

KONYA OVASI TOPRAKLARINDA BOR FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

Mustafa HARMANKAYA¹

Sait GEZGİN¹

¹ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Kampüs, Konya

ÖZET

Bu araştırma Konya Ovası tarım topraklarından alınan farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip 19 toprak örneği üzerinde farklı toprak fraksiyonlarındaki bor dağılımını ve bu fraksiyonların değişik toprak özellikleri ile aralarındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılmıştır. Topraklardaki bor fraksiyonları I) kolay çözünebilir B (KÇ-B), II) spesifik olarak adsorbe edilmiş B (SPA-B), III) mangan oksidrokoksitlere bağlanmış B (MOH-B), IV) amorf Fe ve Al oksitlere bağlanmış B (AMO-B), V) kristalin Fe ve Al oksitlere bağlanmış B (KRO-B), VI) organik bağlanmış B (OB-B), VII) residual (RES-B) olarak belirlenmiştir. Kolay çözünebilir bor'u belirlemek için HW, 0.01M CaCl₂, 1M NH₄-Asetat, 0.005M DTPA ve 0.1M KCl olmak üzere 5 farklı ekstraksiyon çözeltisi kullanılmıştır. Topraklardaki diğer bor fraksiyonları, farklı ekstraksiyon çözeltilerinin her biri ile belirlenen kolay çözünebilir bor miktarlarına göre ayrı ayrı (non-sequential) hesap edilmiştir. Kullanılan ekstraksiyon çözeltilerine göre tespit edilebilen kolay çözünebilir bor değerleri ortalama olarak % 2.89- % 4.91 aralığında değişim göstererek toplam bor'un küçük bir bölümünü meydana getirmiştir. En yüksek kolay çözünebilir ortalama B değeri % 4.91 olarak 1 M NH₄-Asetat çözeltisi ile elde edilirken bunu % 4.63 ile 0.005M DTPA, % 3.95 ile 0,01M CaCl₂ ve % 3.67 ile HW takip etmiş ve en düşük değer 0.1M KCl çözeltisi ile % 2.89 olarak elde edilmiştir. Ortalama olarak toplam bor'un % 8.10'unu SPA-B, % 5.26'sını MOH-B, % 5.48'ini OB-B, % 17.86'sını AMO-B, % 10.84'ünü de KRO-B fraksiyonu meydana getirmiştir. Toplam bor'un en büyük kısmını ise ortalama olarak % 48.35 ile RES-B fraksiyonu oluşturmuştur. Bor fraksiyonları ile toprakların EC ve Na değerleri arasında önemli ilişkiler bulunurken, bor fraksiyonları ile diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiler önemsiz olmuştur.

Anahtar kelimeler: Bor fraksiyonları, bor ekstraksiyonu, kolay çözünebilir B, adsorbe edilmiş B, bağlanmış B

DETERMINATION OF BORON FRACTIONS IN KONYA PLAIN SOILS

ABSTRACT

This study was conducted out to investigate the amount of boron in different soil fractions and correlation between these fractions and soil properties on 19 soil samples, having different physical and chemical characteristics, taken from Konya Plain. The boron fractions in these soils were defined as follows: I) readily soluble B (KÇ-B), II) specifically adsorbed B (SPA-B), III) manganese oxyhydroxides bound B (MOH-B), IV) amorphous Fe And Al oxides bound B (AMO-B), V) crystalline Fe And Al oxides bound B (KRO-B), VI) organically bound B (OB-B), VII) residual B (RES-B). To determine readily soluble boron, five different extraction solutions; Hot Water (HW), 0.01M CaCl₂, 1M NH₄-Acetate, 0.005M DTPA and 0.1M KCl were used. The other boron fractions in the soils were non-sequentially calculated according to the readily soluble boron amounts extracted by each of different extraction solutions. Readily soluble boron values were composed of only a minor part of total boron ranging averagely from 2.89 % to 4.91 %. While the highest readily soluble B rate was extracted as 4.91 % with 1M NH₄-Acetate followed 0.005M DTPA by with 4.63 %, 0.01M CaCl₂ with 3.95 % and HW with 3.67 % and the lowest rate of readily soluble B was determined as 2.89 % with 0.1M KCl. On average, SPA-B, MOH-B, OB-B, AMO-B, KRO-B fractions were composed of 8.10 %, 5.26 %, 5.48 %, 17.96 % and 10.84 % of total B rate, respectively. RES-B fraction was composed of the highest rate of total boron with an average of 48.35 %. Although significant correlations were found between the boron fractions and the EC and Na values of the soils, the correlations between the boron fractions and other soil characteristics were found to be insignificant.

Key words: Boron fractions, boron extraction, readily soluble B, adsorbed B, bound B

GİRİŞ

Bor bitkilerin gelişebilmesi için mutlak gerekli mikro besin elementlerinden birisidir. Bitkilerde noksanlık veya toksisiteye neden olan toprak bor seviyeleri arasında çok az bir fark vardır. Bu nedenle bitkilerde bor noksanlığı ve toksisite belirtileri diğer mikro besin elementlerine göre daha yaygın olarak görülmektedir. Borun elverişliliği farklı toprak ve iklim faktörleri tarafından etkilenir. Bitkilere bor elverişliliğini etkileyen başlıca toprak faktörleri; pH, tuz içeriği, organik madde, kireç, tekstür ve değişebilir katyonlardır (Keren ve Bingham 1985, Sakal ve Singh 1995, Rahmatullah ve ark. 1999).

Bor topraklarda değişik formlarda bulunmaktadır ve birkaç kategoriye ayrılmıştır. Bununla birlikte toprak bor'unun fraksiyonu ve her bir fraksiyonun bitkiye elverişliliği geniş olarak incelenmemiştir. Jin ve ark. (1987) ve Hou ve ark. (1996) tarafından B için fraksiyon çalışmaları yapılmıştır. Birçok araştırmacı tarafından topraktaki B; I) Kolay çözünebilir, II) Spesifik olarak adsorbe edilmiş, III) Oksitlere bağlanmış,

IV) Organik olarak bağlanmış, V) Residual ve VI) Toplam bor olarak altı fraksiyon şeklinde ölçülmeye çalışılmıştır. Farklı toprak komponentlerindeki bor dağılımının bilinmesi bor'un topraklardaki kimyasını ve bu fraksiyonların bitki alımına potansiyel katkısını anlamaya temel oluşturur. Fraksiyon araştırması bor formları ve topraktaki mevcudiyetinin anlaşılmasını sağlamıştır (Raza ve ark. 2002).

Hou ve ark. (1996) kompozisyonu iyi karakterize edilmiş mineral ve sentetik topraklar kullanarak, topraklardaki B' un ayrımı için kimyasal bir fraksiyon yönteminin uygulanabilirliğini test etmek amacıyla yaptıkları çalışmada, geliştirilen kimyasal fraksiyon yöntemini hem ardışık, hem de ardışık olmayan ekstraksiyon işlemleri kullanarak test etmişler ve belirledikleri yöntemlerin mineral ve sentetik topraklar için doğru ve uygulanabilir olduğunu bildirmişlerdir.

