

## Bitkide Bor ve Etkileri

Ayten DEMİRTAŞ

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Erzurum ([Avtend@atauni.edu.tr](mailto:Avtend@atauni.edu.tr))

Geliş Tarihi : 08.07.2004

**ÖZET :** Bütün bitkiler normal gelişmeleri için bora ihtiyaç duyarlar. Kültür bitkilerinin bora dirençleriyle ilgili kesin bir sınırlama getirmek güçtür. Kültür bitkilerinin bora karşı dirençleri farklıdır. Toprakta veya sulama sularında fazlaca bor bulunması halinde bazı bitkiler etkilenmezler. Bir bitki besin elementi olan borun topraktaki düşük konsantrasyonları dahi bitkilere toksik etki yapmaktadır. Bu elementin fazlalığı da eksikliği gibi, bitki için tamamıyla tehlikelidir. Eksiklikler ve fazlalıklar bir derece meselesidirler ve bitkiler görünen işaretler göstermeden çok önce ciddi bir şekilde kalitelerini kaybedecekleri için, kullanılan kriterler bir etkinin yararlı veya zararlı olduğuna karar verilmesini belirleyeceklerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Bor, Bor Konsantrasyonu, Bitki, Toksik Etki, Tarımsal Etki.

### Boron In Plant And Its Functions

**ABSTRACT :** All plants need boron for their regular growth. It is difficult to define a limit of resistance against boron for culture plants. Their resistance against boron differs. Some plants are not affected when there are large amounts of boron in soil and irrigation water. Even low concentrations of boron in soil, which is a nutrient element for plants, have toxic effects on plants. Both excess and shortage of this element are dangerous for the plant. Excess and shortage is a matter of scale, and since plants will seriously loose their quality long before showing visible signs, criteria that are used will define the decision whether an effects is useful or harmful (Mc Elroy, 1958).

**Keywords:** Boron, Boron Concentration, Plant, Toxic Effect, Agricultural Effect.

### BİTKİ BESİN ELEMENTİ OLARAK BOR

Bütün bitkilerde az veya çok miktarlarda bulunan ve bitkilerin yaşamasını sağlayan elementlere ilave olarak minimal miktarlarda bazı diğer elementlere de ihtiyaç vardır. Bunlar Bor, Demir, Bakır, Manganez, Çinko, Molibden, Cobalt, Vanadyum, Wolfram gibi iz elementlerdir. Bu elementlerin çok yüksek bir katsayıları vardır ve çok az miktarlarda dahi optimum tesiri sağlamak için kafidirler (Güner, 1961).

Tarım yoğun bir şekilde geliştikçe elementlerin eksikliği de gittikçe artmaktadır. Bor değişken ölçülerde, bir çok bitkinin mikro besin maddesidir. Bütün bitkiler normal gelişmeleri için bir miktar bora ihtiyaç duyarlar. Yoğun tarımın yoğun bir şekilde sürdürülmesi elementlerin eksikliğini de beraberinde getirmektedir. Bu gün sadece N: P: K yönünden düşünmek yeterli olmamakta, diğer makro ve mikro elementleri de birlikte değerlendirmek gerekmektedir. Hububatları gübrelemeden çok daha fazlası gerekmektedir. Topraktaki bitki besin rezervlerinin çabuk bitebileceği göz önüne alınarak, bu olay sonucu ortaya çıkacak ekonomik problemlerle uğraşmamak için bitkilerin daha fazla bakımını yapmak gerekir.

Boron varlığının veya yokluğunun bitkiler üzerindeki etkilerini anlatan yayınlar, insanlar ve hayvanlar üzerindeki etkilerini anlatan yayınlardan sayıca oldukça fazladır.

Bundan 80 yıldan fazla bir zaman önce Warrington (1923), bakladaki besin yetersizliğinin kültür ortamında

bor elementi ile çözülebileceğini kanıtladığında, bor elementinin gerekli bir bitki besini olduğu ortaya çıktı. Daha önceden yapılmış çalışmalar bu elementin dışbudak ağacını meydana getiren elementlerden bir tanesi olduğunu ortaya koymuştur. Agulhan (1910), şalgam ve mısır bitkilerine bor verildikten sonra ürünlerde artış olduğunu gözlemlemiştir.

Warrington (1923)'un yapmış olduğu çalışmalar, bitki gelişiminde bor elementinin işlevini, bitki içerisine borun alınışı ve dağıtımı, hububat üretiminde etkileri ve besin yetersizliğinde rolü gibi konuları da beraberinde getirmiştir. Bir çok ülkede bor yetersizliğinden kaynaklanan problemler ve bunun sonucu olarak yetersiz stoklar ortaya çıkmıştır. Dünyanın her tarafında özellikle kırmızı pancarda kalp çürümüne, şalgamda aynı şekilde bozulmaya, kereviz ve karnabahar köklerinde kırılmaya veya bozulmaya neden olan hastalıkların bor eksikliğinden ortaya çıktığı bilinmektedir.

Boron bitkideki işlevleri üzerinde pek çok araştırma yapılmış olmasına rağmen bitki bünyesindeki fonksiyonları tam olarak anlaşılmış değildir. Parr ve Loughman (1983)'e göre bor bitkilerde a) şekerlerin taşınmasında b) hücre duvarı sentezinde, c) lignifikasyon olgusunda, d) hücre duvarı strüktürünün oluşumunda, e) karbonhidrat metabolizmasında, f) RNA metabolizmasında, g) solunumda, h) Indol asetik asit (IAA) metabolizmasında, ı) fenol

metabolizmasında, i) biyolojik membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli ve belirgin işlevlere sahiptir (Lukaszewski ve Blevins, 1996).

Borun bitkiler tarafından alınımı etkileyen en önemli toprak özelliği toprak pH'sıdır. Toprak pH'sındaki artışa ve gereğinden fazla kireçlemeye bağlı olarak bitkilerde bor alımı azalmaktadır (Bartleta ve Picarelli, 1973; Bennett ve Mathias, 1973).

Bitkilerde B alımı üzerine ortamda bulunan çeşitli besin elementlerinin önemli etkileri saptanmıştır. Örneğin Taban vd. (1995), buğday bitkisinde B alımının gelişme ortamında bulunan Ca miktarına bağlı olarak (%20'nin üzerinde) azaldığını belirlemiştir. Benzer durum Nx B arasında da belirlenmiş olup, özellikle bor içeriği yüksek olan topraklara azot uygulamasının bor alımını azaltmak suretiyle bir ölçüde yarar sağladığı saptanmıştır.

