

TOPRAKLARDA BOR ADSORPSİYONU ÜZERİNE BAZI ANYONLARIN ETKİLERİ*

Esin ERAYDIN**

Sonay SÖZÜDOĞRU OK***

ÖZET

Bu araştırma farklı tekstürdeki iki ayrı toprakta sülfat, klorür, ve fosfat anyonlarının çözelti pH'sının fonksiyonu olarak, bor adsorpsiyonuna etkilerini incelemek amacı ile yürütülmüştür.

Her iki toprakta da bor adsorpsiyonu pH 6-8 arasında yükselmiş, pH 9'da en üst düzeye çıkmış ve pH 9'dan sonra azalma gözlenmiştir. Fosfat, sülfat ve klorür anyonlarının herbiri ve artan konsantrasyonları bor adsorpsiyonu üzerine olumsuz etkide bulunmuştur. Bor adsorpsiyonunun azalması üzerine sülfat anyonunun etkisinin klorürden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Artan fosfat konsantrasyonuna bağlı olarak bor adsorpsiyonunda görülen azalma sülfat ve klorür anyonlarına göre daha fazla olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bor adsorpsiyonu, pH, sülfat, klorür ve fosfat

INFLUENCE OF SOME ANIONS ON BORON ADSORPTION BY SOILS

ABSTRACT

This research was carried out for the purpose of examining the effects of sulphate, chloride and phosphate anions on the boron adsorption of two different textured soils as a function of solution pH.

Boron adsorption on both soils increased from pH 6 to 8, exhibited a peak at pH 9 and decreased after that. Each of phosphate, sulphate and chloride anions and their increasing concentrations showed negative effect on boron adsorption. The effect of sulphate anion was higher than that of chloride anion on decreasing boron adsorption. Depending on the increasing phosphate concentration, observed decreasing boron adsorption values were higher than that of sulphate and chloride anions.

Key Words: Boron adsorption, pH, chloride, sulphate and phosphate

GİRİŞ

Topraklarda gerek ana materyalden gelen, gerekse yüksek bor içeren sularla yapılan sulamalar sonucu bordan kaynaklanan kirlilik sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların giderilmesi ve borlu toprakların ıslah edilmesi için toprak özellikleri ile birlikte borun topraktaki adsorpsiyon reaksiyonları ve diğer anyonlarla olan ilişkilerinin incelenmesi gerekmektedir (Elrashidi ve O'connor 1982; Sözüdoğru ve ark. 1996). Bitkiler toprak çözeltisinde bulunan bordan yararlanabilirler, adsorpsiyon yüzeylerinde tutulan bor ise depo vazifesi görür. Bitki gelişimi için topraklardaki uygun bor sınırı bitki türüne bağlı olarak 0.70-3.75 ppm arasında değişmektedir. Genellikle 1 ppm'den az bor içeren topraklar optimum bitki gelişmesi için uygundur (Mengel ve Kirkby 1982)

* Esin ERAYDIN'ın Yüksek Lisans Tezinden Özetlenmiştir

** Arş. Gör., A.Ü., Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, ANKARA

*** Doç. Dr., A.Ü., Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, ANKARA

Topraklarda Bor Adsorpsiyonu Üzerine Bazı Anyonların Etkileri

Topraktaki borun yarayırlı forma geçmesinde bazı toprak özellikleri etkili olmaktadır. Bunlar pH, tekstür, organik madde, kil tipi, kil mineralleri ve kireç içeriğidir (Keren ve Gast 1981). Gupta ve Macleod (1981), bor yarayırlılığının 4.7-6.3 pH arasında üniform olduğunu, 7.4 pH'da ise yarayırlılığın önemli miktarda azalarak borun adsorbe olduğunu belirtmişlerdir.