Rahmatullah ve ark. (1999) kireçli alkalin topraklarda farklı toprak fraksiyonlarındaki toprak B'unun dağılımını ve bitkiye elverişliliğini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, topraklardaki toplam B'un

ortalama olarak %1.2'sini CaCl_2 ile ekstrakte edilebilir B, %17.4'ünü SPA-B, %5.9'unu MOH-B, %19'unu AMO-B, %44'ünü KRO-B ve %14'ünü RES-B'un oluşturduğunu, B'un en büyük bölümünün (%63) amorf ve kristalin Fe ve Al oksihidroksitler tarafından bağlanmasına rağmen B elverişliliğinin topraklarda spesifik olarak (Mannitol ile ekstrakte edilebilir) ve non-spesifik olarak (CaCl_2 ile ekstrakte edilebilir) adsorbe edilmiş B tarafından kontrol edildiğini ve Mn oksihidroksitler tarafından topraklarda B elverişliliğinin negatif olarak etkilendiğini bildirmişlerdir.

Jin ve ark. (1987) farklı toprak fraksiyonlarındaki B dağılımını ve bitkiye elverişliliğini incelemek için yaptıkları laboratuvar ve sera çalışmasında, mısır dokusundaki B konsantrasyonunun Suda çözünebilir B, CaCl_2 ile ekstrakte edilebilir B, Mannitol ile değiştirilebilir B ve asitleştirilmiş $\text{NH}_2\text{OH.HCl}$ ile ekstrakte edilebilir B ile pozitif ilişkili olduğunu ve B elverişliliği ile ilgili bu dört fraksiyon toplamının toplam B'un sadece % 0.4- 7.6 sını oluşturduğunu ve mısır dokusundaki B konsantrasyonunun NH_4 -oksalat'la ekstrakte edilebilir B (hem karanlıkta hem de U.V. altında) ve artakalan B fraksiyonuyla ilişkisiz olduğunu tespit etmişlerdir. Bu ilişkiler amorf ve kristalin Fe ve Al oksihidroksitler ve silikatlardaki B'un bitki alımı için nispeten elverişsiz olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma seçilen Konya Bölgesi topraklarında, farklı toprak fraksiyonlarındaki bor dağılımını ve bu fraksiyonların değişik toprak özellikleri ile aralarındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Konya Ovası tarım alanlarından alınmış 19 adet toprak örneği kullanılmıştır. Kacar (1998)'a göre analize hazır hale getirilen toprak örneklerinde; tekstür hidrometre yöntemiyle (Bouyoucous 1951), toprak reaksiyonu (pH) 1:2.5 toprak su karışımında (Jackson 1962), elektriksel iletkenlik ($\text{EC} \times 10^6 \mu\text{S} / \text{cm}$) 1:5 toprak su karışımında (U.S. Salinity Lab. Staff 1954), kireç (CaCO_3 %) Scheibler kalsimetresiyle volümetrik olarak (Sağlam 1979), organik madde (%) Smith-Weldon metoduyla (Sağlam 1979), alınabilir fosfor Olsen'in NaHCO_3 metoduyla (Bayraklı 1987), alınabilir Fe, Zn, Mn, Cu Lindsay ve Norvell (1978)'e göre 0.005M DTPA+0.01 M CaCl_2 + 0.1 M TEA (pH = 7.3) ile ekstraksiyonla, alınabilir Ca, Mg, Na, K, 1N NH_4 -asetat (pH = 7) ile (Sağlam, 1979) belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan fraksiyon yöntemleri Hou ve ark. (1994) ve Jin ve ark. (1987) tarafından tarif edilen fraksiyon yöntemleri üzerine dayandırılarak ayrı ayrı yani ardışık olmayan yolla belirlenmiş olup bu yöntemler Tablo 2'de verilmiştir. Bu çalışmada söz konusu araştırmacılar farklı olarak kolay çözünebilir B fraksiyonunun belirlenmesi için beş farklı ekstraksiyon çözeltisi kullanılmıştır. Sonra ayrı ayrı spesifik olarak adsorbe edilmiş, oksitlere bağlanmış, organik olarak bağlanmış, toplam ve residual bor fraksiyonları belirlenmiştir. Her bir fraksiyon için ayrı

ayrı alt örnekler alınmış ve her bir fraksiyondaki B miktarı daha önceki fraksiyonlardaki B miktarlarından çıkartılarak hesaplanmıştır. Bu yöntemler kullanılarak topraktan ekstrakt çözeltisine alınan bor miktarı ICP-AES (Varian, Vista) ile belirlenmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Farklı ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak elde edilen B fraksiyon değerleri Tablo 3 de verilmiştir. Topraklardaki toplam B konsantrasyonu 41.4-398.7 mg B kg^{-1} aralığında değişmiştir. Tespit edilen toplam B değerleri birçok araştırmacı tarafından bildirilen 2 – 630 mg B kg^{-1} aralığı içersindedir (Swaine 1955, Kanwar ve Randhawa 1974, Fleming 1980, Jin ve ark. 1987, Sharma ve ark. 1989, Tsidalas ve ark. 1994, Hou ve ark. 1996, Data ve ark. 2002). Keren ve ark. (1985) tarafından belirtildiği gibi büyük ölçüde toprak çözeltisinde bulunan veya toprak parçacıkları tarafından zayıf olarak adsorbe edilen ve bitkilerin en kolay yararlanabildiği bor fraksiyonu olan kolaylıkla çözünebilir B fraksiyonu 5 farklı ekstraksiyon çözeltisiyle belirlenmiştir. Araştırma topraklarının kolay çözünebilir B miktarlarının, ekstraksiyon çözeltisi olarak sıcak su (HW) kullandığımız zaman 0.01-33.63 mg B kg^{-1} aralığında değişerek ortalama 3.07 mg B kg^{-1} olmuştur (Tablo 4). Kolay çözünebilir B ekstraksiyon çözeltisi olarak 0.01M CaCl_2 kullandığımızda 0.09 – 31.33 mg B kg^{-1} ortalama 3.30 mg B kg^{-1} , 1M NH_4 -Asetat kullandığımızda 0.08 – 44.75 mg B kg^{-1} ortalama 4.10 mg B kg^{-1} ekstrakte edilirken, 0.005M DTPA ve 0.1 M KCl kullandığımız zaman ise sırasıyla 0.32 – 35.34 mg B kg^{-1} ortalama 3.87 mg B kg^{-1} ve 0.11 – 24.98 mg B kg^{-1} ortalama 2.41 mg B kg^{-1} ekstrakte edilmiştir. Bütün ekstraksiyon çözeltileriyle en yüksek kolay çözünebilir B miktarı, toplam bor içeriği (398.7 mg B kg^{-1}) en yüksek olan 6 numaralı toprakta belirlenmesine rağmen en düşük kolay çözünebilir bor miktarı ise her metotla farklı topraklarda bulunmuştur (Tablo 3).

