

Bor Bileşikleri ve Tarımda Kullanımı

Ayten DEMİRTAŞ

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Erzurum (aytend@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 08.07.2004

ÖZET : Bor doğada serbest olarak bulunmaz, diğer elementlerin oksitleriyle birlikte B_2O_3 halinde bulunur. Bor mineralleri genellikle Na, Ca, Mg gibi bor alkali ve toprak alkali metallere birleşik hidratlı boratlardır. Bor mineralleri ve türevlerinin kendilerine özgü bir çok özellikleri bunların yerlerinin doldurulmasını olanaksız kılacak niteliktedir. Tarımda, bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini artırmak veya önlemek amacıyla, biyolojik gelişim ve kontrol kimyasallarında bakterisit ve fungusit olarak küflenmeyi önlemek amacıyla, yavaş eriyen gübre üretiminde kullanılmaktadır. Bor, sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle yabancı otların yok edilmesi veya toprağın bitki yetiştirme ortamı olarak stabilize edilmesi gereken durumlarda da kullanılmaktadır. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şeker pancarı), kaba yoncalar, meyve ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks penta hidrattan mamul bir gübre kullanılmaktadır. Ayrıca suda eriyebilen sodyum pentaborat veya disodyum extaborattan mahsulün üzerine püskürtülme suretiyle faydalanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bor, Bor Bileşikleri, Biyolojik Gelişim, Gübre Üretimi, Tarımsal Etki.

Boron Compounds And Their Potential Of Use In Agriculture

ABSTRACT : Boron is not found in nature as a pure element. It is found as oxides with other elements in the form of B_2O_3 . Boron minerals are generally hydrated borates which are compounded with boron alkali and soil alkali metals such as Na, Ca, and Mg. Various distinctive characteristics of boron minerals and derivatives make it impossible to replace them with others. All plants need boron for their regular growth. It is difficult to define a limit of resistance against boron for culture plants. In agriculture, boron minerals are used in biological growth and control chemicals to improve or prevent the growth of vegetation. Boron minerals are used in the production of slow-dissolving fertilizers to prevent molding as bactericide and fungicide. Boron is also used with compounds such as sodium chloride and bromosole to remove wilding or to stabilize the soil as an environment for growing plants (Groenewald, 1976). Tuber plants (especially sugar beet), clovers, alpha alphas, fruit trees, grape, olive, tobacco, and cotton are among the plants that boron shortage is observed. In such situations, a fertilizer made from waterless borax and borax pentahydrate is used. Sodium pentaborate that can be dissolved in water, or disodium extaborate are also used by spraying on the crop.

Keywords: Boron, Boron Compound, Biological Growth, Fertiliser Production, Agricultural Effect.

BOR BİLEŞİKLERİ VE TARIMDA KULLANIM OLANAKLARI

Bor doğada serbest olarak bulunmaz, diğer elementlerin oksitleriyle birlikte B_2O_3 halinde bulunur (Kemp, 1956). Oksijenle bağ yapmaya yatkın olması sebebiyle pek çok değişik bor- oksijen bileşiği bulunmaktadır. Metal-bor- oksijen bileşiklerine genel olarak borat denilir. Tabiatla yaklaşık 230 çeşit bor minerali vardır. Kolemanit ($2 CaO, 3 B_2O_3, 5H_2O$), Uleksit ($Na_2O, 2CaO, 5 B_2O_3, 16H_2O$), Tinkal ($Na_2O. B_2O_3, 10H_2O$) gibi kalsiyum veya sodyum boratlar en önemlileridir (Boncukçuoğlu, Kocakerim, 2003). Bor mineralleri ve türevlerinin kendilerine özgü bir çok özellikleri bunların yerlerinin doldurulmasını olanaksız kılacak niteliktedir (Göncü, 1982).

Bor cevheri, tabiatan çıkarıldığı şekliyle kil mineralleri ihtiva etmektedir. Granit kayalarda, permatitlerde, bazik kayalarda ve serpantinde bor vardır. Bor ihtiva eden kil mineralleri atmosferik olaylarının etkisiyle suya bor verirler. Suyla borik asit meydana getirirler. Bu sebeple sıcak su kaynaklarında ve volkanik arazilerden çıkan sularla oldukça yüksek konsantrasyonlarda bor bulunur. Bundan başka boratların deterjan olarak kullanıldığı

yerlerde, göletlerde, depolanan endüstriyel ve atık sularla bor konsantrasyonu yüksektir.