Topraklarda bor adsorpsiyon çalışmaları genellikle tek anyon çözeltisi kullanılarak yapılmıştır. Anyonların adsorpsiyonları çok karmaşık bir işlemdir. Anyon adsorpsiyonunun değişik mekanizmalarla gerçekleştiği ve anyon adsorpsiyonunun toprak pH'sı ile tuz konsantrasyonuna bağlı olduğu saptanmıştır (Mott 1970). Bazı araştırmalarda klorür, nitrat, sülfat ve fosfat gibi anyonların konsantrasyonunun bor adsorpsiyonunu etkilediği bildirilmiştir (Jasmund ve Lindner 1973; Goldberg ve ark. 1996). Bor adsorpsiyonunun tek anyon içeren çözeltilerden oluşmadığı doğal sistemlerde gübreleme ile toprağa verilen anyonların bor adsorpsiyonu üzerine etkisinin olup olmadığı veya sulama suyundaki yüksek bor içeriğinin gübrelerin yarayırlılığını etkileyip etkilemediğinin bor sorunu olan alanlar açısından ortaya konması önem taşımaktadır.

MATERYAL VE METOD

Araştırmada tekstür farkı göz önüne alınarak, A.Ü. Ziraat Fakültesi deneme tarlasından 0-20 cm derinlikten alınan iki ayrı toprak örneği kullanılmıştır. Toprak örneklerinde tekstür (Bouyoucos 1951), organik madde (Jackson 1962), pH ve EC (saturasyonda) (U.S.Salinity Lab. Staff 1954), serbest karbonatlar (Çağlar 1958), katyon değişim kapasitesi (U.S. Salinity Lab. Staff 1954), sülfat, klorür ve fosfat (Tüzüner ve ark. 1990) belirlemeleri yapılmıştır. Denemede kullanılan topraklara 5 ppm ve 10 ppm bor ile birlikte, 5 ppm bor uygulanan topraklara 0, 5, 10, 20 ppm; 10 ppm bor uygulanan topraklara ise 0, 10, 20, 40 ppm olmak üzere klorür, sülfat ve fosfat ilave edilmiştir. Bor adsorpsiyonunu çevresel etkilerden uzak tutmak amacıyla 0,1 M NaNO₃ çözeltisi temel elektrolit çözeltisi olarak kullanılmıştır. İlave edilen her bir çözeltinin pH'sı 6, 7, 8, 9, 10 ve 11'e, 0,1 N HCl ve 0,1 N NaOH ile ayarlanmıştır. Bor adsorpsiyonu batch denge metoduna göre belirlenmiştir (Goldberg ve Glaubig, 1986). Toprak örneklerinden 5'er g alınarak farklı konsantrasyonlarda bor ile birlikte farklı konsantrasyonlarda diğer anyonları ayrı ayrı içeren 25 ml çözeltiler ile sabit sıcaklıkta (25 °C) iki saat çalkalama yapılmış daha sonra örnekler süzülerek elde edilen süzüklerde azometin-H yöntemi kullanılarak, 420 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak bor tayini yapılmıştır (John ve ark. 1975). Topraklar tarafından adsorbe edilen bor, başlangıçta toprağa verilen bor konsantrasyonu ile dengeye ulaştıktan sonraki çözelti konsantrasyonu arasındaki farktan hesaplanarak belirlenmiştir (Goldberg ve Glaubig, 1986). Sülfat için K₂SO₄, fosfat için KH₂PO₄, klorür için KCl, bor için H₃BO₃ kullanılmıştır.

Araştırma sonuçlarının varyans analizleri MİNİTAB paket programı ile yapılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

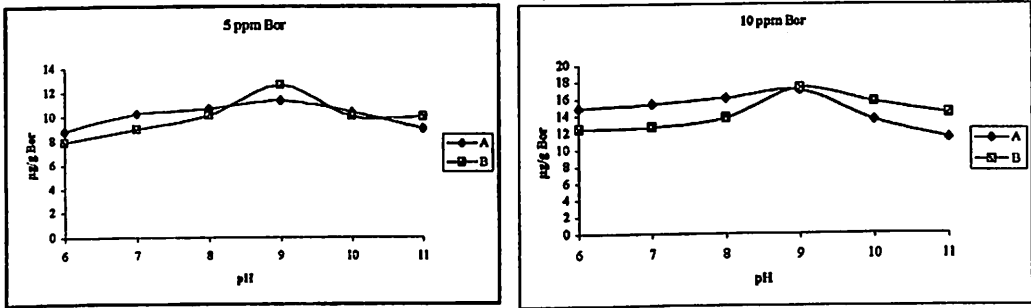
Tablo 1. Araştırma Topraklarının Bazı Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri

