

Derleme

Bitkisel Üretimde Bor

Hatun BARUT^{1*}, Sait AYKANAT¹, Safiye AŞIKLI², Selim EKER²

¹Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 01370, Adana, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 01330, Adana, Türkiye

*Sorumlu yazar: Hatun BARUT, baruthatun@yahoo.com, hatun.barut@tarim.gov.tr

Özet

Bor (B) bitkiler tarafından eser miktarda gereksinim duyulan ve eksikliği ile toksisite sınırı birbirine çok yakın olan bir mikro elementtir. Optimum büyüme ve verimlilik sağlanabilmesi için bitkilerde B'un yeterli miktarda bulunması gerekir. Mevcut bilgilere göre B, bitki bünyesinde karbonhidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşmasında, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde önemli roller üstlenmektedir. Bitki bünyesinde B'un hareketi sınırlıdır. Borun bitkide yukarı doğru taşınmasında transpirasyonun etkili olduğu saptanmıştır. Bitkiler tarafından B'un alınmasının ve farklı organlara taşınmasının bitkinin su alımı ve ksilemdeki hareketi ile yakından ilişkili olduğu ve ayrıca bu taşınmanın bitki türleri arasında büyük farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Bor eksikliği öncelikle bitkilerin büyüme noktalarına zarar verdiği için bitkilerde büyüme çok yavaşlar. Eksikliğin çok şiddetli olması halinde büyüme noktaları ölür ve büyüme tamamen durur. Bu nedenle bitkisel üretimde B vazgeçilemez bir mikro elementtir. Dünya B rezervlerinin %72'sine sahip olan Türkiye'nin toplam B üretimindeki payı %33'tür. Ancak B'lu ürünlerin tarım alanlarında kullanılması sınırlıdır. Çünkü bu konuda araştırmalar yeterli değildir. Bu çalışmada B'un tarımsal açıdan önemine dikkat çekilmiş ve farklı bitkilerde yapılan araştırmalar değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler. Bor, Bor Eksikliği, Bitkisel Üretim, Bor Gübrelemesi

Boron in Plant Production

Abstract

Boron (B) is needed by plants in trace amounts and the limits for required and toxic levels are quite close to each other. Sufficient B levels are essential for optimum growth and

yield in plant production practices. Boron plays various significant roles in carbohydrate and protein metabolisms of plants, tissue differentiation, auxin and phenol metabolisms, membrane permeability, pollen germination and pollen tube growth. Boron mobilization is restricted by several factors throughout plant growth. Transpiration is an efficient mechanism for B transport to plant upper sections. Plant water intake and water movement through xylem are also closely related to plant B uptake and B transport to other organs of plant. Such mobilization mechanisms greatly vary from one plant to another. Boron deficiency primarily destroys growing points and ultimately results in growth regressions in plants. Under severe deficiencies, growing points may even die out and growth may be totally terminated. Thus, B is considered as an essential, inevitable, micro nutrient for plants. Turkey has 72% of world B reserves and the share of Turkey in world B production is around 33%. Since there are not sufficient researches and studies, B products have limited uses over agricultural lands. In this study, significance of B in agricultural practices was pointed out and B researches carried out with different plants were reviewed.

Keywords: Boron, Boron deficiency, Plant production, Boron fertilization

1. Giriş

Gübreleme, ürünlerin verim ve kalitelerinin artmasında oldukça önemli bir faktördür. Bitki yetiştiriciliğinde dengeli gübrelemenin oldukça önemli olduğu bilinmektedir. Ancak, kaliteli ve bol ürün alınabilmesi için bitkilerin usulüne uygun şekilde beslenmesi önem taşımaktadır. Türkiye topraklarının, yüksek pH, aşırı kireçli olması, ağır bünyeli olması, organik madde içeriğinin düşük olması bitkilerin mikro elementlerle özellikle Bor (B)'la beslenmesinde önemli sınırlamalar getirebilir. Bor, bitkilerin hücre duvarının dayanıklılığında, membran bütünlüğünde, fenol metabolizmasında, karbonhidratların taşınmasında ve generatif organların oluşumunda, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde rolü önemlidir (Marschner, 1995). Bor elementi bitkiler tarafından eser miktarda gereksinim duyulan eksikliği ve toksisite sınırı birbirine çok yakın elementtir (Brown ve ark. 2002).