Kullanılan ekstraksiyon çözeltilerine göre tespit edilebilen kolay çözünebilir B değerleri ortalama olarak toplam B'un % 2.89 ile % 4.91'ini meydana getirmiştir. En yüksek kolay çözünebilir B değeri % 4.91 ile 1 M NH_4 -Asetat çözeltisi ile elde edilirken bunu % 4.63 ile 0.005M DTPA, % 3.95 ile 0.01M CaCl_2 ve % 3.67 ile HW takip ederken en düşük değer 0.1M KCl çözeltisi ile % 2.89 olarak elde edilmiştir. Bu çalışma ile elde edilen veriler kolay çözünebilir B fraksiyonu toplam toprak Bor'unun sadece küçük bir bölümünü temsil ettiğini belirten Hou ve ark. (1994) ve topraklardaki toplam B'un % 5 den daha azının bitkiler için elverişli olduğunu bildiren Brady (1999) bulguları tarafından desteklenmektedir. Ayrıca benzer konuda yapılan çalışmalarda topraklarda belirlenen kolay çözünebilir B miktarı bakımından ekstraksiyon çözeltilerinin çoktan aza doğru Raza ve ark. (2002) tarafından HW > 0.01 M CaCl_2 > 1M NH_4 -Asetat > AEM, Datta ve ark. (2002) tarafından ise sıcak 0.01M CaCl_2 > 0.1M Salisilik asit > 0.05M HCl > Tartarik asit

Tablo 1 : Araştırma topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	pH	E.C. µS/cm)	CaCO ₃	Org. Mad	KİL	SİLT	KUM	Tekstür	Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn
			-----%	-----%	-----%	-----%	-----%	-----%	-----%	-----me/100 g	-----me/100 g	-----me/100 g	-----me/100 g	-----me/100 g	-----ppm	-----ppm	-----ppm
1 –Sakyatan	8.04	1449	61.78	2.55	6.90	81.80	11.30	Si	28.38	1.93	12.72	2.05	13.58	1.06	0.52	3.25	0.16
2 –Yarma	8.10	375	45.14	2.94	6.50	81.60	11.90	Si	27.69	2.48	9.83	1.68	7.21	0.95	0.92	7.15	0.05
3 –Ereğli	8.34	380	48.93	6.26	51.70	27.20	21.20	C	30.58	2.73	16.67	1.30	10.54	0.80	1.00	3.02	0.64
4 –Yunak	8.13	245	27.72	1.76	3.30	50.70	46.00	SiL	26.84	3.61	5.81	0.40	22.29	0.83	0.46	4.92	0.13
5 –Altınekin	7.85	349	55.84	2.36	28.80	20.00	51.20	SCL	19.88	0.30	2.52	0.31	35.86	0.60	0.77	7.03	0.96
6 –Cihanbeyli	7.93	2300	24.45	3.20	4.10	77.70	18.20	LS	20.19	2.72	6.83	4.70	23.17	1.42	0.20	4.80	0.50
7 –Kaşınhanı	7.68	325	65.55	1.79	35.80	26.80	37.40	CL	13.34	0.37	2.03	0.08	46.13	1.64	1.00	3.11	0.51
8 –Merkez	7.95	650	19.06	2.60	66.30	26.80	6.90	C	15.81	0.39	3.59	0.47	5.94	0.75	0.61	3.01	0.79
9 –Seydişehir	7.69	215	1.19	1.65	30.30	26.20	43.60	CL	12.12	0.29	1.21	0.06	16.77	0.77	0.56	5.11	0.55
10- Beyşehir	7.67	184	13.50	1.11	55.00	22.70	22.30	C	27.64	0.51	3.00	0.15	17.32	1.46	0.80	2.07	0.52
11 –Seydişehir	7.60	179	3.17	0.58	5.60	6.20	88.30	S	7.27	0.11	0.63	0.02	25.94	0.28	3.77	1.72	0.44
12- Sarayönü	6.97	207	21.26	0.88	43.10	32.50	24.40	C	18.34	0.32	2.86	0.05	23.76	1.05	0.46	3.16	0.60
13 –Cihanbeyli	8.15	957	9.94	1.35	31.50	22.00	46.40	SCL	18.14	0.77	7.33	2.69	24.16	1.61	0.22	5.37	0.88
14 –Altınekin	8.32	368	38.58	1.51	36.30	32.30	31.40	CL	19.04	0.99	3.07	0.19	10.30	1.05	0.29	16.48	0.38
15 –Kaşınhanı	7.70	460	50.68	1.90	8.20	38.50	53.20	SL	16.09	0.49	1.95	0.09	28.31	0.95	10.87	17.29	0.37
16 –Tömek	5.90	342	37.49	2.41	4.10	81.80	14.10	Si	20.33	0.99	3.55	0.58	19.01	2.32	0.80	2.14	0.42
17 –Çumra	6.81	262	11.11	2.09	4.10	78.50	17.40	SiL	15.47	1.89	7.15	1.74	46.93	1.84	0.24	3.30	8.34
18 –Karaslan	8.00	75	16.24	1.45	4.10	50.90	45.00	SiL	14.07	0.38	3.38	0.09	10.30	1.56	0.54	11.97	0.44
19 –Emirgazi	7.85	248	40.41	1.44	9.70	28.80	61.50	SL	13.99	0.67	1.29	1.23	10.69	0.65	0.14	5.07	0.29
Minimum	5.90	75	1.19	0.58	3.30	6.20	6.90		7.27	0.11	0.63	0.02	5.94	0.28	0.14	1.72	0.05
Maksimum	8.34	2300	65.55	6.26	66.30	81.80	88.30		30.58	3.61	16.67	4.70	46.93	2.32	10.87	17.29	8.34
Ortalama	7.72	503.68	31.16	2.10	22.92	42.79	34.30		19.22	1.15	5.02	0.94	20.96	1.14	1.27	5.79	0.89