		A	B
		Killi (C)	Killi Tım (CL)
Bünye	% Kil	45.37	33.9
	% Silt	29.13	34.4
	% Kum	25.5	31.7
Kireç (%)		2.8	2.1
Organik Madde (%)		1.20	0.25
pH (Sat. eks)		7.81	7.98
EC _{25°C} (mmhos cm ⁻¹)		0.583	1.263
KDK (meq 100 ⁻¹)		27.75	22.2
Cl meq l ⁻¹ (1:5 eks)		1.75	3.5
PO ₄ ⁻ mg l ⁻¹ (1:5 eks)		0.48	0.5
SO ₄ ⁻² meq l ⁻¹ (1:5 eks)		5.1	5.4
B, (ug g ⁻¹)		0.5	0.6

Denemede kullanılan A toprağının bünyesi killi, B toprağının ise bünyesi killi tındır. A toprağının pH'sı hafif alkali, B toprağının pH'sı orta derecede alkali olup her iki toprakta tuzsuzdur (Tüzüner ve ark. 1990).

Deneme Topraklarında Bor Adsorpsiyonu

Çözelti pH'sındaki artışa bağlı olarak A ve B toprağına ait bor adsorpsiyon eğrileri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deneme topraklarında pH'ya bağlı olarak bor adsorpsiyonu

Her iki toprakta da, çözelti pH'sının bor adsorpsiyonu üzerinde son derece etkili olduğu, pH arttıkça bor adsorpsiyonunun arttığı görülmüştür ($P < 0.05$). Bu durum borik asitin iyonize olmasından kaynaklanmaktadır (Goldberg ve ark. 1996). Bor adsorpsiyonu, pH 6'dan pH 9'a kadar artmış, pH 9'da maksimuma ulaştıktan sonra pH 10 ve pH 11 (5 ppm B için B toprağı hariç) düşme göstermiştir. Sonuçlar, Bingham ve Page (1971), Keren ve ark. (1981), Goldberg ve Glaubig (1986) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bingham ve Page (1971), bor adsorpsiyonu için maksimum

değerlerin alkali koşullarda oluştuğunu ve maksimum adsorpsiyonun oluştuğu pH'da borun $B(OH_4)^-$ ve $B(OH)_3$ formlarında yani borun anyonik türleri şeklinde adsorbe edildiğini belirtmişlerdir. Adsorbe edilen bor miktarı çözeltideki bor konsantrasyonuna bağlı olarak artış göstermiştir. Su ve Sızrez (1997), çoğu kez çözeltideki borun artmasıyla birlikte adsorbe olan borun da aynı şekilde artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Deneme topraklarının bor adsorpsiyonları karşılaştırıldığında, A toprağının her iki konsantrasyonda (5 ppm ve 10 ppm bor) pH 6-8 arasında B toprağına göre daha fazla bor adsorbe ettiği, maksimum adsorpsiyonun ise B toprağında (5 ppm için 12.6 ug g^{-1} , 10 ppm için 17.3 ug g^{-1}) daha fazla olduğu görülmektedir. A toprağının bor adsorpsiyon değerlerine bakıldığında, pH 9'daki değerlerinin (5 ppm için 11.3 ug g^{-1} , 10 ppm için 17.0 ug g^{-1}) çok farklı olmamakla beraber B toprağının maksimum değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

Bor adsorpsiyonunda etkili olan $CaCO_3$ kapsamına bakıldığında toprakların $CaCO_3$ içeriklerinin birbirine yakın olduğu, organik madde içerikleri açısından ise A toprağının B'den daha fazla organik madde içerdiği görülmektedir. Dolayısıyla A ve B toprağının bor adsorpsiyonunda gösterdiği farklılığın öncelikle toprakların içerdiği organik madde ve daha sonra kil kapsamından kaynaklandığı düşünülmektedir. Gupta (1968), Elrashidi ve O'conner (1982), organik madde içeriği fazla olan topraklarda genellikle borun daha fazla tutulduğunu açıklamışlardır. Goldberg ve ark. (1996), yaptıkları araştırmada organik karbonu < 0.15 ile 0.21 yüzey alanı 13.7 ile $22.2 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ olan iki ayrı toprakta, 0.1 N NaNO_3 temel çözeltisi ortamında bor adsorpsiyonunun pH 9-10 arasında gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Daha yüksek pH'larda kil yüzeylerinden gelen hidroksil iyonlarının bor iyonu ile yarışmaya girdiğini bu yüzden adsorpsiyonun azaldığını bildirmişlerdir.