2. Bor

Bitkisel üretimde B eksikliğinin giderek artan bir yaygınlıkta ortaya çıktığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Brown ve Shelp, 1997). Dünyanın farklı bölgelerinde bitki yetiştiriciliğinde, ortaya çıkan B eksikliğinin ülkemizde de önemli bir beslenme problemi olduğu gösterilmiştir. Sillanpaa (1990) tarafından Türkiye’de yapılan bir çalışmada toplam 298 örneğin ortalama B konsantrasyonunun 1.10 mg kg^{-1} olduğu ve yapılan denemelerde toprağa yapılan B uygulamasının da bitkilerde verim artışına neden olduğu saptanmıştır. Yapılan araştırmalarda B eksikliğinin çevre, toprak ve bitki faktörlerine bağlı olarak ortaya çıkabildiği bilgisine yer verilmiştir (Shorrocks, 1997). Mikro besin elementlerinin bitkilerce alınabilirliğini pH, redoks potansiyeli, bünye, organik madde içeriği, bitki tür ve çeşitleri, toprak nem içeriği, sıcaklık ve ışık gibi faktörlerin etkilediği bildirilmiştir (Moraghan ve Mascagni, 1991).

Gezgin ve ark. (2002)’nın Konya topraklarının B kapsamının belirlenmesi için yaptıkları bir çalışmada, ortalama olarak 2.48 ppm B içerdiklerini tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmada şekerpancarı için elverişli B kapsamının toprak örneklerinde %26.5’inde yetersiz ($<0.5 \text{ ppm}$), %64.3’ünde yeterli ($0.5-5 \text{ ppm}$) ve %9.2’sinde toksik ($>5 \text{ ppm}$) düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Güneş ve ark. (2000), toprak pH’sının 6.5 ’u aştığında topraktaki B’un alımıyla ilgili interaksiyonun başladığını bildirmişlerdir. Torun ve ark. (2013) tarafından yürütülen ve BOREN (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü) tarafından desteklenen bir proje halen devam etmektedir. Bu çalışmada da Adana ve Osmaniye bölgesinde topraklarda bor eksikliğinin olduğu belirlenmiştir.

Bitkilerde, B’un büyüme ve gelişmesindeki önemi fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda yer almasından kaynaklanmaktadır (Cakmak ve Römheld, 1997). Parr ve Loughman (1983) B’un, bitki fizyolojisinde şekerlerin taşınmasında, hücre duvarı sentezinde, ligninleşmede, hücre duvarının yapısında, karbonhidrat metabolizmasında, solunumda, indol asetik asit (IAA) metabolizmasında, fenol metabolizmasında ve membranların bütünlüğünde rol aldığını saptamışlardır. Ayrıca son zamanlarda, B’un askorbat metabolizmasında (Lukaszevski ve Blevins, 1996) yer aldığı ve oksijen aktivasyonunu indüklediği de (Marschner, 1995) bildirilmiştir. Bitkideki bu fonksiyonlarına karşılık, B’un bir enzim komponenti olduğunu gösteren veya herhangi bir enzim aktivitesinde doğrudan yer aldığına dair hiçbir kanıt

olmadığı bildirilmiştir (Cakmak ve Römheld, 1997). Bor elementinin yukarıda sözkonusu edilen rollerinin özellikle cis-diol konfigürasyonuna sahip bileşiklerle kompleks oluşturmasına bağlanmıştır (Cakmak ve Römheld, 1997). Bundan dolayı da çift çenekli bitki türlerinin diğer türlere göre hücre duvarlarındaki hemiselüloz ve ligninin B ihtiyacının daha fazla olduğu bildirilmiştir (Lewis, 1980). Çift çenekli bitkilerin dokusundaki B gereksiniminin vejetatif ve generatif büyüme dönemlerinde tek çeneklilere göre daha fazla olduğu bildirilmiştir (Gupta, 1993a; Asad ve ark. 2002). Bell (1997), genel olarak çift çenekli bitkilerin yapraklarındaki B konsantrasyonunun $<10 \text{ mg B kg}^{-1}$ olması durumunda B noksanlığının görüldüğünü tek çenekli bitkilerde ise aynı değer $<1 \text{ mg B kg}^{-1}$ olması durumunda görüldüğünü belirlemiştir. Genel olarak B noksanlığının gözle görülür belirtileri ise çift çeneklilerde $20-30 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dan, mısırdaki (*Zea mays*) $10-20 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dan ve buğdayda ise 10 mg kg^{-1} 'dan daha az olduğunda ortaya çıktığı bulunmuştur (Gupta, 1993b). Borun doğrudan proton verici rol oynayarak ve hücre zarı yapısı ve fonksiyonlarına etki ederek canlı sistemlere katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bor, bitkilerin büyüme ve gelişmesinde gerekli olan bir elementtir. Siyanobakterilerin azot (N) döngüsünde B da kullandıkları bilinmektedir (Ho., 2000).