Tablo 2. Toprakta farklı bor fraksiyonlarının ekstraksiyon işlemleri

B Fraksiyonları	Metot	Ekstraksiyon işlemi
Kolay çözünebilir B (KÇ-B)	Suda Çözünebilir	10 g. toprak örneği 20 ml deiyonize su ile 24 saat (25°C) çalkalanarak ekstrakte edilir.
	CaCl ₂ ile ekstrakte edilebilir	10 g. toprak örneği 20 ml 0.01 M CaCl ₂ ile 24 saat (25°C) çalkalanarak ekstrakte edilir.
	NH ₄ -Asetatla ekstrakte edilebilir	5 g. toprak örneği 50 ml 1 N NH ₄ -asetat (pH = 7) çözeltisi ile 5 dakika çalkalanarak ekstrakte edilir.
	DTPA ile ekstrakte edilebilir	10g. toprak örneği 20 ml 0.005 M DTPA, 0.01 M CaCl ₂ ve 0.1 M TEA çözeltisi ile 24 saat çalkalanarak ekstrakte edilir.
	KCl ile ekstrakte edilebilir	10 g. toprak örneği 20 ml 0.1M KCl çözeltisi ile 24 saat çalkalanarak ekstrakte edilir.
Spesifik olarak adsorbe edilmiş B (SPA-B)	KH ₂ PO ₄ ile ekstraksiyon	2 g. toprak örneği 10 ml 0.05 M KH ₂ PO ₄ ile 1 saat çalkalanarak ekstrakte edilir.
	Mn Oksihidroksitlere bağlanmış (MOH-B)	1:10 oranındaki toprak-çözelti karışımında 0.01 M HNO ₃ içinde hazırlanan 0.1 M HCl ile asitleştirilmiş Aminhidroksit çözeltisi ile 30 dakika çalkalanarak ekstrakte edilir.
Oksitlere bağlanmış B (OK-B)	Amorf Fe ve Al oksitlere bağlanmış (AMO-B)	1 g toprak örneği 40 ml 0.175 M Amonyum oksalat çözeltisi (pH = 3,25) ile karanlıkta 4 saat çalkalanarak ekstrakte edilir.
	Kristalin Fe ve Al oksitlere bağlanmış (KRO-B)	U.V. altında 85°C'de 0,175 M Amonyum oksalat çözeltisi (pH = 3.25) ile toprak örneği 1:50 oranında 3 saat çalkalanarak ekstrakte edilir.
Organik olarak bağlanmış B (OB-B)		0.02 M HNO ₃ + % 30 H ₂ O ₂ çözeltisi ile ekstrakte edilir.
Residual B (RES-B)		Diğer fraksiyonlardaki bor toplamının toplam bordan çıkartılmasıyla hesaplanır.
Total B		0.5 gr toprak örneği HNO ₃ +HF+HCL (5:4:1) asit karışımı ile mikrodalgada parçalanır.

> 1M NH₄- Asetat (pH 4.8) > 0.01M CaCl₂ + 0.05M Mannitol > 1M NH₄- Asetat (pH 7) şeklinde sıralandığı bulunmuştur. Yaptığımız bu çalışmada ise sıralama 1M NH₄-Asetat > 0.005M DTPA > 0.01M CaCl₂ > HW

> 0.1M KCl şeklinde olmuştur. Adı geçen araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda kullanılan toprakların çoğunluğu asidik karakterde, kireçsiz ve kaba bünyeli bir yapıya sahip olmasına karşın bu çalışmada kullanı-

lan topraklar (Tablo 1) alkalın karakterli, kireçli ve ince bünyeli bir yapıya sahiptir. Borun çözünübilirliği ve sorbsiyonu toprak pH' sı, kil mineralinin miktar ve tipi, Al ve Fe oksit içeriği, organik madde, tekstür ve kireç miktarı gibi toprak özelliklerine bağlıdır (Elrashidi ve O'Connor 1982, Keren ve Bingham 1985). Diğer araştırmacılar tarafından kullanılan ekstraksiyon çözeltilerine göre tespit edilebilen kolay çözünebilir B değerlerindeki sıralamanın bizim bulduğumuz sıralamadan farklı olmasını yukarıda belirtildiği gibi çalışmalarda kullanılan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin birbirinden oldukça farklı olmasına dayandırabiliriz.

Beş farklı ekstraksiyon çözeltisi kullanılarak elde edilen kolay çözünebilir B fraksiyonu değerlerinin her birine göre ayrı ayrı hesaplanan SPA-B, MOH-B, AMO-B, KRO-B ve OB-B fraksiyonu değerleri birbirine benzer eğilim göstermiştir (Tablo 4). Spesifik olarak kil yüzeyleri üzerinde adsorbe edildiği ifade edilen (Jin ve ark. 1987) spesifik olarak adsorbe edilmiş bor (SPA-B) fraksiyonu toplam borun % 7.20 – %9.21 arasında değişen ve ortalama olarak % 8.10'luk bir kısmını oluşturmaktadır. Toplam Bor'un ortalama olarak % 5.26'sını oluşturan MOH-B fraksiyonunun değişim aralığı % 4.36 ile % 6.38'dir. Organik olarak bağlanmış Bor % 4.58 - % 6.60 aralığında değişerek ortalama olarak toplam B'un % 5.48'ini meydana getirmiştir. Hou ve ark. (1994) ayrı ayrı (non-sequential) ekstraksiyon yöntemi ile toplam B' un % 6.32'sinin organik olarak bağlanmış B tarafından oluşturulduğunu bildirmiştir. Residual Bor'dan sonra toplam borun en fazla kısmını oluşturan ve Hou ve ark. (1994) tarafından izomorfik olarak minerallerin oktahedral tabakaları içindeki Al yada Fe'e ve mineral yüzeyine de sıkıca bağlanmış B' u kapsadığı ifade edilen AMO-B ve KRO-B fraksiyonları da sırasıyla ortalama olarak toplam B' un % 17.96 ve % 10.84'ünü meydana getirmiştir. Toplam Borun % 44.99 ile % 51.04'ünü oluşturan Residual fraksiyon, beş farklı ekstraksiyon çözeltisi kullanılarak elde edilen kolay çözünebilir bor fraksiyonu değerlerine göre ayrı ayrı hesaplanması sonucunda çok fazla değişiklik göstermemiştir. Bu durum Raza ve ark. (2002) ile uyum içindedir. Birçok araştırmacı tarafından (Jin ve ark. 1987, Hou ve ark. 1994, Tsidalas ve ark. 1994, Xu ve ark. 2001, Data ve ark. 2002, Raza ve ark. 2002) toplam bor'un en büyük oranının Residual yada bağlanmış formda bulunduğunun bildirilmesi elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Bazı araştırmacılar (Jin ve ark. 1987, Xu ve ark. 2001, Data ve ark. 2002, Raza ve ark. 2002) tarafından çoğunlukla asidik karakterli, kireçsiz ve kaba bünyeli topraklar kullanılarak tespit edilen KÇ-B, SPA-B, MOH-B, AMO-B, KRO-B ve OB-B fraksiyonu değerleri bu çalışmada elde ettiğimiz değerlerden daha küçük çıkmıştır. Organik madde içeriği yüksek, ince tekstürlü topraklarla alkalın pH'ya sahip toprakların adsorbe edilmiş bor içerikleri yüksektir (Singh 1964, Sims ve Bingham 1968) ve

kaba tekstürlü topraklar çoğunlukla ince tekstürlü topraklardan daha az elverişli bor içerir (Gupta 1968, Fleming 1980). Kireçli topraklarda, kalsiyum karbonat bor adsorbe eden yüzey olarak önemli bir rol oynar (Elseewi 1974, Elseewi ve Elmalky 1979, Goldberg ve Forster 1991) ve bor adsorpsiyonu, yüksek kalsiyum karbonat miktarına sahip olan topraklarda daha büyüktür (Elseewi 1974, Elrashidi ve O'Connor 1982). Nitekim Rahmatullah ve ark. (1999) tarafından bu çalışmada kullandığımız gibi bazik karakterli, kireçli ve ince bünyeli topraklar kullanılarak belirlenen bor fraksiyonları değerleri bizim bulduğumuz sonuçlarla uyumludur.