Anyonlara Bağlı Olarak Bor Adsorpsiyonu

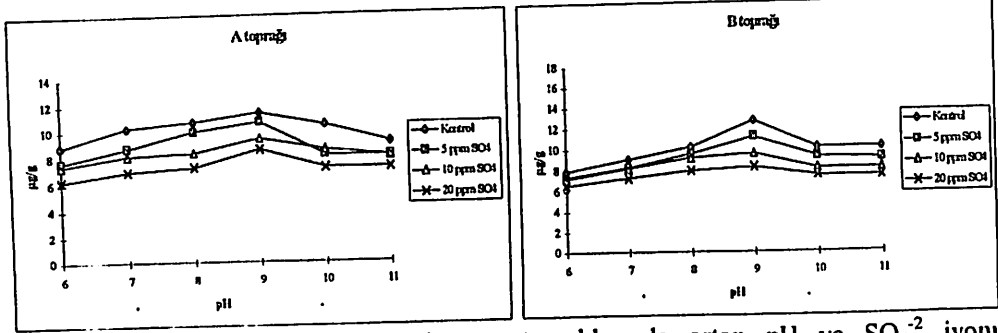
Sülfat (SO_4^{2-}) iyonunun bor adsorpsiyonuna etkisi

Deneme topraklarının 5 ppm bor uygulamasında sülfat iyonu konsantrasyonuna bağlı olarak oluşan bor adsorpsiyon eğrileri Şekil 2'de verilmiştir.

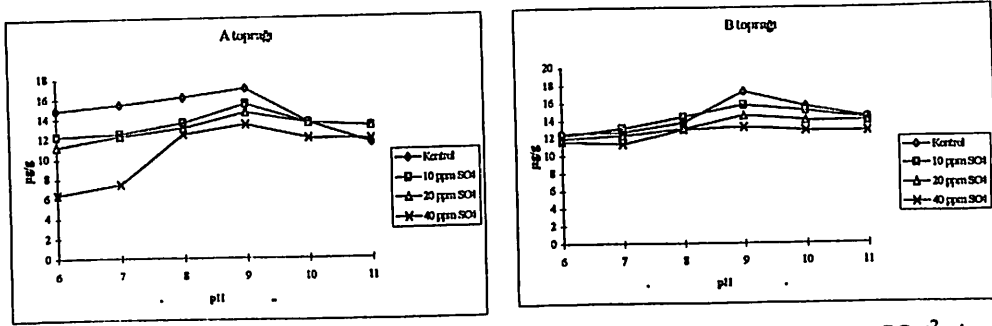
Bor adsorpsiyonunda, 5 ppm bor uygulamasında, pH 9'da kontrole göre bir azalma gözlenmiş olup ($P < 0.05$), en düşük bor adsorpsiyonu pH 6'nın 20 ppm SO_4^{2-} konsantrasyonu uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol dahil her dozda pH 9'a kadar bor adsorpsiyonu artmış, daha sonra pH 10 ve pH 11'de azalma olmuştur. Artan SO_4^{2-} konsantrasyonuna karşılık her konsantrasyonda ve her pH'da bor adsorpsiyonunun kontrole göre azaldığı gözlenmiştir.

Bor adsorpsiyonu, 10 ppm bor uygulamalarında her iki toprakta da, 5 ppm bor uygulamalarına benzer durum göstermiştir (Şekil 3).