EI-Hadidi ve Arafa (1983), sera şartlarında alkalın reaksiyonlu ve organik maddece fakir bir toprakta yaptıkları çalışmada, şekerpancarına altı farklı (0, 1, 2, 3, 4 ve 5 ppm) seviyesinde bor uygulayarak bor miktarının 0 ppm' den 2 ppm'e kadar artmasıyla, şekerpancarının kök ve şeker veriminin arttığını ve bu artışın kontrole kıyasla 2 ppm bor uygulamasında sırasıyla %31 ve %38.8 oranında olduğunu belirlemiştir. Ayrıca, kök ve şeker veriminin uygulanan miktarlara paralel olarak azaldığı ve bu azalışın sırasıyla %18.6-45.7 ve %11.8-39.1 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Cattanach (1990), bitkiye elverişli bor miktarı 0.8 ppm olan bir toprakta tarla şartlarında şekerpancarına farklı dozlarda (0, 0.056, 0.112, 0.24 ve 0.48 KgB/da) bor uygulamıştır. Denemede şeker pancarının kök verimi, şeker oranı ve artırılmış şeker verimi üzerine uygulanan bor dozlarının etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı, ayrıca 0.056 kg B/da dan fazla uygulanmasının kök verimini kontrole göre azalttığı belirlenmiştir.

Çin'de elverişli bor içerikleri 0.30-0.65 ppm arasında değişen 4 farklı toprakta yapılan tarla denemelerinde şeker pancarına (0.1 kgB/da) boraks uygulanmasıyla kontrole göre kök veriminin %2.3-15.6, şeker oranının %0.3-0.4 ve şeker veriminin ise %0.7-19.7 arasında değişen düzeylerde arttığı belirlenmiştir (Li ve Liang, 1977).

Borun meyve ürünleriyle ilişkisi üzerine literatür artmaya devam etmektedir (Brenchley, 1947). Bir takım makaleler borun bitkiler ve toprak üzerindeki etkisinin çeşitli yönlerini ele almaktadır. Shive (1945), bitki yapısında borun tarihsel incelemesini vermiştir. Berger (1949), çeşitli ürünlerin bor içerikleri ve ihtiyaçlarının tablolarını hazırlamış ve Monier-

Williams (1949), çeşitli gıdaların bor içerikleri üzerine veriler toplamıştır. Jolivette vd. (1943), bor eksikliği olan lahana ve bahçe pancarındaki histolojik değişimleri anlatmıştır. Gauch, Dugger (1953), yakın zamanda, borun bitkiler üzerindeki doğru varsayılan 15 rolünü yerinde incelemiştir. Borun bitki hormonlarıyla ilişkili olduğu ve şekerlerin yer değiştirilmelerinde, hücrelerin su ilişkilerinde, bitkilerin üremelerinde, polenin filizlenmesinde rolü olduğu yönünde bulgular vardır.

Jones vd. (1963), bor içeriği yüksek olan topraklara uygulanan azotun narenciyelerde bor alımını azalttığını ve toksik etkinin giderildiğini tespit etmişlerdir. Bitkilerde K\*B arasında da dikkate değer bir dengenin bulunduğu bilinmektedir. Yeterli bor içermeyen topraklara uygulanan potasyumun, bor alımını daha da azaltarak bitkide noksanlık belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olduğunu belirtmişlerdir (EI-Kholi ve Hamdy, 1977). Işık intensitesinin bor alımı üzerine etkili olduğu-ışık intensitesine bağlı olarak fotosentez süresinin uzaması ve transpirasyon oranının artması sonucu bitkilerde bor alımının arttığı belirtilmektedir (McInnes ve Albert 1969; Çakmak vd., 1995).

Bununla birlikte, sorun sadece bir doğal olay gibi elementleri bitkiye verme değildir. Bazı ürünler, topraktaki yüksek dozdaki bor elementine karşı aşırı duyarlı olup, varlığından olumsuz yönde etkilenirler. Bu yüzden bir ürünündeki eksikliği giderirken, diğer besinler için, bu gidermenin zararlı olmayacağını garantiye almak önemlidir.

Şili nitratri kırmızı pancar gibi ürünlerde bor eksikliğini gidermek için yeterli derecede bor bulundurmaktadır ve kullanımında hiçbir zehir etkisi gibi probleme sebep olmaz.

50 yıldan fazla süren araştırmalara rağmen bor elementinin biyokimyasal işlevi tam olarak açığa kavuşmamıştır. Daha önceden yapılmış bir çalışma bor elementinin şekerin bulunduğu ortamlarda var olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Gauch ve Dugger (1953), nerede bor eksikliği olduğunu anlamının bir yolunun bitki köklerindeki şeker eksikliğine bakılarak anlaşılabilirliğini vurgulamışlardır. Bu eksiklik sadece köklerde değil, aynı zamanda kök uçları zarar görmüş çiçek ve meyve bitkilerinde de görülür. Bunun yanı sıra Neales (1959), %4 sakkaroz bulunan bir kültür ortamında, su içerisindeki keten bitkisinin köklerinde bor eksikliğinin var olduğunu kaydetmiştir. Bu bulgu, bor elementinin varlığının şekerin bulunduğu ortamlar alakalı bir işlevinin olmadığını ortaya çıkarır. Gelişimi bor eksikliğinden dolayı gerileyen keten kökleri yinede

buldukları o ortamdan belirli seviyede sakkaroz alabilirler. Bu yüzden, bor elementinin eksikliğinin gelişmeyi durduran etkisi kök hücrelerin şeker alamayışı ile alakalı değildir. Yinede, bor elementinin eksikliğinin ortaya çıkışı ile şekerden yararlanma ve şekerin bir başka yere aktarılması her ne kadar bu eksiklikten kaynaklanan ikinci plandaki bir etki görünse de azalır.

Dyar ve Webb (1961), bor elementinin fasulye bitkilerindeki etkisini incelerken bir sentetik bitki hormonu olan naftalin asetik asiti bor elementinin eksik olduğu bitkilerin kambiyum uçlarına vermişlerdir. Verilen bu hormon kambiyum uçlarının metabolik işlevine etki ederek durumun gelişmesine yardımcı olmuştur. Dyar ve Webb (1961), bor elementinin bitkilerin kambiyum uçlarında oksin ve indolasetik asitin biyosentezinde önemli bir rol oynadığını ortaya çıkarmışlardır. Büyüme veya gelişme sonucu ortaya çıkan yer değiştirme olayı olumsuz bir etkiden ziyade olumlu bir etki yaratmaktadır.