Bor endüstrisinin atıklarında çok miktarda bor bulunmaktadır. Bu endüstriden kaynaklanan sıvı atıklardan oluşan atık sular, yer altı ve yer üstü sularını kirletme riski yaratmaktadır (Boncukçuoğlu vd, 2003).

Türkiye bor kaynakları bakımından dünyanın en büyük rezervlerine sahip ülkesidir. Dünya toplam rezervinin %66'sı Türkiye'de bulunmaktadır. Türkiye'nin bilinen bor mineralleri rezervi toplam 665,879.243 tondur. Ancak bor cevheri üretiminde %42.17'lik pay ile ABD'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'deki bor rezervlerinin yerlerini ve miktarlarını belirleyen kapsamlı bir araştırmanın henüz yapılmadığı göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye'nin aslında dünya rezervlerinin daha da büyük bir kısmını elinde tutuyor olabileceği düşünülebilir. Türkiye' den sonra ikinci ülke ABD olup, dünya rezervlerinin %13,24'lük payına sahip olduğu bilinmektedir. Dünya bor rezervlerinin kalan kısmı Arjantin, Bolivya, Şili, Çin, İran, Kazakistan, Peru ve Rusya'da bulunmaktadır. Dünyada işletilen toplam 488 milyon tonluk rezervin 320 milyon tonu Türkiye'dedir. Dünyada işletilen ve tahmin edilen bor

madeni rezervlerinin B₂O₃ miktarlarına göre dağılım yüzdeleri aşağıdaki tablo 1'de verilmiştir (Nizamoğlu, 1988).

Bor madeni Türkiye'nin özellikle kuzeybatı bölgelerinde bulunmaktadır. Türkiye'de bugüne kadar işletilmiş bor madeni ocakları ve buldukları yöreler tablo 2'de gösterilmektedir.

Çok geniş bir kullanım alanına sahip olması ve bu alanlarda tüketimin hızla artışı bor ve bor .endüstrisinin önemini artırmıştır. Bor ve bileşiklerinin sanayide ve tarımda çok çeşitli kullanım olanakları bulunmaktadır. Borun hammadde olarak kullanıldığı ürün sayısının yüzlerce olduğu tahmin edilmektedir. Birçok sanayide bor, alternatifi olmayan bir girdidir. Araştırmalar sürdükçe bor ürünlerine ve kullanım alanlarına hızla yenileri eklenmektedir.

Topraklarda ana materyal ve ana materyalin

dağılıp parçalanma derecelerine bağlı olarak toplam bor miktarı genelde 20 ppm ile 200 ppm arasında değişir. Kumlu toprakların bor içerikleri killi topraklara ve organik maddece zengin topraklara göre daha düşüktür. Toplam borun %5'inden daha azının bitkiye yararlı olduğu kabul edilmektedir (Sezen, 1988).

Toprak çözeltisindeki borun temel kaynağı adsorbe edilmiş bor olup, toprakta bor absorpsiyonu yıkanmayı ve kaybolmayı önemli ölçüde önler. Bor içerikleri yüksek olan alkalın topraklarda bor temelde adsorbe edilmiş bulunur. Organik madde içeriği yüksek, ince tekstürlü topraklarla, alkali pH'ya sahip toprakların adsorbe edilmiş bor içerikleri yüksektir. Topraklarda bitkiye yararlı borun önemli bir bölümü organik maddeye bağlanmış bir şekildedir. Bu nedenle organik madde içerikleri yüksek olan topraklarda genellikle bor miktarı da yüksektir.

Tablo 1. Dünya Bor Rezervleri (Nizamoğlu, 1988).

Ülke	İşletilen Rezerv Miktarı (ton)	İşletilen Rezerv (%)	Bilinen Rezerv Miktarı (ton)	Bilinen Rezerv (%)
Türkiye	320.000.000	66	803.000.000	63
ABD	60.000.000	12	209.000.000	16
Kazakistan	54.000.000	11	136.000.000	11
Çin	27.000.000	6	36.000.000	3
Güney Amerika	27.000.000	6	91.000.000	7
Toplam	488.000.000	100	1.275.000.000	100

Tablo 2. Türkiye'deki Bor Rezervleri ve Miktarı (Göncü, 1982).