Bitkilerin B'ü pasif absorpsiyon yolu ile B(OH)_3 şeklinde aldıkları bilinmesine rağmen, biraz da olsa aktif absorpsiyon yolu ile B(OH)_4 şeklinde de alınır. Bor bitkilerde tepe noktalarına kadar ksilem iletim boruları içerisinde taşınır. Borun alınması ve iletim borularında taşınması bitkinin su alımı ile yakından ilgilidir. Bu yüzden bitkilerin B alımlarında önemli farklılıklar vardır. Bitkiler topraktan B alımlarına göre farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılığın sebebi büyümeleri için farklı miktarlarda B'a ihtiyaç duymalarıdır. Bor eksikliği kuru ağırlığının kilogramı başına mg B olarak belirtilir. Buğdaygiller (gramineler) için kritik değer $5-10 \text{ mg B}$ 'dur. Çift çenekli bitkiler (dikotiller) için $20-70 \text{ mg B}$ 'dur. Özsuyu süt benzeri olan bitkiler için ise $80-100 \text{ mg B}$ 'dur. Bitki türlerindeki bu farklılık, hücre duvarı yapılarının farklılığından kaynaklanır. Buğdaygillerde hücre duvarları çok az pektik materyal içerir ve ayrıca daha az kalsiyuma (Ca) gereksinim duyarlar. İlginç olarak bu iki bitki türünün silisyum alım kapasiteleri de farklılık göstermektedir. Silisyum (Si) alımının B ve Ca gereksinimi ile ters ilişkisi vardır. Bu üç element de hücre duvarının yapısında temeldirler. Bor ve Ca'un ilişkisi fizyolojik temellidir.

Bu iki element hücre duvarında benzer yapısal fonksiyonlar gösterirler. Bu benzerlik, B ve Ca eksikliği belirtilerinin de benzer olacağı anlamına gelmektedir (Ho, 2000).

Bor eksikliği, bütün dünyada ılıman bölgelerin alkali topraklarında ve aynı zamanda kurak bölgelerin alkali topraklarında yaygındır. Bunun nedenleri; asit topraklarda $B(OH)_3$ 'ün adsorpsiyonunun düşük olması nedeniyle kuvvetli B yıkanmasının olması ve alkali topraklarda ise $B(OH)_4$ 'ün adsorpsiyon sonucunda kuvvetli B fiksasyonunun gerçekleşmesidir. ılıman bölgelerde B eksikliği özellikle kurak ve sıcak geçen yıllarda kumlu topraklarda, aynı şekilde kurak yerlerdeki kilce zengin topraklarda ortaya çıkmaktadır (Schachtschabel ve Brümmer, 1995).

Bor eksikliği öncelikle büyüme noktalarına zarar verdiği için bitkilerde büyümenin yavaşlamasına neden olur. Borun bitki bünyesindeki hareketi çok az olduğundan yaşlı kısımlardan genç ve yeni gelişmekte olan kısımlara hareket edemez ve B eksikliği ilk olarak genç kısımlarda ortaya çıkar. Genç yapraklar büzülüp kıvrılır, çoğu zaman kalınlaşır ve koyu mavi, yeşil bir renk alır. Boğum araları kısalar, büyüme bodurlaşır, bitki çalılışmış bir görünüm kazanır. Transpirasyondaki düzensizliğin bir yansıması olarak yapraklar ve dallar kolay kırılabilen gevrek bir yapı alır. Bor eksikliğinin ileri aşamalarında büyüme noktaları ölür, genelde büyüme olumsuz şekilde etkilenir. Tomurcuk, çiçek ve meyve gelişimi azalır ya da tamamen durur. Olgun yapraklarda damarlar arası kloroz oluşur ve yaprak ayasında şekil bozukluğu görülür. Yaprak sapları ve gövde kalınlaşır. Yumru köklü bitkilerde yumruların depolanmaları sırasında öz çürüklüğü meydana gelir ve pazar özelliklerini yitirmiş olurlar (Bergmann, 1992; Marschner, 1995; Kacar ve Katkat, 1998). Bor eksikliğini hafif şekilde gösteren bitkilerin vejetatif gelişmesine göre döllenmeleri ve üremeleri olumsuz şekilde daha fazla etkilenir (Loomis ve Durst, 1992). Çiçek oluşumu geriler, tomurcuklar gelişimini tamamlayamaz, polenler kısır, tohumlar zayıf buruşuk ve deforme olur (Abedin ve ark. 1994). Çiçek sayısı ve büyüklüğü belirgin bir şekilde azalır (Zhang ve ark. 1999).