Bor elementi ve indolasetik asit arasında bir ilişkinin olduğu 20 yıl kadar önce Eaton (1940) tarafından düşünülmüştü. Bazı bor eksikliği belirtilerinin, indolasetik asitten yoksun bitkilerde ortaya çıkan belirtilere benzer olduğunu bulmuştur. Bor elementinin hormona şekil veren indolasetik asit ile yakından bir bağlantısı olabilir. Eaton (1940), ışığın az olduğu bir ortamda yetişmiş bitkilerde bor elementi ile indolasetik asiti yer değiştirebilmişti.

Coke ve Whittington (1968) tarafından yapılan çalışmalar bitkilerdeki bor elementi eksikliğinin, bir ihtimal, indolasetik asitin fazlalığından kaynaklanabileceğini göstermektedir. Coke ve Whittington (1968), bor elementi eksikliğinin kötü anatomik etkilerinin, indolasetik asit ve oksin bitki öldürücülerinin yüksek miktardaki konsantrasyonu ile üretilenlere benzer olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Fazla indolasetik asitin etkilerinden kurtulmanın bir yolu da verilmiş bor elementinin dozunu artırmaktan geçer. Bor eksikliği bulunan fasulye köklerinden alınan kesitler normal köklerden daha fazla indolasetik asit konsantrasyonu içerir görünmektedir. Sonuçta, bor elementi eksikliği, indolasetik asidi durduran enzim olan indolasetik asit oksidazın azalmasına neden olur. Bu enzimin durdurulması bitki hücrelerindeki indolasetik asitin seviyesini artırır. Bu hipotez, indolasetik asit oksidazın karbonik asit inhibitörlerinin bor elementi eksikliği ile arttığını bildiren Perkins ve Aronoff (1956)'in verileri ile doğrulanmaktadır. Ayçiçeklerindeki bor eksikliği belirtileri, bir diğer indolasetik asit oksidazı durdurabilen kafeyiksiz asitteki artışla alakalıdır.

Bor elementinin gerçek işlevi ne olursa olsun, en belirgin özelliği kök gelişiminde ortaya çıkmaktadır. Bu da Brown ve Ambler (1969)'ün yapmış oldukları tablonun (Tablo 1) besin çözücüsündeki bor elementi yoğunluğuna cevaben soya fasulyeleri köklerinin gelişimi üzerine ortaya koyan verileri ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Kök gelişiminin yavaşlaması genelde besin ile birlikte alınan bor elementinin 24 saat içerisinde tutumu ile gerçekleşir. Bu net bir şekilde bor elementinin hücre formasyonu ve gelişiminin ilk basamağındaki hücresel süreçlere etki eder. Aynı zamanda gelişen kökler, bor elementi çevrede yokken bir depo olarak görev yapan bor rezervlerini biriktiremediğini gösterir. Bor elementi, bol miktarda bor elementi içeren besin çözücüsündeki kök ucundan bor elementi olmayan aynı kök sisteminin bir diğer ucuna aktarılamaz.

Tablo 1. Besin çözücüsündeki bor elementi yoğunluğuna karşı soya fasulyesi köklerinin miktarı (Brown ve Ambler, 1969).

Bor elementi (uygulanan) mg/L	0	0.035	0.105	0.140
Yeni köklerin miktarı wt. (g)	10.6	10.7	16.2	17.5

Büyüme ortamında bor elementi eksikliği ile ortaya çıkan köklerdeki hızlı değişiklik bor elementinin kökler aracılığı ile toplanmadığını gösterir.

Vlams ve Willians (1970), yaklaşık hiçbir bor elementinin kullanılan manganeze karşın, arpa bitkilerinin köklerinde toplanmadığını doğrulamışlardır. Arpa köklerinin sıcaklık değişimine veya verilen bor elementinin yoğunluğundaki değişimlere rağmen bor içeriğinde bir artış gözlenmemiştir. Fakat, bütün şartlara rağmen, bitki yapraklarında daha çok bor oluştuğu kaydedilmiştir.

Bitki kökleri görünüşe bakılırsa normal bir gelişim için sürekli olarak bor elementine ihtiyaç duyar. Gelişen köklerde bor eksikliğine karşı aşırı hassasiyet bitki içerisindeki bor elementinin genellikle yerinin sabit olmasını gerektirir. Bu olay, bor elementinin, bol miktarda, bor içeren kök ucundan, bor elementi olmayan aynı kök sisteminde bir başka kök ucuna aktarılmadığını saptayan Albert ve Wilson (1961), tarafından kök sistemlerinde kanıtlanmıştır.

Michael vd. (1969), bütün bitkisi ile yaptıkları bir çalışmada, bitki gövdesinde borun yukarı doğru taşınmasının temelde ksilem iletim borularında gerçekleştiğini, bitkinin transpirasyon ile buhar halinde su kaybedilmesi sürdükçe borun bitkide yukarı doğru taşındığını ve bitkinin tepe organlarında biriktiğini

tespit etmişlerdir. Dünyanın pek çok bölgesinde topraktan kaynaklanan bor noksanlığının ürün miktarında ciddi kayıplara yol açtığı ve son 60 yılda 15 milyon hektarlık bir alanda bor gübrelemesinin yapıldığı rapor edilmektedir (Shorrocks, 1997).

Bitkilerin bor alım kapasitesi bitkiler aleminde oldukça değişiklik gösterir. Genelde çift çenekliler, tek çeneklilerden daha fazla bor alma kapasitesine sahiptirler. Yine de bor tartışmasız olarak her iki bitki grubu içinde gerekli bir elementtir. Bu alım kapasitesindeki değişiklik Tanaka (1967), tarafından gösterilmiştir.

Tablo 2' deki veriler arpa için 3 µg/g'dan salatalık için 30 µg/g'a kadar değişiklik gösteren bor alımını vermektedir.

Tablo 2. Bitkilerdeki bor alım kapasitesi (Tanaka, 1967).