Araştırma topraklarındaki kolay çözünebilir bor miktarını belirlemede ekstraksiyon çözeltisi olarak HW kullanıldığı zaman, RES-B fraksiyonu ile MOH-B, KRO-B ve OB-B fraksiyonları arasındaki ilişki önemsiz çıkarken diğer fraksiyonlar arasındaki ilişkiler önemli olmuştur (Tablo 5). CaCl₂ ve KCl kullanıldığında RES-B fraksiyonu ile SPA-B, MOH-B, AMO-B, KRO-B ve OB-B fraksiyonları arasında ilişki tespit edilemezken diğer bor fraksiyonları arasında önemli ilişkiler tespit edilmiştir. NH₄-Asetat ve DTPA kullanıldığı zaman ise bütün bor fraksiyonları arasındaki ilişkiler önemli olmuştur. Elde edilen bu sonuçlar Tsidalas ve ark. (1994) nın sonuçlarına benzer niteliktedir.

Araştırmada kullanılan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile HWSB, 0,01M CaCl₂, 1M NH₄-Asetat, DTPA ve KCl kullanılarak ayrı ayrı belirlenen kolay çözünebilir B fraksiyonu (KÇ-B) arasındaki ilişkinin incelenmesi sonucunda (Tablo 6), toprakların EC ve Na değerleri ile KÇ-B fraksiyonu arasında Gezgin ve ark. (2002) tarafından da belirtildiği gibi önemli pozitif ilişkiler tespit edilmesine rağmen pH, CaCO₃, O.M., Kil, Silt, Kum, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu arasındaki ilişkiler önemli çıkmamıştır. Toprak özellikleri ile bor fraksiyonları arasındaki bu ilişkiler farklı araştırmacılar tarafından yapılan benzer çalışmalar ile de doğrulanmaktadır (Xu ve ark. 2001, Data ve ark. 2002, Raza ve ark. 2002). Genel olarak literatürlerde toprakların B içerikleri ile pH, organik madde, kireç ve kil miktarı arasında ilişkinin önemli olduğu bildirilmesine rağmen (Elrashidi ve O'Connor 1982, Keren ve Bingham 1985, Goldberg 1993, Tsidalas ve ark. 1994, Gezgin ve ark. 2002) bu çalışmada ilişki bulunamamasını araştırmada kullanılan toprakların pH, organik madde, kireç ve kil miktarlarının birbirine benzer özellikte olması ile açıklayabiliriz. Çalışılan topraklardaki bor fraksiyonlarını kontrol etmede en önemli toprak karakteristiklerinin EC ve Na olduğu görülmüştür. KÇ-B, SPA-B, MOH-B, AMO-B, KRO-B, OB-B, RES-B ve Toplam B fraksiyonları ile toprakların EC ve Na özellikleri ve K ile AMO-B, KRO-B ve Toplam B fraksiyonları arasında önemli ilişkiler elde edilirken, toprakların diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bor fraksiyonları arasında ilişki bulunamamıştır

Tablo 3 :Kolay Çözünebilir Bor ekstraksiyon çözeltisi olarak HW, 0.01M CaCl₂, 1M NH₄- Asetat, 0.005M DTPA ve 0.1M KCl kullanıldığında seçilen 19 toprağın farklı fraksiyonlarındaki Bor konsantrasyonu.