Bor kullanım etkinliğini arttırmak için, bitkilerin B'a en fazla gereksinim duyduğu kritik büyüme dönemlerine göre uygulama zamanı belirlemek zorunluluktur. Buna karşılık, farklı bitkiler ve onların büyüme dönemleri için gereksinilen B miktarı değişkenlik gösterir. Buğdaygillerde ve kanola gibi küçük taneli bitkilerde B miktarı vejetatif büyüme dönemlerinden daha çok generatif büyüme dönemlerinde önemlidir (Rerkasem ve Jamjod,

1997). Oysa patates, tapyoka ve şekerpancarı gibi kök-yumrulu bitkilerde fotosentez ürünlerinin depolardan (source) madde gereksinimi yüksek yerlere (sink) taşınmasında uzun bir zaman periyoduna gereksinim vardır. Bu nedenle söz konusu bitkilere tüm büyüme periyodu boyunca sürekli B sağlanmasına gereksinim vardır.

Yapılan son araştırmalar B'un generatif organlarda yeterli düzeyde bulunmasının verimlilik açısından gerekli olduğunu ve hatta B noksanlığı belirtisi görülmeyen meyve ağaçlarında bile dışarıdan B takviyesinin badem, zeytin, elma, vişne gibi çeşitli meyve türlerinde verimi arttırdığını göstermektedir. Nitekim çoğu meyve türünde bol ürün alınması, ekolojik koşulların uygunluğuna ve yetiştiricilik tekniklerinin doğru yapılmasına bağlı olduğu kadar, açan çiçeklerin meyve tutumunun da fazla olmasına bağlıdır. Kaliforniya'da (ABD) badem yetiştirilen bahçelerde sonbaharda yapraktan B püskürtülmesi olağan bir uygulama haline gelmiştir. Bor uygulaması sonucu elde edilen verim artışı, özellikle çiçeklenme döneminde geçici bir süre için ihtiyaç duyulan yüksek miktarda B'un, toprak ve yapraktan takviyesi ile karşılanmasından kaynaklanmaktadır. Bu bakımdan meyve yetiştiriciliğinde toprak ve yapraktan bor uygulamasının büyük önemi bulunmaktadır (Nyomora ve ark. 2000).

Bor eksikliğinin Hindistan'da iri taneli yerfıstıklarında düşük verimlere neden olduğu belirtilmiştir. Yerfıstığında eksikliği en çok görülen mikro elementlerden birisi de B'dur. Bor eksikliğinde tohumlarda 'hollow heart' denilen tohum içi boşluklar oluşmaktadır. Singh ve ark. (2009) tarafından Hindistan'da yürütülen bir çalışmada, farklı toprak tipleri ve farklı B kaynaklarının (Agricol, Chemiebor, Solubor, Borosol ve Borax) yer fıstığında etkisi çalışılmıştır. Bor uygulamalarının çiçeklenme ve verim üzerinde belirgin etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Tüm B kaynakları yerfıstığının verim, kabuk ve 100 tohum ağırlığını arttırmıştır. Topraktan B uygulamasının (1.0 kg B ha⁻¹, Agricol, Solubor, Borosol) bakla verimini sırasıyla %8-23, 6-18, 12-18 arttırdığı belirtilmiştir. Boraxın %9-28; borik asitin ise %5-24 oranında bakla verimini arttırdığı belirtilmiştir. Yapraktan uygulamalarda (%0.1 sulu çözeltisi, Borosol, Chemiebor ve Solubor) benzer şekilde bakla verimini arttırmıştır. Bor ve Ca eksiklikleri son geliştirilen büyük tohumlarda verim düşüklüğüne neden olan önemli faktörlerdir. (Singh, 2004; Singh ve ark. 2007). Borca eksik asit topraklarda (0.4 ppm B altında), düşük bakla doldurma, buruşuk tohum ve tohum merkezinde boş kararma yaygın olarak ve %10-50 verim kayıplarına neden olan B eksikliği belirtileri gözlenir (Singh ve ark.

2007). Rashid ve ark. (1997) tarafından Pakistan'da yapılan bir araştırmada, kontrole göre B uygulamasının (1 kg/ha B) yerfistığının veriminde %10 artış sağladığı belirlenmiştir. Singh (1994) toprak ve yerfistığı genotiplerine göre değişmekle birlikte B'un kritik sınırının 0.2-0.4 mg/kg B arasında değişebileceğini belirtmiştir.