Bitki türleri	Bor alım kapasitesi (µg/g) kuru kökler
Salatalık	30
Ayçiçeği	28
Turp	19
Domates	15
Beyaz karanfil	II
Taze fasulye	II
Kaba yonca	10
Buğday	5
İtalyan çavdarı	4
Yulaf	4
Mısır	4
Arpa	3

Bitki içerisinde bor elementi geçişinin olmayışı daha ayrıntılı bir şekilde çift çenekli 9 tür tarla bitkisinde McIlrath (1965) tarafından incelenmiştir. Bu inceleme sonucu sadece pamuk ve şalgamda bor yetersizliğine cevaben yüksek dereceli bor hareketinin olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer türlerde bor elementinin hareketsiz olduğu, hatta köklerde belirgin bir şekilde bor eksikliğinin olduğu görülmesine rağmen bu hareketsizliğin devam ettiği belirlenmiştir. Brokoli bitkisi gerektiğinde kendi içerisinde bor dağıtımını yapabilmektedir. Bor elementi fazlalığında, brokoli bitkisindeki bor hareketlenir ve sürekli olarak en yeni bitki hücrelerine kadar ulaşır.

Yapraklardaki bor eksikliği kolayca açıklanamamaktadır. Bor aşırı miktarda bulunursa otomatik olarak odunsu ve kalbur dokularda bitki uçlarına gider. Bor aynı zamanda bitkilerdeki suyu çözücü kılar. Bu yüzden bor elementinin durgunluğu kimyasal fiksasyon veya indirgenme reaksiyonlarına

başvurarak açıklanmaktadır. Oertli ve Richardson (1970), bor elementinin başlangıçta terleme yoluyla yapraklara taşındığını sonra bor yoğunluğunun oldukça yüksek olduğu yaprak uçlarındaki kalbur dokuya geçtiğini ortaya koymuşlardır. Bu olay bor yoğunluğu nispeten düşük olan odunsu dokuya gelişte son bulur. Odunsu dokuya geçmiş olan bor bir kez daha terleme yoluyla yaprak uçlarına taşınır. Bu da bor elementinin aynı bölgede yoğun olarak hareketliliğine yol açar. Baştan sona meydana gelen bu olay bor elementinin dönüşümlü hareketini sağlar ve bor elementinin dışa doğru akışını ve uzun mesafelere gidişatını engeller. Sonuç olarak kökteki bor eksikliği yapraklardan gelen bor ile giderilmez.

Laboratuvar testleri her zaman tarla denemeleri ile doğrulanmadıkları için değişik testler arasındaki karşılaştırmalar yanlış yönlendirici olabilirler. Metotlar, bulgular ve diğer bitki reaksiyonlarının detaylı bir açıklaması Eaton (1940), tarafından yayınlanmıştır. En hızlı büyümeyi sağlayan seviyeden daha düşük bor konsantrasyonlarında 72 ekimden 19'u en azından hafif yaprak hasarı gösterdiğinden faydalı ve zararlı etkiler bir miktar çakışmıştır. Eaton (1940), bitkilerdeki hareketi ve dağılımını etkileyen faktörlerin hemen hemen substratın bor sağlayıcı gücü kadar, bor ihtiyacını belirlemede önemli olduğu sonucuna varmıştır. Eksiklikler ve fazlalıklar bir derece meselesidir ve bitkiler görünen işaretler göstermeden çok önce ciddi bir şekilde kaybedebilecekleri için kullanılan kriterler bir etkinin yararlı veya zararlı olduğuna karar verilmesini belirlemeyeceklerdir (McElroy, 1958).

### BİTKİLERDE BOR NOKSANLIĞI

Kültür bitkilerindeki bor noksanlığı diğer iz element noksanlıklarına göre daha yaygındır. Borun eksik olması genel olarak bitkide çeşitli dokuların oluşumunu ve gelişimini yavaşlatır, bitkilerin su düzenini bozar, Bor noksanlığından ötürü bitkinin kabuk kısmı (Kambiyum ve Phloem) çok defa çürür ve aynı zamanda kabukta fazla miktarda reçine ve zamlar teşekkül eder. Kabuktaki asimilasyon mahsüllerini taşıyan, yarayışlı kanalların tıkanması yapraklarda karbonhidratların birikmesine sebep olur. Aynı zamanda proteinlerin sentezi duraklar ve bunun neticesi olarak yapraklarda çözünebilen azotlu bileşikler birikir. Bor zararı karakteristik olarak uç yapraklarda, olgun yaprakların damar aralarında kloroz ve nekrosisler şeklinde ortaya çıkar.

Bitkiler özellikle de kökler olmak üzere sürekli olarak bora ihtiyaç duyarlar. Borun kök gelişiminde

önemli bir etkiye sahip olduğu öne sürülmüştür. Çok az bitki köklerinde bor eksikliği olduğunda bile yapraklardan köklere bitkinin kendinden bor dağıtımı yapabilir. Tek başına bor, bitkide yavaş hareket eder ve yaşlı dokulardan bor ihtiyacının fazla olduğu noktalara taşınmaz. Bunun için genç yapraklarda sık kıvrımlar teşekkül ettikten ve diğer anormal oluşumlar meydana geldikten sonra kendini gösteren bor noksanlığı önce büyüme noktalarında görülür. Aynı zamanda bir müddet geçtikten sonra bir çok yeni dal ve sürgünler teşekkül eder. Kabuğun çatlaması, zamklaşması genç dalları kuruttuğu gibi çiçek ve meyvelerin anormal teşekkül etmesi bor noksanlığında sık sık rastlanan belirtilerdir. Bitkilerde bor noksanlığı bazı görünlümlere sebep olur. Bor noksanlığı belirtileri bitkinin tip ve yaşına göre değişirse de ortak belirti tepe tomurcuk veya sürgününün ölmesidir. Daha sonra yan tomurcuklar oluşursa da bunlar da ölür. Bor noksanlığı fazla değilse tepe kısmı solgunlaşır. Yapraklar kıvrılır bazen de sararır. Petiols ve yaprak kırılma hale gelir, çiçek açmaz eğer açarsa meyve olmaz, kök gelişmez. Bununla birlikte bora dayanıklı bazı bitkilerde bu tür semptomlara rastlanmayabilir. Jolivette ve Walker (1943), bor eksikliği olan lahana ve bahçe pancarındaki histolojik doku değişimlerini anlatmıştır. Beyaz karanfilde tohum oluşumu Johnson ve Wear (1967), tarafından yapılan çalışmalara göre bitkisel büyümeye göre daha fazla bora ihtiyaç gösterir. Fıstık da yoğun şekilde bora ihtiyaç duyar. Bor eksikliğinde, hasat ve kalite, zayıf meyve gelişimi ve hasarlı çenek yaprağından dolayı önemli derecede azalmaktadır. Coke ve Whittington (1968), ağaçların ürünlerinde de bor eksikliğinin etkili olduğunu ifade etmiştir. Perry ve Chilton (1973), genç çamların üst kısımlarının kurumasının bor eksikliğinden kaynaklandığını söylemektedirler.