Yeri	Bilinen Çevher Rezervi (Ton)			Ort. B ₂ O ₃	Toplam Ton	B ₂ O ₃ Muhtevası
	Görünür	Muhtemel	Mümkün			
Eskişehir	39.523.111	13.489.278	486.541.278	27.00	514.533.549	139.015.437
Kütahya	26.708.443	85.217.416	2.584.232	39.80	114.510.091	45.576.595
Balıkesir	24.709.303	9.359.210	975.000	31.66	35.043.603	11.094.008
Bursa	1.202.000	420.000	150.000	33.00	1.722.000	584.760
Gen. Top.	92.143.947	108.485.786	465.250.510	29.43	665.879.243	192.270.800

Eskişehir'de Seyitgazi, Fethiye, Sarıkaya, Salıhiye, Depçilkaya, Kırka, Sandıközü Kütahya'da Emet, Alpanoz, Bahatlar, Espey, Hisarcık, Espiye Balıkesir'de Bigadiç, Yeniköy, Çamköy, Değirmenli, Faroş, Yolbaşı Bursa'da M.Kemalpaşa, Kestekte bulunmaktadır.

Borun toprakta bulunan toplam miktarından ziyade elverişli miktarları oldukça önemlidir. Toprak çözeltilisinde bulunan borun bitki tarafından alınımını etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar, bitki, toprak ve çevre etmenleri şeklinde gruplandırılabilir. Bor alımı yönünden bitkiler arasında ayrımlılıklar bulunduğu gibi, aynı bitkinin genotipleri arasında da dikkate değer ayrımlılıklar bulunmaktadır. Örneğin arpa bitkisinin genotipi olan Schooner ile B alımı diğer bir genotipi olan Sakarya 3771'e göre 3.1 kat daha fazla gerçekleşmiştir (Paul vd., 1992).

Türkiye'nin büyük ölçüde ham ve yarı işlenmiş olarak ihraç ettiği, ülke içinde sabun, deterjan ve cam sanayilerinde kullandığı bor, ABD'nde uzay mekiklerinden, savaş uçaklarına ileri teknoloji isteyen pek çok alanda kullanılmaktadır. Bor ve bileşikleri cam, porselen ve seramik eşya sanayinde, yanmaz eşya yapımında (itfaiye giysileri), elektrik kabloları, fren balataları, atom reaktörlerinde, cam yünü, tekstil kimyasalları, deri giysileri, fotoğraf kimyasalları, mobilya ve benzeri ahşap eşyayı koruyan sıvılar, kağıt sanayi ürünleri, yapıştırıcılar, böcek öldürücüler, krem, pudra ve deodorant gibi kozmetikler, diş macunu, merhem, deri ve göz hastalıkları antiseptikleri gibi ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Ulbaladini, vd., 1966).

Tarımda bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini artırmak veya önlemek amacıyla, biyolojik gelişim ve kontrol kimyasallarında kullanılmaktadır. Bor mineralleri küflenmeyi önlemek amacıyla, yapay gübre üretiminde, yavaş eriyen gübre üretiminde, bakterisit ve fungusit olarak kullanılmaktadır. Beran vd. (1952), aromatik bileşiklerini mükemmel bir böcek öldürücü olarak buldu.

Phenylboric asid ve kaynakları böcek bakteri asetik etkileri kuvvetlendirirler, zehirlidirler (Brown vd., 1948). Borax 6.0 mg bor, peatlerdeki bakteri kültürleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Sodyum boratların karışımları çiftlik gübrelerindeki sinekleri kontrol etmek için faydalıdır, ama kullanımı sebzeilerin çevresinde tehlikeli olabilir (Fruta, 1955). Meyve ve ev sinekleri boraks bileşenlerinden yeterli olarak etkilenmezler. Hiçbirinin 4 saat içinde bayılmadığı ya da ölmediği ve hepsinin 24 saat sonra tekrar canlandığı saptanmıştır (Jacobson, vd., 1962).

Bor Sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle birlikte, yabancı otların yok edilmesi veya toprağın sterilleştirilmesi gereken durumlarda da kullanılmaktadır (Groenewald, 1976).

Gübre Olarak Bor

Bor temel bir bitki besini olduğu için, gübre elementi olarak da uzun zaman incelemeye alınmıştır. Bor eksikliğinin bir çok ülkede ekilen hububat ürünlerinde verimin düşük olmasına sebep olmuştur. Bor elementinin eksik olması; sekteye

uğramış veya anormal büyüme, meyvelerin yada yaprakların bozulması veya renklerini yitirmesi, az tohum hasatının ortaya çıkışı ve bunların sonucu olarak gelişen bölgelerin yok oluşu ile birlikte bitki kaybı anlamına gelmektedir.