Nawaz ve ark. (2014) tarafından yürütülen bir araştırmada, farklı yerfistığı genotiplerinin B gereksinimleri ve B'un etkisi araştırılmıştır. Beş farklı dozda B uygulaması (0.0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 kg/ha B) borik asit (H_3BO_3) formunda yapılmıştır. Tüm B uygulamalarının kontrole göre tüm genotiplerde kuru bakla verimini arttırdığı belirlenmiştir. Tüm genotiplerde 1.0 kg/ha B uygulamasının verimi arttırdığı ancak daha yüksek dozlarda azalmaya neden olduğu belirtilmiştir.

Taban ve Erdal (2000) tarafından B uygulamasının buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda B dağılımı üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanan çalışmalarında, killi tın tekstürlü, %12 kireç içeren, pH'sı 7.91 ve bitkiye yararlı B miktarı 1.52 mg kg^{-1} olan toprak örneği kullanılmıştır. Serada 4 ekmeklik (Bolal-2973, Bezostaya, Kırac, Gerek-79) ve 2 makarnalık (Çakmak-79 ve Kızıltan-91) buğday çeşitleri ile yürütülen denemede, topraklara B, borik asitten (H_3BO_3) 0, 1 ve 10 mg/kg B olacak şekilde uygulanmıştır. Buğday çeşitlerinin B uygulamasına tepkileri ayrımlı olmuştur. Makarnalık çeşitler ekmeklik çeşitlere göre B'dan daha fazla etkilenmiş ve B uygulaması Bolal-2973 ve Gerek-79 çeşitlerinde kuru ağırlık artışına, Çakmak-79 ve Kızıltan-91 çeşitlerinde ise kuru ağırlık azalışına neden olmuştur.

Bor noksanlığı mısır bitkisinde yeşil aksam ve kök gelişmesinde, tepe püskülü ve koçan püskülü oluşumunda, yapraklardan koçana şeker taşınmasında, polen tüplerinin ve tohum oluşumunda önemli olduğu bildirilmiştir. Dane olgunlaşma döneminde B uygulaması sap, kök ve bitki boyuna göre dane verimi ve koçan başına tane sayısı üzerine daha belirgin bir etkisinin olduğu bulunmuştur. Örneğin, B uygulaması yapılmadığı durumda koçan başına ortalama tane 0.4 g adet iken, aynı değer B uygulamasında 410 adet olduğu saptanmıştır. Bu değerlere göre bitki başına dane verimi B_0 uygulamasında 0.5 g B_{20} uygulamasında 72.3 g olduğu belirlenmiştir (Lordkaew ve ark. 2011).

Gezgin ve ark (2007), Konya Ovasında şeker pancarı tarımının en yoğun olduğu Çumra, Altınekin ve Seydişehir yörelerinde farklı bor dozlarının (0, 0.15, 0.30, 0.45 ve 0.60 kg/da B) toprak, yaprak ve 'toprak+yaprak' olmak üzere üç farklı şekilde uygulanmasının

şeker pancarı yapraklarının B kapsamı, kök verimi, şeker oranı ve şeker verimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Çalışma sonunda, şeker pancarı kök verimi lokasyonlar ortalaması dikkate alındığında dekara 0.30 ve 0.45 kg B'un toprak ve 'toprak+yaprak' uygulamalarında sırasıyla %5.7 ve %7.4, şeker veriminin ise 0.45 kg/da B uygulamasının toprak ve 'toprak+yaprak' uygulamasında sırasıyla %3.8 ve %7.3 oranlarında arttığı belirlenmişlerdir. Dordas ve ark. (2007), topraktan (1.5 ve 3 kg/ha) ve çiçeklenme döneminde yapraktan (0, 245, 490 ve 735 mg/l) B uygulamaların şeker pancarının tohum oluşumu, tohum verimi ve tohum kalitesi üzerine etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, yapraktan B uygulamalarının üreme dokularındaki ve vejetatif aksamdaki B kapsamını topraktan uygulamadan daha fazla artırdığını belirlemişlerdir. Yapraktan B uygulamaları tohum verimini ilk yıl %10 ikinci yıl %44 artırmıştır.

Sarkar ve ark. (2007) tarafından, hardal (*Brassica campestris* L.), buğday (*Triticum aestivum* L.) ve patatesten (*Solanum tuberosum*) yedi adet B uygulama kombinasyonu ya topraktan ya da yapraktan farklı dozlarda ve farklı büyüme dönemlerinde uygulamışlardır. Çalışmada B konsantrasyonu ve alımlarının B uygulamalarıyla arttığı, bu artışların hardal bitkisinde en yüksek bunu sırasıyla patates ve buğday bitkisinin izlediği görülmüştür. Buğday için geç dönemde tek bir seferde B uygulaması (ekimden sonra 45. günde topraktan veya 60. günde yapraktan) erken dönemdeki veya bölünerek verilen B uygulamasına göre verim üzerinde daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuçlar etkin bir B gübre kullanım etkinliği için buğdaya geç dönemde tek seferde, hardal ve patates için daha uzun bir periyotta bölünerek verilmesinin ekonomik yararlılık sağlayacağını ortaya koymuştur (Sarkar ve ark. 2007).