Borun bitkilerde vejetatif gelişmeye göre generatif gelişimde daha büyük önem taşıdığı, ortamda yeterli düzeyde bor bulunmadığı zaman bitki kök ucunda hücre büyüme ve bölünmesinin engellendiği, kök uzamasının gerilediği ve kök sisteminin bodur ve çalılışmış bir görünüm aldığı bilinmektedir. Dell ve Huang (1997) bor noksanlığında bitki kök ucunun gövdeye oranla gelişiminin azaldığını, dolayısıyla gövde/kök oranının artması nedeniyle bitkinin stres koşullarına (diğer bitki besin elementleri veya su noksanlığı gibi) hassasiyetinin önemli ölçüde arttığını belirtmektedirler. Ayrıca, bor noksanlığında deoksiribonükleik asit (DNA) sentezinin, ribonükleik asit (RNA) miktarının ve hücre bölünmesi ve kök uzamasının da önemi düzeyde azaldığı tespit edilmiştir (Moore ve Hirsch, 1983; Ali ve Jarvis, 1988).

Bor eksikliği toprağın ve bitkilerin analizi ile teşhis edilebilir. Doku analizleri özellikle de bitkilerdeki bor hareketsizliğinden dolayı yararlı olmuştur. En genç yaprakların analizi bitkilerdeki borun statüsü hakkında bize bir bilgi verebilir. Sağlıklı çift çenekli bitkiler genellikle biraz daha fazla bora ihtiyaç duyarlar, yapraklarında en az 20 ppm bor içerirler. Kambiyumsu bölgelerde büyüme açısından indolasetik asit hormonla olan etkileşimiyle geçer. Bor şeker taşınımında temel bir rol oynamaz görünüyor, fakat kambiyumlarda şekerden yararlanma oranını kontrol ederek dolaysız bir etki yapar.

Her ne kadar bor noksanlığı bütün topraklarda görülürse de, bor noksanlığına hafif topraklarda ağır topraklardan daha sık rastlanır. Dönüme 2-4 kg boraks veya borlu süperfosfat vermekle bor noksanlığı önenebilir. Kurak devrenin birden bire bastırması ve toprakta fazla kirecin bulunması bor noksanlığını teşvik eder.

Bir çok çeşit bitki kök ürünler mısır, mera bitkileri ve ağaç ürünleri dahil bor yetersizliğinden etkilenmişler. Bor eksikliğini gören bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şekerpancarı) kaba yoncalar, meyve ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bor eksikliği gübre borun uygulandığı ile düzeltilebilir. %0,05 oranında bor içeren Şili nitrati tek bir şekilde dağıtılabildiği için yerleşmiş bölgelerde bor zehirlenme tehlikelerini aza indirecek etkili bor gübresidir. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks pentahidrattan mamul bir gübre kullanılmaktadır. Ayrıca suda eriyebilen sodyum pentaborat veya disodyum extaborattan mahsulün üzerine püskürtülmek suretiyle faydalanılmaktadır.

### **BOR FAZLALIĞI VE BİTKİLERİN BORA TOLERANS DURUMU**

Bor elementinin fazlalığı da eksikliği gibi, bitki için tehlikeli olmaktadır. Bu elementin ve bileşiklerinin sularda ve toprakta belirli bir konsantrasyonda bulunmasının insan, hayvan ve bitkilere zararlı etkileri bulunduğu tespit edilmiştir (Göncü, 1982).

Borun bitkiler için optimum ve toksik düzeyleri arasındaki fark oldukça düşük olduğundan bitkilerin bor toksitesi ve etkinliğini ayarlamak oldukça güçtür. Bu nedenle bitkilerde noksanlık ve toksitite belirtileri en yaygın görülen mikro elementlerin başında bor gelmektedir (Keren ve Bingham, 1985; Sakal ve Singh, 1985; Goldberg, 1997).

Borun bitkiler için gerekli miktarı ile zehirli miktarı arasında çok dar bir sınır vardır ve bu sınır bitki türlerine göre değişmektedir. Bitki varyeteleri arasında dahi farklar görülür. Toprakta veya sulama sularında

fazla bor bulunması halinde bazı bitkilerin zarar görmelerine karşılık bazıları etkilenmezler. Bor fazlalığında büyüme noktaları uzun zaman sıhhatli kaldıkları halde yaşlı yapraklar zarar görür. Kökler de zarar görür ve ölürlür.

Bitkiler bor isteklerine göre muhtelif şekilde sınıflandırılabilirler.

1.Bitkiler bor noksanlığı belirtilerini göstermeye başladıkları noktaya göre gruplandırılırlar. Mesela yonca için bu kritik seviye 20 ppm, elma ve şeker pancarı için 14 ppm, tütün için 10 ppm'dir. Marul eksiklik belirtilerini ancak bitkinin bor kapsamı 30 ppm' e düştüğünde gösterir.

2.Yeterli bor içeren topraklarda yetiştirilen

bitkilerin bünyesindeki bor önemlidir. Bünyelerindeki fazla bor bulunan bitkiler bora daha toleranslı kabul edilir. Bitki bünyesinde bulunan miktarlar arpada 2,3 ppm, mısırdaki 5 ppm, tütünde 25 ppm, şalgamda 49 ppm, pancarda 75 ppm, haşhaşta 94,7 ppm' dir. Bu sınıflandırmaya ait rakamlar Tablo 3'de verilmiştir (Berger, 1949).

3.Bitkiler normal verim verdikleri topraktaki bor seviyelerine göre sınıflandırılabilir. Buna göre bitkiler 0,1 ppm' den daha az bor kapsayan topraklarda 0,1-0,5 ppm bor kapsayan topraklarda ve 0,5 ppm' den daha fazla bor kapsayan topraklarda yetişen bitkiler olarak Tablo 4'de verildiği şekilde 3 gruba ayrılır (Berger, 1949).