HW	KÇ-B		SPA-B		MOH-B		AMO-B		KRO-B		O.B-B		RES-B		Total B
	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹
1	3,00	(5,90)	4,04	7,94	2,73	5,36	7,34	14,42	2,21	4,34	4,24	8,33	27,33	53,70	50,89
2	0,28	(0,50)	2,07	3,71	1,23	2,21	6,84	12,26	4,49	8,05	2,15	3,86	38,71	69,41	55,77
3	1,46	(1,40)	8,36	8,04	4,91	4,72	17,04	16,39	12,26	11,79	7,75	7,45	52,20	50,20	103,98
4	0,19	(0,28)	1,86	2,70	1,35	1,96	5,12	7,43	15,45	22,43	1,95	2,83	42,96	62,37	68,88
5	0,55	(1,09)	0,96	1,90	0,56	1,11	5,34	10,58	1,81	3,59	0,97	1,92	40,27	79,81	50,46
6	33,63	(8,43)	61,70	15,47	37,85	9,49	125,45	31,46	29,20	7,32	34,34	8,61	76,54	19,20	398,71
7	1,15	(2,18)	4,45	8,44	2,93	5,55	11,24	21,31	5,15	9,76	3,90	7,39	23,93	45,36	52,75
8	0,69	(1,51)	2,75	6,03	1,94	4,26	4,76	10,45	6,47	14,20	2,89	6,34	26,07	57,21	45,57
9	0,01	(0,02)	0,67	1,62	1,04	2,51	2,06	4,97	3,59	8,67	1,07	2,58	32,97	79,62	41,41
10	0,02	(0,03)	0,95	1,76	0,63	1,17	2,56	4,77	2,64	4,93	0,57	1,05	46,23	86,29	53,57
11	0,08	(0,16)	0,79	1,59	0,71	1,43	7,76	15,65	2,57	5,18	0,43	0,87	37,26	75,12	49,6
12	0,09	0,12	1,21	1,55	0,57	0,73	3,58	4,58	6,30	8,05	0,58	0,74	65,91	84,24	78,24
13	5,25	6,94	8,07	10,67	4,88	6,45	11,34	14,99	8,87	11,73	5,83	7,71	31,40	41,51	75,64
14	1,48	1,85	3,93	4,90	2,73	3,40	10,98	13,69	14,22	17,73	2,71	3,38	44,16	55,06	80,21
15	1,16	2,08	2,94	5,26	2,34	4,19	9,23	16,51	12,47	22,31	1,62	2,90	26,14	46,76	55,9
16	1,75	2,31	4,33	5,72	3,33	4,40	9,79	12,94	13,86	18,32	3,09	4,09	39,49	52,21	75,64
17	3,84	2,88	20,55	15,41	15,56	11,67	42,65	31,99	13,83	10,37	15,97	11,98	20,92	15,69	133,32
18	0,02	0,02	0,85	1,26	1,20	1,79	1,57	2,34	7,84	11,71	0,87	1,29	54,61	81,59	66,93
19	3,77	7,55	3,25	6,51	2,26	4,53	5,68	11,38	8,90	17,83	1,35	2,70	24,71	49,50	49,92
CaCl ₂															
1	2,78	5,46	4,26	8,37	2,95	5,80	7,56	14,86	2,21	4,34	4,46	8,76	26,67	52,41	50,89
2	0,25	0,45	2,10	3,77	1,26	2,26	6,87	12,32	4,49	8,05	2,18	3,91	38,62	69,25	55,77
3	3,86	3,71	5,96	5,73	2,51	2,41	14,64	14,08	12,26	11,79	5,35	5,15	59,40	57,13	103,98
4	0,09	0,14	1,96	2,84	1,45	2,10	5,22	7,57	15,45	22,43	2,05	2,97	42,67	61,95	68,88
5	0,96	1,90	0,55	1,09	0,15	0,30	4,93	9,77	1,81	3,59	0,56	1,11	41,50	82,25	50,46
6	31,33	7,86	64,00	16,05	40,15	10,07	127,75	32,04	29,20	7,32	36,64	9,19	69,65	17,47	398,71
7	0,70	1,33	4,90	9,28	3,38	6,40	11,69	22,15	5,15	9,76	4,35	8,24	22,59	42,82	52,75
8	0,87	1,90	2,57	5,65	1,76	3,87	4,58	10,06	6,47	14,20	2,71	5,95	26,60	58,37	45,57
9	0,29	0,70	0,39	0,94	0,76	1,84	1,78	4,30	3,59	8,67	0,79	1,91	33,81	81,65	41,41
10	0,41	0,77	0,55	1,03	0,23	0,43	2,16	4,03	2,64	4,93	0,17	0,32	47,41	88,50	53,57
11	0,28	0,57	0,59	1,18	0,51	1,02	7,56	15,23	2,57	5,18	0,23	0,45	37,87	76,36	49,6
12	0,39	0,50	0,91	1,16	0,27	0,35	3,28	4,19	6,30	8,05	0,28	0,36	66,81	85,39	78,24
13	4,75	6,28	8,57	11,33	5,38	7,11	11,84	15,65	8,87	11,73	6,33	8,36	29,91	39,54	75,64
14	2,45	3,06	2,96	3,69	1,76	2,19	10,01	12,48	14,22	17,73	1,74	2,17	47,08	58,70	80,21
15	1,21	2,16	2,89	5,17	2,29	4,10	9,18	16,42	12,47	22,31	1,57	2,81	26,29	47,03	55,9
16	1,85	2,44	4,23	5,60	3,23	4,27	9,69	12,82	13,86	18,32	2,99	3,96	39,78	52,59	75,64
17	6,40	4,80	17,99	13,49	13,00	9,75	40,09	30,07	13,83	10,37	13,41	10,06	28,61	21,46	133,32
18	0,32	0,48	0,54	0,81	0,89	1,33	1,26	1,88	7,84	11,71	0,56	0,84	55,52	82,95	66,93
19	3,44	6,88	3,58	7,18	2,59	5,19	6,01	12,05	8,90	17,83	1,68	3,37	23,71	47,50	49,92

Tablo 3'ün devamı

NH ₄ -Asetat	KÇ-B		SPA-B		MOH-B		AMO-B		KRO-B		O.B-B		RES-B		Total B
	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹
1	3,25	6,39	3,79	7,44	2,48	4,87	7,09	13,93	2,21	4,34	3,99	7,84	28,08	55,19	50,89
2	0,25	0,45	2,10	3,76	1,26	2,26	6,87	12,32	4,49	8,05	2,18	3,91	38,62	69,25	55,77
3	3,72	3,58	6,10	5,86	2,65	2,54	14,78	14,21	12,26	11,79	5,49	5,28	58,99	56,73	103,98
4	0,35	0,51	1,70	2,47	1,19	1,73	4,96	7,20	15,45	22,43	1,79	2,60	43,44	63,06	68,88
5	0,08	0,16	1,43	2,83	1,03	2,04	5,81	11,51	1,81	3,59	1,44	2,85	38,86	77,02	50,46
6	44,75	11,22	50,58	12,69	26,73	6,71	114,33	28,68	29,20	7,32	23,22	5,82	109,89	27,56	398,71
7	1,44	2,73	4,16	7,88	2,64	5,00	10,95	20,75	5,15	9,76	3,61	6,84	24,81	47,03	52,75
8	0,88	1,93	2,56	5,62	1,75	3,84	4,57	10,03	6,47	14,20	2,70	5,93	26,64	58,46	45,57
9	0,30	0,72	0,38	0,92	0,75	1,81	1,77	4,27	3,59	8,67	0,78	1,88	33,84	81,72	41,41
10	0,40	0,75	0,56	1,05	0,24	0,45	2,17	4,05	2,64	4,93	0,18	0,34	47,38	88,45	53,57
11	0,42	0,85	0,45	0,91	0,37	0,75	7,42	14,96	2,57	5,18	0,09	0,18	38,28	77,18	49,6
12	0,45	0,58	0,85	1,09	0,21	0,27	3,22	4,12	6,30	8,05	0,22	0,28	66,99	85,62	78,24
13	4,62	6,10	8,70	11,51	5,51	7,29	11,97	15,83	8,87	11,73	6,46	8,55	29,50	39,00	75,64
14	1,57	1,96	3,84	4,79	2,64	3,29	10,89	13,58	14,22	17,73	2,62	3,27	44,43	55,39	80,21
15	1,26	2,26	2,84	5,08	2,24	4,00	9,13	16,33	12,47	22,31	1,52	2,72	26,44	47,31	55,9
16	1,86	2,46	4,22	5,58	3,22	4,25	9,68	12,79	13,86	18,32	2,98	3,94	39,83	52,65	75,64
17	8,51	6,38	15,88	11,91	10,89	8,17	37,98	28,49	13,83	10,37	11,30	8,48	34,92	26,19	133,32
18	0,38	0,57	0,48	0,72	0,83	1,24	1,20	1,79	7,84	11,71	0,50	0,75	55,70	83,22	66,93
19	3,42	6,84	3,60	7,22	2,61	5,23	6,03	12,09	8,90	17,83	1,70	3,41	23,65	47,38	49,92
DTPA															
1	3,41	6,70	3,63	7,14	2,32	4,56	6,93	13,62	2,21	4,34	3,83	7,53	28,56	56,11	50,89
2	0,95	1,70	1,40	2,51	0,56	1,00	6,17	11,06	4,49	8,05	1,48	2,65	40,72	73,01	55,77
3	3,41	3,28	6,41	6,16	2,96	2,85	15,09	14,51	12,26	11,79	5,80	5,58	58,05	55,83	103,98
4	1,05	1,52	1,00	1,46	0,49	0,72	4,26	6,19	15,45	22,43	1,09	1,59	45,53	66,10	68,88
5	0,87	1,72	0,64	1,27	0,24	0,48	5,02	9,95	1,81	3,59	0,65	1,29	41,23	81,70	50,46
6	35,34	8,86	59,99	15,05	36,14	9,07	123,74	31,04	29,20	7,32	32,63	8,18	81,66	20,48	398,71
7	1,85	3,51	3,75	7,11	2,23	4,23	10,54	19,98	5,15	9,76	3,20	6,07	26,03	49,35	52,75
8	1,58	3,47	1,86	4,08	1,05	2,30	3,87	8,49	6,47	14,20	2,00	4,39	28,74	63,07	45,57
9	0,32	0,77	0,36	0,87	0,73	1,77	1,75	4,23	3,59	8,67	0,76	1,84	33,89	81,85	41,41
10	0,46	0,85	0,50	0,94	0,18	0,34	2,11	3,95	2,64	4,93	0,12	0,23	47,55	88,75	53,57
11	0,33	0,67	0,54	1,09	0,46	0,93	7,51	15,14	2,57	5,18	0,18	0,36	38,01	76,64	49,6
12	0,46	0,59	0,84	1,07	0,20	0,25	3,21	4,10	6,30	8,05	0,21	0,26	67,03	85,67	78,24
13	5,54	7,33	7,78	10,28	4,59	6,07	11,05	14,61	8,87	11,73	5,54	7,32	32,27	42,67	75,64
14	1,95	2,43	3,46	4,31	2,26	2,81	10,51	13,10	14,22	17,73	2,24	2,79	45,58	56,82	80,21
15	1,99	3,55	2,11	3,78	1,51	2,71	8,40	15,03	12,47	22,31	0,79	1,42	28,62	51,20	55,9
16	2,46	3,25	3,62	4,79	2,62	3,47	9,08	12,01	13,86	18,32	2,38	3,15	41,61	55,01	75,64
17	6,77	5,08	17,62	13,22	12,63	9,47	39,72	29,79	13,83	10,37	13,04	9,78	29,71	22,28	133,32
18	0,54	0,80	0,32	0,48	0,67	1,01	1,04	1,56	7,84	11,71	0,34	0,51	56,17	83,92	66,93
19	4,18	8,38	2,84	5,68	1,85	3,70	5,27	10,55	8,90	17,83	0,94	1,87	25,95	51,99	49,92