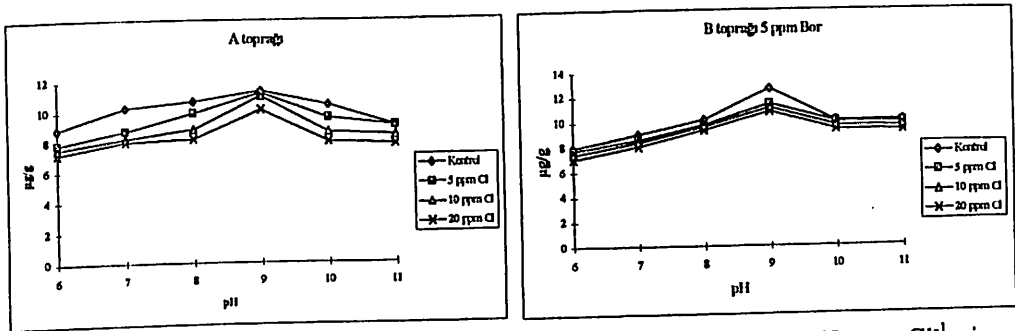
Uygulanan sülfat konsantrasyonları arttıkça bor adsorpsiyonu kontrole göre azalmıştır ($P < 0.05$). En düşük bor adsorpsiyonu A toprağında, pH 6'da 40 ppm sülfat konsantrasyonunda (6.38 ug g^{-1}), B toprağında ise pH 7'de (11.3 ug g^{-1}) yine aynı konsantrasyonda görülmüştür.



Şekil 2. 5 ppm bor uygulanan deneme topraklarında artan pH ve SO₄⁻² iyonu konsantrasyonunun bor adsorpsiyonuna etkileri



Şekil 3. 10 ppm bor uygulanan deneme topraklarında artan pH ve SO₄⁻² iyonu konsantrasyonunun bor adsorpsiyonuna etkisi



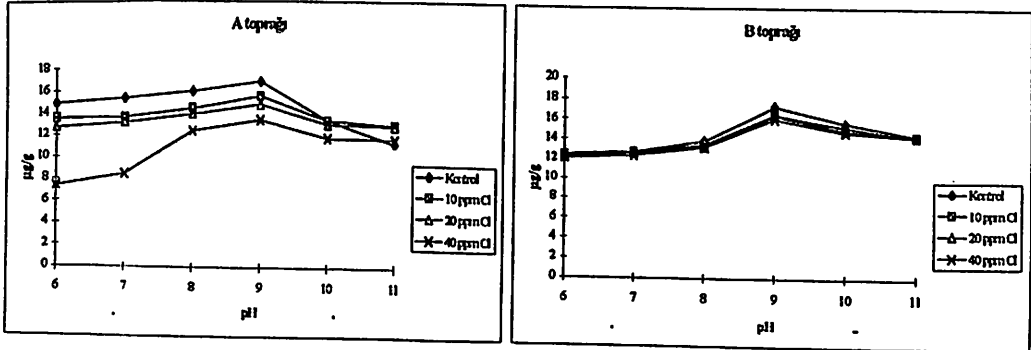
Şekil 4. 5 ppm bor uygulanan deneme topraklarında artan pH ve Cl⁻¹ iyonu konsantrasyonunun bor adsorpsiyonuna etkisi

Klorür (Cl⁻) iyonunun bor adsorpsiyonuna etkisi

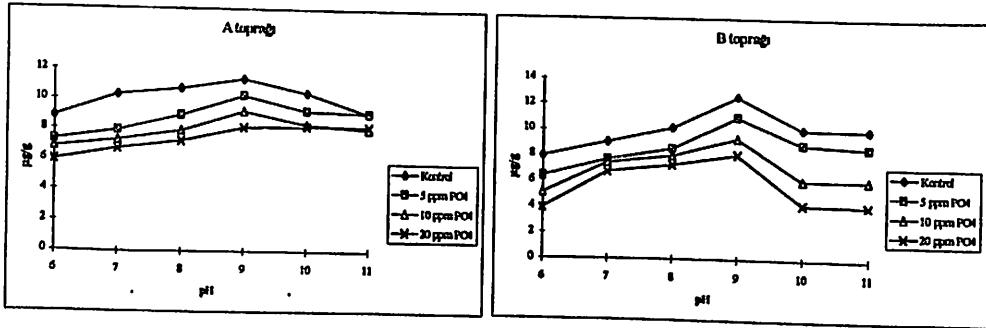
5 ppm bor uygulanan deneme topraklarında klor iyonunun artan konsantrasyonunun (0, 5, 10, 20 ppm Cl⁻) bor adsorpsiyonuna etkisine ilişkin grafik Şekil 4'de verilmiştir.