Tablo 3.Toprakta yetiştirilmiş bitkilerin üst kısımlarda bulunan bor kapsamları (Berger, 1949)

Bitki çeşidi	Kuru maddenin bor kapsamları ppm	Bitki çeşidi	Kuru maddenin bor kapsamları ppm
Arpa	2,3	Şalgam	49,2
Çavdar	3,1	Siyah hardal	53,3
Pırasa	3,1	Turp	64,5
Buğday	3,3	Pancar	75,6
Mısır	5,0	Kara hindiba	80,0
Ispanak	10,4	Sütlağan otu	93,0
Köpek üzümü	11,0	Haşhaş	94,7
Hindiba	13,1	Çayır otu	3,2
Bezelye	21,7	Soğan	4,3
Beyaz hardal	22,7	Keten	7,1
Muz	22,5	Kereviz	11,9
Havuç	25,0	Ebegümeci	13,7
Tütün	25,0	Patates	13,9
Korunga	36,2	Bakla	5,4
Lahana	27,1	Domates	15,0
Soya fasulyesi	37,2	Yonca	25,0
Mercimek	41,4		
Kidney fasulyesi	43,0		

Tablo 4. Bazı Tarla Bitkileri İle Bazı Sebzelerin Bor İstekleri, Optimum Yetiştirme İçin Toprakların Elverişli Bor Kapsamları (Berger, 1949).

Fazla bor isteyen bitkiler >0.5 ppm	Orta bor isteyen bitkiler 0.1-0.5 ppm	Az bor isteyen bitkiler <0.1 ppm
Elma	Tütün	Buğday
Yonca	Domates	Yulaf
çayır üçgülü	Yeşil salata	Çavdar
Kırmızı üçgül	Şeftali	Arpa
Ak üçgül	Kiraz	Sert buğday
Ak taşı yoncası	Zeytin	Mısır
Kırmızı pancar	Ceviz	Soya fasulyesi
Şeker pancarı	Pamuk	Bezelye
Hayvan pancarı	Tatlı patates	Yeşil fasulye
Şalgam	Yerfıstığı	Lima fasulye
Lahana	Havuç	Fasulye
Kara lahana	Kestane	Çilek
Karnabahar	Lambert fıstığı	Narenciye
Kuşkonmaz	Soğan	Ahududu
Ayçiçeği	Armut	Beyaz patates
Turp		Çayır
Brüksel lahanası		Keten
Kereviz		
Yonca		
Turp		

4. Bor bir alana genellikle su ile taşındığından sulama suyunun bor içeriğine göre hem sular hem de bitkiler gruplandırılabilir. Eaton, (1940)'a göre 0,3-1,0 ppm bor seviyesinde bor hassas bitkiler, 1,0-2,0 ppm bor seviyesinde bora orta hassas bitkiler, 0-4,0 ppm bor seviyesinde bora toleranslı bitkiler yetişir

Richards (1954), Tablo 5'de sulama sularının bor kapsamına göre sınıflandırılması ve bu sınıflandırmada yetişen bitkiler görülmektedir.

Farklı iklim, çeşit ve özel şartlar altında tabloda belirtilen bora duyarlılıklarının da değişebileceği unutulmamalıdır. Örneğin sulama suyundaki belirli bir konsantrasyondaki borun, toprak solusyonunun bor içeriği üzerine etkisi, toprak karakteristikleri ve amenajman tedbirleri ile değiştirilebilir.

Bitki besin elementi olan borun topraktaki düşük konsantrasyonları dahi bitkilere toksik etki etmektedir.

Genel bir kural olmamakla beraber kurak ve yarı kurak bölgelerde toksik etkisine daha fazla rastlanır. Ekseriye tuzlu topraklarda bor fazlalığı görülmektedir. Toprak çözeltisinde bor etkili olmaktadır. Toprakların saturasyon ekstraktında 0,7 ppm bor içeriği ve daha aşağısı hassas bitkiler için normal tolere edilebilir sınır olarak kabul edilebilir (Sezen, 1988) Saturasyon ekstraktında müsaade edilen limitler şöyledir. 0,7 ppm'e kadar hassas bitkiler zarar görmez. 0,7-1,5 ppm kabul edilebilir konsantrasyondur. 1,5 ppm'den fazla bor tehlikelidir. Ancak bora toleranslı bitkiler zarar görmez. Kültür bitkilerinin bora dirençleriyle ilgili kesin biçimde bir sınırlama getirmek güçtür. Kültür bitkilerinin bora dirençleri farklıdır. Örneğin limon 1 ppm bordan zarar görmesine karşılık yonca 1-2ppm bor düzeyinde daha iyi gelişir.

Tablo 5. Sulama sularının bor kapsamına göre sınıflandırılması ve bitkilerin sulama sularındaki bora toleransları (Richards, 1954).

Sınıfı	Ürün Grubu		
	Hassas (ppm)	Orta Tolerans (ppm)	Toleranslı (ppm)
1. Çok iyi			
2. İyi	0.33	0.67	1.00
3. Kullanılabilir	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
4. Şüpheli	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
5. Uygun değil	1,00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
	1.25	2.50	3.75
	1.0 ppm	2.0 ppm	4.0 ppm
	Pıkan Cevizi	Ayçiçeği	İlgün (Tamarix)
	Karaceviz (J. Nigara)	Patates	Kuşkonmaz
	İng. Cevizi (J. Regia)	Pamuk	Palmiye
	Filistin enginarı	Domates	Hurmen
	Fasulye	Turp	Şeker Pancarı
	Karaağaç	Bezelye	Hayvan Pancarı
	Erik	Zeytin	Yemeklik Pancar
	Armut	Arpa	Yonca
	Elma	Buğday	Bakla
	Amma	Mısır	Soğan
	Kadota inciri	Darı	Şalgam
	Trabzon Hurması	Yulaf	Lahana
	Kiraz	Helvacı kabağı	Marul
	Şeftali	Dolma Biber	Havuç
	Kayısı	Tatlı Patates	
	Dut	Lima Fasulyesi	
	Portakal		
	Avokado		
	Greyfurt		
	Limon		
	0.5 ppm	1.0 ppm	2.0 ppm

Bor toksitesi görünümlerini şöyle sıralayabiliriz:

1. Uç yanmaları

Yaprak uçları sararır ve sonra kahverengi olur ve kurur. Toksite çok şiddetli ise yanmalar görülür. Bu tip hasar limon, portakal, greyfurt, siyah cevizde görülür.

2. Uç ve kenar yanmaları

Bu tip yanmalar hububat ve çim yapraklarında görülür. Uç yanar kenarları sararır. Buğday, mısır, çavdar ve arpa bitkilerine olduğu gibi.

3. Kenar yanmaları

Yaprakların kenarları toksitenin şiddetine bağlı olarak yavaş veya hızla yanar. Kenarlarının gerisinde büyüme devam ettiğinden yapraklarda karakteristik olan büyüme ve büzülme olur. Bu tip görünüm gösteren bitkiler çilek, yonca, pamuk, gül ve meşedir.