Kök uçlarında kırmızı pancarda "kalp" sarı şalgam ve şalgamda "kahverengi kalp" olarak bilinen bor eksikliği hastalığı vardır. Bu hastalıkların ortaya çıkışı insanlar tarafından tüketilmeye sunulan bu bitkilerin ticari değerini düşürmektedir. Kalp çürümesi şeker pancarında da hem kökte hem de şekerde meydana geldiğinde bunlarda azalma görülür (Tablo 3). Hollanda da bor yetersizliği olan toprakların nitrojen ile gübrenmesi sonucunda "kalp çürümesi"nde bir artış olduğu gözlenmiştir. Bor elementi olmadan nitrojenin gübre olarak kullanılması kalp çürümesi olayını %2'den %10.5'a çıkarmıştır. Kireçli amonyum nitrat veya %0,05 gibi oranla bor elementi içeren Şili Nitratdan başka boraksın topraklara uygulanması kalp çürümesini ortadan kaldırmıştır. Dahası bor elementinin verilmesi ile şekerde artış görülmüştür. Bor eksikliği tek çenekli bitkilerin daha düşük alım kapasitesi ile tutarlı olan mera otlarında nadir olduğu anlaşılmıştır. Fakat, özellikle hububat üretimi için yetiştirilen mısır diğer baklagillerden daha fazla bor elementine gereksinim duyar. Bussler (1962), Batı Berlin'de mısırdaki ciddi bor elementi eksikliği olduğunu söylemektedir. Hasat zamanı mısır taneleri az olan, hiç olmayan mısır koçanlarının olduğu gözlenmiştir. Azalmış hububat mahsulü, mısır koçanlarının boyutundaki kısılma, koçan başına düşen tanelerin sayısında azalma ve tanelerin gelişmemesinden kaynaklanır. Bu problem kolayca hasar görmüş tarlalara ya boraks olarak veya Şili nitratı ile birlikte bor verilerek çözülebilir.

Kuzey Amerikanın Güneydoğu eyaletlerinin bir çoğunda bor eksikliği pamuk ürününde de görülmüştür. Pamuk ürünü bor elementinin gübre olarak verilmesi ile artmıştır. Çift çenekli bir bitki olan pamuk yüksek derecede bora ihtiyaç duyar. Louisiana' da yapılan çalışmalara göre yetişkin bitkilerin üst yapraklarındaki bor oranı en az 15ppm olmalıdır. Gübre olarak uygulanmış bor aynı zamanda nitrojenin kullanımını da artırmış ve Miley (1969), tarafından hazırlanmış, Tablo 4'de görüldüğü gibi pamukta büyük bir artışa sebep olmuştur (McInne ve Albert, 1969).

Haç şeklindeki çift çanaklı sebze ürünleri yüksek derecede bora ihtiyaç duyarlar ve karni baharlarda küflenme ve kereviz köklerinde kırılmalar meydana gelir. Her iki problem ürünlerin piyasa değerini olumsuz bir şekilde etkiler.

Bor eksikliği önemli derecede mera bitkilerinin hasatını düşürebilir. Hem kaba yonca hem de kırmızı karanfilin ot olarak üretimi seralardaki denemelerde bor elementinin uygulanışı ile artmıştır. Bor

elementinin 1 ppm oranında toprağa uygulanışı kırmızı karanfilin hasatını % 13 artırmıştır. Kaba yoncanın varlığını sürdürmesi bor gübrelemesi ile mümkün olmuştur. Görünen şu ki bor yokluğunda zayıf direnme gücü, güçsüz kök gelişimi ve yetersiz kök gelişimi ortaya çıkmıştır. Buda bitkinin kuraklık, soğuk ve yabancı ortalar karşı direncini azaltır.

Bor artıkları bazı gübrelerin üretiminde kullanılmıştır. Bor içeren gübreler, öğütülmüş kireç taşına bor içeren üretim artıklarının ilavesi ile hazırlanır. Gübrenin etkinliği bor mevcudiyetini artırarak, bor filizlerinden H_3BO_3 üretimi esnasında oluşan atıkları kullanarak ve bu toprağın aşırı kireçlenmesini önleyerek artırılır.

Ülkemiz topraklarının yaklaşık % 85.5'inde yüksek pH, % 56.4'ünde aşırı kireç, % 61.9'un ağır bünyeli (killi-tın-kil) ve % 94'ünün de organik madde bakımından düşük düzeyde olması, bitkiler için yeterlilik ve toksite sınırı bitkilere göre değişmekle birlikte oldukça dar olan borun tarımsal üretimde ürün artırıcı olarak kullanmanın bir kat daha önemini artırmaktadır. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında, şeker pancarı, şalgam, turp gibi yumru köklü bitkiler, lahanalar, karnabahar, kuşkonmaz, kereviz gibi yaprağı yenen sebzeler, çayır üçgülü, kırmızı üçgül ve ak üçgül gibi yem bitkileri, meyve