Bor, antepfıstığının çiçeklenme ve meyve süreçlerinde rol oynar (Brown ve ark., 1994) ve eksikliği sonucunda düşük polen canlılığı, zayıf polen çimlenmesi ve azaltılmış polen tüpü büyümesi oluşur (Nyomora ve ark. 1997). Nyomora ve ark. (2000) düşük B içeriğine sahip badem bahçelerinde yapraktan püskürtülen B'un çiçek tozu çimlenmesine ve çim borusu gelişmesine olumlu etkide bulunduğunu bildirmişlerdir. Brown ve Ferguson (1992) antepfıstıklarında yapraktan ve topraktan B verilmesi şeklinde yaptıkları çalışmada, yapraktan alınan B'un verimliliği olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Araştırmacılar B uygulamasının durgun dönemin sonunda ya da tomurcuk patlama döneminde yapılmasını önermektedirler.

Araştırmacılara göre B uygulaması çiçek tozu çimlenmesini iyileştirmek, içi boş meyve sayısı ile çatlak olmayan meyve sayısını azaltmak suretiyle verimi arttırmaktadır.

Perica ve ark. (2001), verim çağındaki 'Manzanillo' çeşidi zeytin ağaçlarında çeşitli organlardaki B taşınımını, mannitol ve glukoz konsantrasyonlarını ve B uygulamalarının eriyebilir karbonhidratların düzeyi üzerine etkisini incelenmişlerdir. Araştırmacılar, farklı yaştaki yapraklara etiketli B (¹⁰B) uygulamışlardır. B uygulanan yapraklardan B'un taşındığını ve uygulama yapılan yere yakın olan çiçek ve meyvelerin B miktarında önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir. Ye (2005) B gübrelenmesinin kışlık kanola ve ayçiçeğinin dona dayanımı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı araştırmada, yeterli B düzeyine sahip olamayan topraklarda bitkilerin dona dayanımlarının azaldığını ve önemli verim kayıplarının oluştuğunu ancak B uygulamasına bağlı olarak bitkilerin dona dayanım mekanizmalarının artarak verimde önemli artışlar sağladığını belirlemiştir.

Bitkide B'un fazlalığı veya eksikliği sadece bir elementi değil bitkinin diğer besin elementleriyle genel beslenme dengesini de etkiler (Tariq ve Mott, 2007). Örneğin, kireçli bir toprakta farklı B ve çinko (Zn) uygulamalarının mısır tanesindeki N ve bakır (Cu) alımı üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, toprakta yeterince Zn bulunması durumunda B ve N arasında sinergistik bir etki olduğu bildirilmiş ve yapraktan uygulanan B'un tanedeki N alımı ve konsantrasyonu üzerine olan etkisini arttırdığı görülmüştür (Aref, 2011). Bor, bitkideki N bileşiklerinin metabolizmasında etkili olduğu ve noksanlığı durumunda da özellikle nitrataz gibi çözünür N bileşiklerini arttırdığı bildirilmiştir (Marschner, 1995; Aref, 2011). Bitkide B noksanlığında, potasyum (K), Ca, magnezyum (Mg) ve sodyum (Na) gibi diğer elementlerin alımının da etkilendiği bildirilmiştir. Birçok araştırmacıya göre, büyüme ortamındaki B'un bitkiye yararlı K'ü etkilediği bildirilmiştir (Tariq ve Mott, 2006). Bor ve K arasında sinergistik bir etkinin varlığı başka araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir. Tariq ve Mott (2006) artan oranlarda B uygulamasının, köklerin ve bitkinin toprak üstü aksamındaki K konsantrasyonunu artırdığını bildirmişlerdir. Patates bitkisinde bitkinin B'la beslenmesinin iyileştirilmesiyle Ca beslenmesinin de iyileştirildiği bildirilmiştir (Abdulnour ve ark. 2000).

3. Sonuç ve Öneriler

Dünya bor rezervlerinin %72'sine sahip olan Türkiye'nin toplam B üretimindeki payı %33'tür. Bor minerali çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (inşaat, sanayi, tarım, vb.). Kullanımının yaygınlaştırılması için B gereksinimine ihtiyaç duyulacak ürünlerin teknolojik olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Nitekim ülkemiz topraklarının yaklaşık %85.5'inde yüksek pH, %56.4'ünde aşırı kireç, %61.9'unun ağır bünyeli (killi-tın-kil) ve %94'ünün de organik madde bakımından düşük düzeyde olması, bitkiler için yeterlilik ve toksisite sınırı oldukça dar olan B'un tarımsal üretimde ürün arttırıcı olarak kullanmanın önemini arttırmaktadır. Bu nedenle tarım alanlarında değişik ürün gruplarında B'un kullanımı ile ilgili araştırmaların yapılması önemli olacaktır.