4. Belirsiz sahalalar

Bazı bitkiler bor toksitesi için karakteristik bir görünüm göstermezler. Kenarlarda ve yaprak ayasında kahverengi sahalalar olur. Bu tip görünüm gösteren bitkiler, üzüm, incir, fasulye, biber, domates, patates, ayçiçeği, pancar şalgam, bezelye, avokado, sakız kabağı.

5. Damarlar arası ölü alanlar

Bu bitkilerde kahverengi alanlar evvela kenarlarda gözükür sonra damarlar arasına yayılır. Ceviz ağacı bor fazlalığına karşı böyle bir görünüm gösterir.

Doğal olarak sulama sularının tümünde bor bulunur. Fakat konsantrasyonu çok düşüktür. Bor bileşikleri suda çok rahatça çözünebildikleri için bor endüstri atıklarının çevreye olan zararları artmaktadır. Çeşitli şekillerde özellikle yağmur sularıyla toprağa ve sulara geçen bor bileşikleri Pb, Cu, Co, Ni, Cd ve diğer ağır metallerle kompleksler meydana getirmekte ve bu elemelerin potansiyel zehirliliklerini artırmaktadır (Boncukçuoğlu, vd., 2003).

Gerek sulama suyunda gerekse toprakta yüksek düzeyde bor bulunması bor toksitesi nedeniyle ürün kayıplarına yol açmaktadır. Bu sorun özellikle yarı kurak bölgelerde ortaya çıkmaktadır (Staiger ve Machelet, 1984). Ülkemizde Orta Anadolu Bölgesi başta olmak üzere kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde toprakların B kapsamının yüksek olması, bu topraklarda yetiştirilen bir çok bitki türünde bor toksitesinden kaynaklanan verim düşüşlerine yol açmaktadır (Anon., 1982).

Doğada elementel halde bulunmayan bor genellikle sodyum borat (boraks) ve kalsiyum borat (kolemanit) şeklinde bulunmaktadır. Sulardaki bor miktarı geniş sınırlar içerisinde değişmektedir. Bunun pH ile ilişkisi olup 100 ppm'e kadar çıkmaktadır. Sulama sularında bor konsantrasyonunun 1 ppm'den az olması istenir, 2ppm'den fazlası bazı bitkiler için

zararlıdır. Borun sulama sularındaki optimum sınırı 0,03-0,04ppm arasındadır. Sulama sularındaki bor miktarının 4ppm'den yüksek olduğu durumlarda ise bütün bitkiler için toksik etki yapacağı belirtilmektedir.

pH'ya bağlı olarak sularda bulunabilecek bor biçimleri

pH<9.2 olduğunda borikasit ve tetra borat iyonu biçiminde bulunur.

pH=9,2 olduğunda tatraborat iyonu halinde bulunur.

pH=9.2 olduğunda meta borat iyonu halinde bulunur.

Bor parametresi ile ilgili olarak standartlarda suyun çeşitli kullanımları için suni değerler verilmektedir.

Ülkemizde boraks işletmelerinin bulunduğu bölgelerde ve jeotermal amaçlı kuyulardan çıkan atıkların karıştığı yer altı ve yerüstü su kaynaklarının bor konsantrasyonu yüksek olabilmekte ve sulama açısından tehlikeli sorunlar yaratacak durumdadır. Buna örnek olarak Sındırgı, Bigadiç, Balıkesir ovalarını sulayan Simav çayının memba tarafında bulunan boraks işletmelerinin suyu ile kirlenmesi ve bor içeriğinin 7 ppm'e kadar yükselmesi gösterilebilir. Ayrıca B. Menderes havzasının yukarı kısımlarında Germencik ve Sarayköy'de açılmakta olan jeotermal amaçlı kuyuların atıklarının B. Menderes nehrine açılması geniş tarım alanlarında borla kirlenmeye neden olabilecektir. Ege bölgesinde, buna benzer örnekler, Balçova ovasının yer altı sularının borla kirlenmesi, Eskişehir Kırka yöresindeki boraks madenleriyle kirlenme katılabilir.

Bor özellikle bitkiler için önemli bir parametredir. Çünkü çeşitli şekillerde çevreye yayılan bor ve bor bileşikleri yağmur sularının etkisiyle yer altı sularına veya doğrudan akarsulara karışarak bu suların kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yapabilmektedir. Sulama sularındaki bor fazla miktarda bulunduğu zaman bitkiler için son derece zararlıdır. Toprakta veya sulama suyundaki bor derişimin belirli sınırları aşması durumunda bitki yaprağında sararma, yanma ve yarılmalar, olgunlaşmış yapraklarda dökülme ve büyüme hızının yavaşlaması ile üründe verimin azaldığı gözlenmektedir (Boncukçuoğlu ve Kocakerim, 2003).

Çağımızda oldukça fazla kullanım alanına sahip olan bor stratejik öneminin yanında, tarımsal açıdan değerlendirildiğinde alıcı ortama, dolayısıyla bitkilere canlılara şiddetli zarar verecek özelliklere sahiptir. Bu nedenle gerek stratejik değerinden dolayı geri kazanım, gerekse tarımsal açıdan olumsuz etkilerinden dolayı giderim şeklinde alıcı ortamlardan uzaklaştırılmalıdır.