Şekil 4'de görüleceği üzere en fazla bor adsorpsiyonu kontrol uygulamasının (5 ppm bor) pH 9 noktasında görülmektedir. Kontrol dahil her konsantrasyonda artan pH'ya karşılık artan bor adsorpsiyonu görülmüştür (P<0.05). pH 9'dan sonraki artan pH'larda bor adsorpsiyonunda belirgin bir azalma gözlenmiştir. Artan klorür konsantrasyonuna karşılık her konsantrasyonda ve pH'da bor adsorpsiyonunun azaldığı gözlenmiştir.

10 ppm bor uygulanan iki farklı toprakta artan konsantrasyonlarda uygulanan (0, 10, 20, 40 ppm) Cl⁻ iyonunun bor adsorpsiyonuna etkisine ilişkin grafik Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. 10 ppm bor uygulanan deneme topraklarında artan pH ve Cl⁻ iyonu konsantrasyonunun bor adsorpsiyonuna etkisi



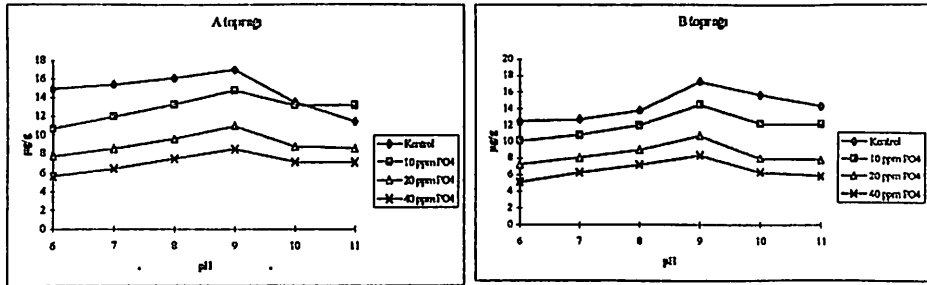
Şekil 6. 5 ppm bor uygulanan deneme topraklarında artan pH ve fosfat iyonu konsantrasyonunun bor adsorpsiyonuna etkisi

Bor konsantrasyonunun ve klorür konsantrasyonunun artmasına karşın yine en fazla bor adsorpsiyonu kontrol uygulamasının 9 pH'sında görülmektedir ($P < 0.05$). pH 9'dan sonraki artan pH'larda bor adsorpsiyonunda belirgin bir azalma gözlenmiştir. 10 ve 20 ppm klorür uygulamaları birbirine yakın seyir izlerken pH 6 ve pH 7'deki 40 ppm klorür uygulamalarında bor adsorpsiyonunun oldukça düşük olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada pH 6-9 aralığında borun, ortamda NaNO_3 bulunması halinde NaCl bulunan ortamdaki, daha fazla adsorbe olduğu dolayısıyla Cl^- bor ile yarışmaya girdiği saptanmıştır (Goldberg ve ark. 1996).

Fosfat (P) iyonunun bor adsorpsiyonuna etkisi

5 ppm bor uygulanan iki farklı toprakta artan dozlarda uygulanan fosfat iyonunun (0,5, 10, 20 ppm) bor adsorpsiyonuna etkisine ilişkin grafik Şekil 6'da verilmiştir. Fosfat anyonunun ortama ilavesi bor adsorpsiyonunu azaltmış olup, bu azalma konsantrasyon artışıyla doğru orantılı olmuştur (Şekil 6).

En düşük bor adsorpsiyonu pH 6'nın 20 ppm P (A toprağı için 5.95 ug g^{-1} ; B toprağı için 3.88 ug g^{-1}) konsantrasyonunda görülmüştür. Kontrol dahil her konsantrasyonda artan pH'ya karşılık bor adsorpsiyonunun arttığı saptanmıştır ($P < 0.05$). pH 9'dan sonraki artan pH'larda A toprağı 20 ppm P uygulaması hariç (8.21 ug g^{-1}) bor adsorpsiyonunda belirgin bir azalma gözlenmiştir. A ve B toprağının 10 ppm bor uygulaması ile birlikte 10, 20, 40 ppm fosfat uygulamalarına ait adsorpsiyon eğrileri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. 10 ppm bor uygulanan deneme topraklarında artan pH ve fosfat iyonu konsantrasyonunun bor adsorpsiyonuna etkisi

Bor konsantrasyonunun artmasıyla birlikte artan bor adsorpsiyonu, uygulanan fosfat konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak azalma göstermiştir (Şekil 7). Velayutham (1970), toprakların Fe, Al, CaCO_3 ve organik madde içeriklerini ve pH derecelerini fosforun adsorpsiyonunu ve çökmesini etkileyen faktörler olarak belirtmiştir.