4. Kaynaklar

- Abedin, M. J., Jahiruddin, M. S., Hoque, M. R., Islam., & M. U. Ahmed. (1994). Application of boron for improving grain yield of wheat. *Progressive Agriculture*, 5, 75- 79.
- Abdulnour, J. E., Donnelly D. J., & Barthakur, N. N. (2000). The effect of boron on calcium uptake and growth in micropropagated potato plantlets. *Potato Research*, 43(3), 287-295.
- Aref, F. (2011). Zinc and boron fertilization on concentration and uptake of copper and nitrogen in corn grain in a calcareous soil. *Life Science Journal*, 8(2), 31-37.
- Asad, A., Blamey, F. P. C., & Edwards, D. G. (2002). Dry matter production and boron concentrations of vegetative and reproductive tissues of canola and sunflower plants grown in nutrient solution. *Plant and Soil*, 243, 243-252.
- Bell, R. W. (1997). Diagnosis and prediction of boron deficiency for plant production. *In Plant and Soil. Proceedings*. Eds. R. W. Bell and B. Rerkasem. pp. 193: 149-168. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Bergmann, W. (1992). Nutritional disorders of plants. *Developments Visual and Analytical Diagnosis Jena*, 165-185.
- Brown, P. H., Bellaloui, N., Wimmer, M. A., Bassil, E. S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeffer, H., Dannel, F., & Römheld, V. (2002). Boron in plant biology. *Plant Biology*, 4, 205-223.
- Brown, P. H. & Shelp, B. J. (1997). Boron mobility in plants. *In Plant and Soil*.

Proceedings. Eds. R. W. Bell and B. Rerkasem. pp. 193: 85-101. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

Brown, P. H., Ferguson, L., & Picchioni G. (1994). Boron nutrition of pistachio: Third year report. California Pistachio Industry, Annual Report- Crop Year, 1992-1993, 60-63.

Brown, P., & H., Ferguson, L. (1992). Boron nutrition of pistachio third year report. California Pistachio Industry Ann. Rep, pp: 60-65.

Cakmak, I., & Römheld, V. (1997). Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: Plant and Soil. Proceedings. Eds. R.W. Bell and B. Rerkasem. pp. 193: 71-83. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.

Dordas, C., Apostolides, G. E., & Goundra, O. (2007). Boron application affects seed yield and seed quality of sugar beets. Journal of Agricultural Science, 145, 377-384.

Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmanakaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancılar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C., & Babaoğlu. M. (2002). Determination of B contents of soils in Central Anatolian cultivated lands and its relations between soil and water characteristics. In: Goldbach H. E., Rerkasem, B., Wimmer, M. A., Brown, P. H., Thellier, M., Bell, R. W., editors. Boron in Plant and Animal Nutrition. New York, NY, USA: Kluwer Academic Publishers, pp. 391–400.

Gezgin, S., Hamurcu, M., Dursun, N., & Gökmen, F. (2007). Değişik bor dozları ve uygulama şekillerinin farklı lokasyonlarda yetiştirilen şeker pancarının yaprak bor içeriği, verim ve kalite üzerine etkisi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 21(42), 25-35.

Gupta, U. C. (1993a). Factors affecting boron uptake by plants. In Boron and its Role in Crop Production. Ed. U. C. Gupta. Pp. 87-104. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.

Gupta, U. C. (1993b). Deficiency, sufficiency and toxicity and toxicity levels of boron in crops. In Boron and its Role in Crop Production. Ed. U. C. Gupta. pp 137-145. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

Güneş, A., Alpaslan, M., Çıkkılı, Y., & Özcan, H. (2000). The effect of zinc on alleviation of boron toxicity in tomato plants. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24, 505-509.

Ho, S. B. (2000). Boron deficiency of crops in Taiwan, Extension Bulletin - Food & Fertilizer Technology Center 2000 No. 486 pp.16 pp.

Lewis, D. H. (1980). Boron, lignification and the origin of vascular plants a unified hypothesis. *New Phytology* 84, 209-229.

Kacar B., & Katkat A. V. (1998). Bitki besleme, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Vipaş Yayınları, 441s.