Eğer alıcı ortamdan uzaklaştırılma imkanı yoksa, bora dayanıklılık durumuna göre tarım yapılması yönüne gidilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Agulhan, H. 1910. Emploi du bor comme engrais catalytique. Comptes Rendus Acad. Sci., 150,288-291.
- Albert L. S., Wilson C. M., 1961. Effect of boron on elongation of tomato root tips. Plant Physiology, 36, 312-315.
- Anonymous, 1982. Micronutrients and The Nutrient Status of Soils. A Global Study, FAO Soils Bulletin No: 48, Rome.
- Bartleta, R.J., Picarelli, C.J., 1973. Availability of boron and phosphorus as affected by liming on acid potato soil. Soil Sci. 116:77-83.
- Bennett, O.L., Mathias, E.L., 1973. Growth and chemical composition of crownvetch as affected by lime, boron, soil source and temperature regime. Agron. J. 65: 587-593.
- Berger, K. C., 1949. Has compiled tables of the boron content and requirements of various Crops. Avdan, Argon., 1,321.
- Boncukçuoğlu, R., Kocakerim, M. M., Yılmaz E. A., Yılmaz T. M., 2003. Bor Elementinin çevresel Açidan Değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum.
- Brenchley, W. E., 1942. The relation of boron to fruit crops continues to expand. Botton Rev., 13, 169.
- Brown J. C., Ambler J. E., 1969. Characterization of boron deficiency in soybeans. Pysologia Planlarum, 22, 177-185.
- Cattanach, A. 1990. Boron fertilization of sugarbeet in the red river valley. Sugarbeet research and extension reports. Volume 21, page. 1 18.
- Coke L., Whittington W. J., 1968. The role of boron in plant growth. 4. Interrelationships between boron and indol 3yl-acetic acid in the metabolism of bean radicles. Journal of experimental Botany, 19. 295308.
- Çakmak, İ., Kurz H., Marschner, H., 1995. Short-term effects of boron, germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. Physiologia Plantamm 95: 11-18.
- Dell, B., Huang, L., 1997. Physiologocal response of plants to law boron. Plant and Soil. Vol., 193(1-2): 103-120
- Dyar J. , WEB B K. L., 1961 Arelationship between boron and auxin in C<sup>14</sup> translocation in bean plants Physiology., 36. 672-676.
- Eaton F. M., 1940 İnterrelations in the effects o boron and indoleacetic acid in plant, growth. Botanical Gazete, 101. 700-705.
- El-Hadidi, E.M., Arafat, A.A., 1983. Effect of Boron On Sugarbeet. J. Agric. Sci. Mansouna Univ. 8(4): 1141-1154.
- El-Kholi, A.F., Hamdy, A.A., 1977. Boron potassilim interrelationship in alfalfa plants. Egypt J. Soil Sri. 17:87-92.
- Göncü, N., 1982. Dünya ve Türkiye'de Metal ve Mineral Kaynaklarının Potansiyeli, Ticareti, Beklenen Gelişmeler, 10. Bor Mineralleri, M.T.A. Enst. Yayınları, 187, Ankara
- Guch, G., Duggar, W. M. Jr., 1953. The role of boron in the translocation of sucrose. Plant Physiology., 28, 457-466.
- Güner, H., 1961. Gübreleme Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 40, İzmir.
- Johnson W.C., Wear J. I., 1967, Effect of boron on white clover (Trifolium repens lo) Seed Production. Agronomy Journal, 59, 204-206.
- Jolivet, J. P. And Walker, J. C., 1943. Have described histologic changes seen in boron-deficient cabbage and garden beet. J. Agr. Res. 66.167.
- Jones, W.W., Embleton, T.W., Boswell, S.B., Steinacker, M.L., Lee B.W., Barnhart, E.L., 1963. Nitrogen control program for orange s and high sulfate and lor high boron. Calif. Citrogr. 48(107): 128-130.
- Keren, R., Bingham, F.T., 1985. Boron in Water. Sois and Plants. In Adv. In Soil Sci. (Fd. By B.A. Stewart) Vol.I: 229-276. Springer-Verlag.
- Li, Y., Liang, H., 1977. Soil boran content and effects of boran application on yields of Maize, rice and sugarbeet. In Heilonggiang Province. PR China. R.W. Beli and B.Rerkasem (eds). Boron in Soils and Plants 1721, Kluwer Ac. Pub. The Netherlands.
- Lukaszewski K.M., Blevins, D.G., 1996, Root growth inhibition in boron defici en tor aluminium stressed scuash may be aresult of impaire d'ascorbate metabolism, plant physiol112-1135-1140.
- McElroy, W. D., 1958. Boron, Metallo-Boron Compounds and Boranes. Public Health Rept. 73, 747.
- McInnes, C.B., Albert, L.S., 1969. Effect of light intensity and plant size on rate of development of early boran deficiency symptoms in tomato root tips. Plant Physiol. 44:965-976.
- Mcllath W. J., 1965. Mobility of boran in several dicotyledonous plats. Botanical Gazete, 126, 27-30, 35.
- Monier-Williams, G. W., 1949. Trace Elements İn Food, Wiley, New York, pp, 380 - 395.
- Moore, H.M. ve Hirsch, A.M., 1983. Effect of boron deficiency on mitosis and incorporation of tritiated thymidine into nucleic of sunflower root tips. Am. J. Bot. 70:165-172.
- Neales T. F., 1959. The boron requirement of flax roots grown in sterile culture. Journal of Experimental Botany, 1959, 10,426-436.
- Oertli J. J., Richardson W. F., 1970. The mechanism of boran immobility in plants. Physiologia planlarum, 23. 108-116.
- Parr, A.J., Loughman, B.C., 1983. Boron an membrane functions in plants. P. 87107, İnMetals and Micronutrients; Uptake and utilization by Plants (D.k Robb and W.S. Pierpoint, eds). Annu. Proc. Phytochem, Sac. Eur, No:21 Academic Pres, London.
- Perkins H., Aronoffs., 1956, İdentification of the blue-flue rescent compounds in boran deficient plants. Archives of Biochemistry and Biophysics, 64, 506.
- Perry, R.H., Chlilton, C.H., 1973, Chemical engineers handbook. 5th ed. New York, NY: McGraw Hill Book Co.
- Richards, L. A., 1954. Diagnosis and impravement saline and alkali Soils. U. S. Dept. Agr. Handbook. 60.
- Sakal, R, Singb, AP., 1995. Boron re search and agricultural production. İn micronutrient res. Agric. Prod. (Ed. Tondon, His) p: 1-31. Fert Dev. And Cons. argo New Delhi. India.
- Sezen, Y., 1988. Suların Genel Özellikleri ve Kalitesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Shive, J.W., 1945. Has provided an historical survey of boron in plant life, Soil Sci., 60, 41.
- Shorrocks, V.M., 1997. The oeuranee and corection of boran deficiency. Plant and Soil. Vol., (1-2): 121-148.
- Taban, S., Alparslan, M., Kütük, C., İnal A., Erdal, İ., 1995. Relationship between boron and cakitim in wheat (Tritieum aestivum L) . Soil Fertility and Fertilizer Management 9 th International Symposium of CIEC. P: 8590,25-30 September 1995. Kuşadası, Turkey.
- Tanaka H., 1967. Boron adsorption by plant roots, plant and Soil, 27, 300-302.
- Vlams J., Willians D. E., 1970. Comparatiye aecumulation of manges and boron in barley tissue, Plant and Soil, 33, 623-628.
- Warrington K., 1923. The effect of borie acid and borax on the broad bean and certain other plants. Annals of otany, 37, 457-466.