Bor adsorpsiyonu üzerine anyonların etkileri birlikte incelendiğinde, (A toprağının 5 ppm bor konsantrasyonu uygulamasında) 5, 10 ve 20 ppm anyon uygulamalarının her üçünde de bor adsorpsiyonunun klorürde en yüksek olduğu sülfat ve daha sonra fosfata doğru azaldığı belirlenmiştir. Uygulanan bor ve anyon konsantrasyonlarının iki katına

çıkartılması durumunda da 10, 20 ve 40 ppm konsantrasyon uygulamalarında da benzer sıra saptanmıştır. B toprağının fosfor adsorpsiyonunda da 5 ve 10 ppm bor uygulamalarında konsantrasyonlara bağlı olarak anyonların bor adsorpsiyonunu etkileme sırasının A toprağına benzer olduğu saptanmıştır.

Her iki toprak örneğine artan dozlarda klorür iyonları uygulamasının bulunduğu bor adsorpsiyon eğrileri ve artan dozlarda sülfat uygulamasının bulunduğu bor adsorpsiyon eğrileri arasında çok belirgin olmasa da ayırt edilebilecek miktarlarda farklılık olduğu belirlenmiştir. Klorür uygulanan topraklardaki bor adsorpsiyonu, sülfat uygulanan topraklardaki bor adsorpsiyonuna göre daha fazla bulunmuştur. Artan dozlarda fosfat uygulamasının bor adsorpsiyonu ise klorür ve sülfat uygulamalarının bor adsorpsiyonundan daha az bulunmuştur. Bu durum anyonların kolloidler tarafından tutulma güçlerinin $PO_4^{-3} > SO_4^{-2} > Cl^- = NO_3^-$ şeklinde birbirinden farklı olması ile açıklanabilir (Bayraklı 1975; Sağlam ve ark. 1993). Fosfat, molibdat, silikat, arsenat ve kısmen de sülfat ile borat spesifik olarak adsorbe edilirler, Cl^- ve NO_3^- ise spesifik olmayan şekilde adsorbe edilir. Anyonlar metal kationun koordinasyon örtüsüne girerek yüzeyin bir parçası haline gelirler ve yüklerini yüzeye paylaşırlar. Bu nedenle spesifik adsorbe edilen anyonlar belirgin olarak, spesifik olmayanlara oranla yüzeye daha sıkı bağlanırlar (Özbek ve ark. 1993). Bu nedenle spesifik adsorbe edilen SO_4^{-2} , Cl^- a göre yüzeye daha sıkı bağlanır. Bu araştırmada sülfat iyonu ilave edilmiş toprakların bor adsorpsiyonunun, klorür iyonu ilave edilmiş toprakların bor adsorpsiyonundan daha az olduğu, artan konsantrasyonlarda fosfor uygulaması sonucu ise bor adsorpsiyonunu hem sülfat, hem de klorür konsantrasyonlarının bor adsorpsiyonuna göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Özbek ve ark. (1993), farklı anyonlar arasında klorür ve nitratın spesifik olmayan biçimde adsorbe olduklarını ve oldukça gevşek şekilde bağlandıklarını, fosfat, sülfat ve hatta boratın spesifik olarak adsorbe edildiklerini ve bu nedenle de hem miktar, hem de bağlanma sağlamlığı bakımından klorür ve nitratın daha üstün olduğunu bildirmiştir. Bor konsantrasyonlarına eşdeğer olan klorür, nitrat ve sülfat konsantrasyonlarının killi yüzeydeki B adsorpsiyonu üzerindeki etkisinin az olduğunu buna karşılık eşdeğer fosfat konsantrasyonlarının B adsorpsiyonunu önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir (Jasmund ve Lindner 1973).