Tablo 3'ün devamı

KCl	KÇ-B		SPA-B		MOH-B		AMO-B		KRO-B		O.B-B		RES-B		Total B
	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹
1	1,97	3,88	5,07	9,96	3,76	7,38	8,37	16,44	2,21	4,34	5,27	10,35	24,25	47,65	50,89
2	0,45	0,80	1,90	3,41	1,06	1,90	6,67	11,96	4,49	8,05	1,98	3,55	39,22	70,32	55,77
3	1,69	1,63	8,13	7,82	4,68	4,50	16,81	16,17	12,26	11,79	7,52	7,23	52,89	50,87	103,98
4	0,44	0,64	1,61	2,34	1,10	1,60	4,87	7,07	15,45	22,43	1,70	2,47	43,71	63,46	68,88
5	0,37	0,73	1,14	2,27	0,74	1,47	5,52	10,95	1,81	3,59	1,15	2,29	39,72	78,71	50,46
6	24,98	6,26	70,35	17,65	46,50	11,66	134,10	33,63	29,20	7,32	42,99	10,78	50,58	12,69	398,71
7	1,04	1,97	4,56	8,64	3,04	5,76	11,35	21,52	5,15	9,76	4,01	7,60	23,60	44,74	52,75
8	0,71	1,56	2,73	5,99	1,92	4,21	4,74	10,40	6,47	14,20	2,87	6,29	26,14	57,36	45,57
9	0,23	0,55	0,45	1,09	0,82	1,98	1,84	4,44	3,59	8,67	0,85	2,05	33,63	81,21	41,41
10	0,29	0,54	0,67	1,26	0,35	0,66	2,28	4,26	2,64	4,93	0,29	0,55	47,04	87,81	53,57
11	0,15	0,30	0,72	1,46	0,64	1,30	7,69	15,51	2,57	5,18	0,36	0,73	37,46	75,52	49,6
12	0,22	0,28	1,08	1,38	0,44	0,57	3,45	4,41	6,30	8,05	0,45	0,58	66,29	84,73	78,24
13	3,11	4,11	10,21	13,50	7,02	9,29	13,48	17,83	8,87	11,73	7,97	10,54	24,97	33,01	75,64
14	0,98	1,22	4,43	5,52	3,23	4,02	11,48	14,31	14,22	17,73	3,21	4,00	42,66	53,19	80,21
15	0,92	1,64	3,18	5,69	2,58	4,62	9,47	16,94	12,47	22,31	1,86	3,33	25,42	45,47	55,9
16	1,22	1,61	4,86	6,43	3,86	5,11	10,32	13,65	13,86	18,32	3,62	4,79	37,89	50,09	75,64
17	4,65	3,49	19,74	14,80	14,75	11,06	41,84	31,38	13,83	10,37	15,16	11,37	23,36	17,52	133,32
18	0,11	0,16	0,75	1,13	1,10	1,65	1,47	2,20	7,84	11,71	0,77	1,16	54,88	81,99	66,93
19	2,37	4,75	4,65	9,31	3,66	7,33	7,08	14,18	8,90	17,83	2,75	5,51	20,51	41,09	49,92

Tablo 4: Kolay çözünebilir bor ekstraksiyon çözeltisi olarak HW, 0.01M CaCl₂, 1M NH₄- Asetat, 0.005M DTPA ve 0.1M KCl kullanıldığında seçilen 19 toprağın non sequential ekstraksiyon yöntemi ile farklı fraksiyonlarındaki bor konsantrasyonunun toplam bor'un % si olarak istatistiksel tanımlanması