Lordkaew, S., Dell, B., Jamjod, S., & Rerkasem, B. (2011). Boron deficiency in maize. *Plant and Soil*, 342, 207–220.

Loomis, W. D., & Durst, R. W. (1992). Chemistry and biology of boron. *Bio Factors*,3, 229-239.

Lukaszevski, K. M., & Blevins, D. G. (1996). Root growth inhibition in boron-deficient or aluminium-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism. *Plant Physiology*, 112, 1135-1140.

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Second Edition, 379-396.

Moraghan J. T., & Mascagni Jr., H. J. (1991). Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. in *Micronutrients in Agriculture*, J. J. Mortvedt, P. M. Giordano, and W. L. Lindsay, Eds., pp. 371–425, Soil Science Society of America, Madison, Wis, USA, 2nd edition, 1991.

Nawaz, N., Nawaz, M. S., Khan, M. A., Yasin, M. M., Baig, D., Cheema, N. M., Amjad M., and Altaf Sher, M. (2014). Effect of boron on peanut genotypes under rainfed conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 27 (2), 110-117.

Nyomora, A. M. S., Brown, P. H., & Freeman, M. (1997). Fall foliar applied boron increases tissue boron concentration and nut set of almond. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122, 405-410.

Nyomora, A. M. S., Brown, P. H., Pinney, K. & Polito, V. S. (2000). Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(2), 265–270.

Parr, A. J., & Loughmann, B. C. (1983). Boron and membrane function in plants. In: Metals and Micronutrients, Uptake and Utilization by Plants. Eds. D. A. Robb and W. S. Pierpoint. Pp:87-107. Academic Press, New York.

Perica, S., Bellaloui, N., Greve, C., Hu, H., & Brown, P. H. (2001). Boron transport and soluble carbohydrate concentrations in olive. Journal of the American Society for Horticultural Science, 126, 291-296.

Rashid, A., Rafique, E., & Bughio. N. (1997). Micronutrients deficiencies in rainfed calcereous soils of Pakistan. III. Boron nutrition sorghum. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 28, 441-454.

Rerkasem, B., & Jamjod S. (1997). Boron deficiency induced male sterility in wheat (*Triticum aestivum* L.) and implications for plant breeding. Euphytica, 96, 257–262.

Sarkar, D., Mandal, B., & Kundu, M. C. (2007). Increasing use efficiency of boron fertilisers by rescheduling the time and methods of application for crops in India. Plant and Soil, 301(1-2), 77-85.

Schachtschabel P., & Brümmer, G. (1995). Toprak Bilimi. Çev.: Özbek, H. - Kaya, Z. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın Yayınevi, Adana. 12. Baskı, 73.

Shorrocks, V. M. 1997, The occurrence and correction of boron deficiency. Plant and Soil, 193, 121–148.

Sillanpaa, M. (1990). Micronutrient assessment at the country level: An international study. FAO Soils Bulletin No. 63, FAO, Rome, Italy.

Singh, A. L. (1994). Micronutrient nutrition and crop productivity in groundnut. In: Singh, K., and S. S. Purohit. (eds). Plant productivity under environmental stress. Agro Botan. Publications, Bikaner, India. pp. 67-72.

Singh, A. L., Basu, M. S., & Singh, N. B. (2004). Mineral disorders of groundnut. National Research Centre for. groundnut (ICAR), Junagadh, India. pp 85.

Singh A. L., Jat R. S., & Misra, J. B. (2009). Boron fertilization is a must to enhance peanut production in India. The Proceeding of the International Plant Nutrition Colloquium XVI. IPNC.

Singh, A. L., Vidya Chaudhari., & Basu, M. S. (2007). Boron deficiency and its nutrition of groundnut in India. pp 149-162. In: Advances in Plant and Animal Boron Nutrition (F. Xu ed) Springer Publishers.

Taban, S., & Erdal, İ. (2000). Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24, 255-262.

Tariq, M., & Mott, C. J. B. (2006). Effect of applied boron on the accumulation of cations and their ratios to boron in radish (*Raphanus sativus* L.). Soil and Environment, 25, 40-47.

Torun, A. A. (2013). Adana ve Osmaniye bölgesinde mısır üretim alanlarında bitkilerin borla beslenme düzeyi ile bor gübrelenmesinin dane verimi ve kalitesi üzerine etkisinin belirlenmesi. BOREN (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü), Proje No. 193.

Ye, Z. (2005). Effect of low temperature on plant boron nutrition. PhD Thesis, Murdoch University.

Zhang, Q. L. & Brown, P. H. (1999). The mechanism of foliar zinc absorption in pistachio and walnut. Journal of the American Society for Horticultural Science, 124(3): 312-317.