bressan RA, Hasegawa PM. 2002. Salt Stress Tolerance of Plants. *JIRCAS Working Report*. pp: 25-33.
- Zahra S, Amin B, Mehdi Y. 2010. The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) germination, growth and photosynthetic pigment under salinity stress (NaCl). *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 6(3): 4-16