ağaçları, üzüm, zeytin, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bor noksanlığında ürün miktarı önemli ölçüde azalan bitkilere, genellikle susuz boraks ($Na_2BO_4O_7 \cdot 10 H_2O$) ve sodyum boratlar ($Na_2BO_3O_6 \cdot 10H_2O$) gübre olarak kullanılmaktadır. Ayrıca suda eriyebilen sodyum pentaborat ve yada sodyum extaborattan mamulün üzerine püskürtülmek suretiyle faydalanılmaktadır. Bor eksikliği gübre borun uygulanışı ile giderilebilir. % 0.05 oranında bor içeren Şili nitrati tek bir şekilde dağıtılabildiği için yerleşmiş bölgelerde bor zehirlenme tehlikelerini aza indirecek etkili bor gübresidir. Ancak kullanılacak gübre miktarı ve zamanın, iklim, toprak ve bitki çeşidine uygun olarak kullanılması ekolojik sistemde yaratacağı istenmeyen etkileri minimuma indirecek ve ürün miktarında önemli ölçüde artışlar sağlayacaktır. Özellikle arid ve semi arid bölgelerde sulama suyu toprağın bor içeriğine bağlı olarak meydana gelen bor toksiteside bok noksanlığı gibi önemli bir problem olup, kalkerli topraklarda bor toksitesinin kireç ilave edilerek toprak pH'sının daha da yükseltilmesiyle giderileceği gibi, kireç ilavesi çoğu zaman arzu edilmediği için alternatif olarak Zn ve P gibi elementlerin ilavesiyle bu etkinin azaltılmasının bitkisel üretimde önemli olacağı düşünülmektedir.

Tablo 3. Şeker pancarında görülen kalp çürümesine neden olan bor elementli veya bor elementsiz Kireçli Amonyum Nitrat (KAN)'ın veya Şili Nitrat (ŞN)'nin etkisi (Bussler, 1962).

	-N	K.A.N	K.A.N	ŞN
	-B	-B	+B	
Toplam ürün ton	20.88	36.31	39.25	42.65
Kök ürünü ton	30.49	47.13	49.35	53.49
Şeker ürünü ton	6.56	8.38	8.77	9.46
Kalp çürümesi	2.0	10.5	0	0

Tablo 4. Pamuk tohumlarına uygulanmış nitrojen ve borun etkileri (McInne ve Albert, 1969).

Uygulanan Bor kg/ha	Uygulanan Azot kg/ha		
	0	54	80
0	Pamuk tohum hasatı kg/ha		
	1184	1278	1178
1.7	1229	1525	1535

KAYNAKLAR

- Beran, F., Preyand V., Böhm, J., 1952, Milt. Chem. Forsch. Inst. Wirtsch. Osierr., 6, 54 through Chem. Abstr., 46, 9766e.
- 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 açıdan değerlendirilmesi. Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum.
- Brown J. C., Ambler J. E., 1969, Characterization of boran deficiency in soybeans. Pysologia Planlarum, 22, 177-185.
- Bussler W., 1962, Boron deficiency in maize. Borax Consolidated Ltd.
- Fruta, T.1955. Antibacterial and insecticidal action of boron compounds. Proc. Am. Sac. Hort. Sci. 65, 439.
- 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.
- Groenewald, T. 1976. The dissolution of gold in acidic solutions fo thioured, Hydrometallur gy, 277-290.
- Jacobson, K. H. And lo H. Lawson, 1962. Toxicol. Appl. Pharmacol., 4, 215.
- Kemp, P.H., 1956. The Chemistry of Boraks, Part 1, Borax Consolidated limited, S. W. I, London.
- 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.
- Miley, W.N., 1969. Influence of boron, nitrogen and potassium on yield, nutrient uptake and abnormalities of cotton, Agronomy, Journal, 61, 9-13.
- Nizamoğlu S., 1988. Gümüş ve Ülkemizdeki Üretimi, 4. Temizocak Forumu Gümüş Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Paull, J.G., Nable, RO., Rathjen, A.J., 1992. Physiological and genetic control of the tolerance of wheat to high concentrations of boran and implications for plant breeding. Plant and Soil. 146: 251-260.
- Sezen, Y., 1988. Suların Genel Özellikleri ve Kalitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.
- Ubal dini, S., Massidda, R., Abbruzzese, C., Veglio, F., Toro, L., 1966. Gold recovery from fitnely disseminated ore by use of cyanidation and thioureaion, in: Kemal, Arslan, Cenbazogen (Eds.), Changing Scopes in Mineral Pdoocessing, Balkema, Rotterdam pp. 559-562.