Sonuç olarak bor adsorpsiyonu üzerinden çözelti pH'sının ve ortamda bulunan anyonların etkili oldukları, fosfat, sülfat ve klorür içeren gübrelerin bor sorunlu alanlarda kullanılmalarında, borun adsorbe edilmiş yüzeylerden salınması göz önüne alınarak, elde edilen bor adsorpsiyon değerlerinden yararlanmak suretiyle bu değerlere göre gübre uygulamasında bulunulmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

Yine sulama suyundaki yüksek bor içeriğinin gübrelerin yararışlılığını etkilemesi açısından bakıldığında bu çalışmada elde edilen bulguların uygulamalar bakımından önem taşıdığı görülmektedir.

KAYNAKLAR

Bayraklı, F., 1975. Bayburt ve Erzincan Ovaları ile Rize Bölgesi topraklarının fosfor durumları üzerinde araştırma (Doktora Tezi). Atatürk Üniv.Yayınları No: 38, Erzurum.

- Bingham, F.T. ve Page, A.L., 1971. Specific character of boron adsorption by an amorphous soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35: 892-893.
- Bouyoucos, G.D., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agron. Jour.* 43: 434-438.
- Çağlar, K.Ö., 1958. *Toprak İlimi*. A.Ü.Ziraat Fak. Yayınları:10. Ankara.
- Elrashidi, M.A. ve O'connor G.A., 1982. Boron sorption and desorption in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 27-31.
- Goldberg, S. ve Glaubig, R.A., 1986. Boron adsorption and silicon release by the clay minerals kaolinite, montmorillonite and illite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1442-1448.
- Goldberg, S., Foster, M.S, Lesch, S.M ve Meick, E.L., 1996. Influence of anion competition on boron adsorption by clays and soils. *Soil Sci.* 161 (2): 99-103.
- Gupta, U.C. 1968. Relationship of total and hot-water soluble boron and fixation of added boron, to properties of Podzol soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 45-48.
- Gupta, U.C. ve MacLeod, J.A. 1981. Plant and soil boron as influenced by soil pH and calcium sources on podzol soils. *Soil Sci.* 131 (1): 20-25.
- Jackson, M.L., 1962. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall Inc. Eng. Cliffs. N.J. USA.
- Jasmund, K. ve Lindner, B., 1973. Experiments on the fixation of boron by clays minerals. *Proc.Int. Clay. Conf.* 1972: 300-412.
- John, M.K., Chuah, H.H. ve Neufeld, J.H., 1975. Application of improved azomethine-H method to the determination of boron in soils and plants. *Anal. Lett.* 8: 559-568.
- Keren, R. ve Gast, R.G., 1981. Effects of wetting and drying and of exchangeable cations, on boron adsorption and release by montmorillonite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45: 478-482.
- Keren, R., Gast, R.G. ve Bar-Yosef, B., 1981. pH dependent boron adsorption by Na-Montmorillonite. *Soil Sci. Soc. Am.J.* 45: 45-48.
- Mengel, K. ve Kirkby, E.A., 1982. *Principles of Plant Nutrition*. International potash institute, Bern, Switzerland.
- Mott, C.J.B., 1970. Sorption of anions by soils. In *sorption and transport processes in soils*, p. 40. *Soc.Chem. Ind.Monograph* :37.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., 1993. *Toprak Bilimi*. Çukurova Üniv. Zir. Fak. Genel Yayınları: 73. Ders Kitapları Yayınları: 16. Adana.
- Sağlam, T., Cangir, C., Bahtiyar, M.ve Tok, H.H., 1993. *Toprak Bilimi*. Trakya Üniv. Zir. Fak. Toprak Bölümü. Tekirdağ.
- Sözüdoğru, S., Omar, S.M ve Usta, S., 1996. Topraklarda bor adsorpsiyonu. *A.Ü.Z.F. Tarım Bilimleri Dergisi.* 2 (1): 19-22.

Topraklarda Bor Adsorpsiyonu Üzerine Bazı Anyonların Etkileri

Su, C. ve Suarez, D.L, 1997. Boron Sorption and Release by allophane. *Soil.Sci.Soc. Am. J.* 61: 69-77.

Tüzüner, A., Kurucu, N., Gedikoğlu, İ., Eyüpoğlu, F., Börekçi, M., Sönmez, B. ve Açar, A., 1990. Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

U.S. Saliny Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agricultural Handbook: 60-USDA.*

Velayutham, M., 1970. The problem of phosphate fixation by minerals and soil colloids. *Phosphorus Agric.*, 77:1-8.