Bor fraksiyonları	Minimum konsantrasyon		Maksimum konsantrasyon		Ortalama miktar		Standart sapma
	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	
HW							
HW çözünebilir	0,01	0,01	33,63	40,25	3,07	3,67	7,56
Spesifik olarak adsorbe edilmiş	0,67	0,80	81,70	97,79	7,04	8,43	14,01
Mn okside bağlanmış	0,56	0,67	57,85	69,24	4,67	5,59	8,71
Amorf Fe ve Al okside bağlanmış	1,57	1,87	145,45	174,09	15,28	18,29	28,15
Kristalin Fe ve Al okside bağlanmış	1,81	2,17	29,20	34,95	9,06	10,84	6,69
Organik bağlanmış	0,43	0,51	54,34	65,04	4,86	5,82	8,01
Residual	16,54	19,80	65,91	78,89	39,57	47,36	14,84
0,01 M CaCl₂ ile ekstrakte edilebilir							
CaCl ₂ ile ekstrakte edilebilir	0,09	0,11	31,33	37,50	3,30	3,95	7,02
Spesifik olarak adsorbe edilmiş	0,39	0,47	64,00	76,60	6,81	8,16	14,44
Mn okside bağlanmış	0,15	0,18	40,15	48,05	4,45	5,32	9,11
Amorf Fe ve Al okside bağlanmış	1,26	1,51	127,75	152,90	15,06	18,02	28,56
Kristalin Fe ve Al okside bağlanmış	1,81	2,17	29,20	34,95	9,06	10,84	6,69
Organik bağlanmış	0,17	0,20	36,64	43,85	4,63	5,55	8,35
Residual	22,59	27,04	69,65	83,36	40,24	48,16	14,37
1N NH₄ - asetat ile ekstrakte edilebilir							
NH ₄ - asetat ile ekstrakte edilebilir	0,08	0,16	44,75	53,56	4,10	4,91	10,07
Spesifik olarak adsorbe edilmiş	0,38	0,72	50,58	60,54	6,01	7,20	11,40
Mn okside bağlanmış	0,21	0,27	26,73	32,00	3,64	4,36	6,10
Amorf Fe ve Al okside bağlanmış	1,20	1,79	114,33	136,85	14,25	17,06	25,52
Kristalin Fe ve Al okside bağlanmış	1,81	3,59	29,20	34,95	9,06	10,84	6,69
Organik bağlanmış	0,09	0,18	23,22	27,80	3,83	4,58	5,42
Residual	23,65	26,19	109,89	131,52	42,65	51,04	20,21
0,005M DTPA ile ekstrakte edilebilir							
DTPA ile ekstrakte edilebilir	0,32	0,38	35,34	42,29	3,87	4,63	7,84
Spesifik olarak adsorbe edilmiş	0,32	0,39	59,99	71,81	6,25	7,48	13,63
Mn okside bağlanmış	0,18	0,22	36,14	43,26	3,88	4,64	8,30
Amorf Fe ve Al okside bağlanmış	1,04	1,25	123,74	148,11	14,49	17,34	27,76
Kristalin Fe ve Al okside bağlanmış	1,81	2,17	29,20	34,95	9,06	10,84	6,69
Organik bağlanmış	0,12	0,15	32,63	39,06	4,07	4,87	7,57
Residual	25,95	31,06	81,66	97,74	41,94	50,20	15,08
0,1 M KCl ile ekstrakte edilebilir							
KCl ile ekstrakte edilebilir	0,11	0,13	24,98	29,89	2,41	2,89	5,59
Spesifik olarak adsorbe edilmiş	0,45	0,54	70,35	84,20	7,70	9,21	15,85
Mn okside bağlanmış	0,35	0,42	46,50	55,66	5,33	6,38	10,51
Amorf Fe ve Al okside bağlanmış	1,47	1,77	134,10	160,51	15,94	19,08	29,95
Kristalin Fe ve Al okside bağlanmış	1,81	2,17	29,20	34,95	9,06	10,84	6,69
Organik bağlanmış	0,29	0,35	42,99	51,46	5,52	6,60	9,77
Residual	20,51	24,55	66,29	79,34	37,59	44,99	12,93

Tablo 5: Kolay çözünebilir bor ekstraksiyon çözeltisi olarak HW, 0.01M CaCl₂, 1M NH₄- Asetat, 0.005M DTPA ve 0.1M KCl kullanıldığında ayrı ayrı (non sequantial) olarak ekstrakte edilen farklı B fraksiyonları arasındaki ilişki.

	HW	SPA-B	MOH-B	AMO-B	KRO-B	OB-B	RES-B
SPA-B	0,969**						
MOH-B	0,952**	0,997**					
AMO-B	0,962**	0,997**	0,994**				
KRO-B	0,755**	0,795**	0,797**	0,792**			
OB-B	0,928**	0,989**	0,992**	0,983**	0,781**		
RES-B	0,506*	0,471*	0,432	0,478*	0,445	0,407	
TOTAL B	0,962**	0,984**	0,975**	0,984**	0,825**	0,961**	0,612**
	CaCl ₂	SPA-B	MOH-B	AMO-B	KRO-B	OB-B	RES-B
SPA-B	0,991**						
MOH-B	0,984**	0,998**					
AMO-B	0,983**	0,996**	0,995**				
KRO-B	0,780**	0,787**	0,787**	0,788**			
OB-B	0,977**	0,994**	0,994**	0,989**	0,778**		
RES-B	0,423	0,394	0,362	0,408	0,411	0,351	
TOTAL B	0,978**	0,983**	0,975**	0,984**	0,825**	0,969**	0,549*
	NH ₄ -Asetat	SPA-B	MOH-B	AMO-B	KRO-B	OB-B	RES-B
SPA-B	0,990**						
MOH-B	0,975**	0,995**					
AMO-B	0,986**	0,994**	0,988**				
KRO-B	0,772**	0,795**	0,800**	0,792**			
OB-B	0,944**	0,978**	0,984**	0,966**	0,766**		
RES-B	0,759**	0,720**	0,669**	0,737**	0,633**	0,632**	
TOTAL B	0,982**	0,980**	0,963**	0,984**	0,825**	0,939**	0,837**
	DTPA	SPA-B	MOH-B	AMO-B	KRO-B	OB-B	RES-B
SPA-B	0,989**						
MOH-B	0,983**	0,998**					
AMO-B	0,981**	0,996**	0,995**				
KRO-B	0,778**	0,788**	0,788**	0,788**			
OB-B	0,969**	0,991**	0,992**	0,987**	0,776**		
RES-B	0,545*	0,519*	0,519*	0,552*	0,517*	0,504*	
TOTAL B	0,974**	0,978**	0,978**	0,985**	0,825**	0,969**	0,675**
	KCl	SPA-B	MOH-B	AMO-B	KRO-B	OB-B	RES-B
SPA-B	0,994**						
MOH-B	0,991**	0,999**					
AMO-B	0,987**	0,996**	0,995**				
KRO-B	0,769**	0,791**	0,794**	0,791**			
OB-B	0,981**	0,995**	0,995**	0,990**	0,786**		
RES-B	0,126	0,118	0,093	0,133	0,185	0,082	
TOTAL B	0,976**	0,984**	0,980**	0,985**	0,825**	0,283	0,974**

* : $P < 0,05$, ** : $P < 0,01$ **SONUÇ**

Çalışmada kullanılan Konya Bölgesi topraklarının Toplam B konsantrasyonu 41.4-398.7 mg B kg⁻¹ aralığında değişim göstermiştir. Toprak bor'unun ortalama olarak en büyük oranı residual yada bağlanmış formda bulunmaktadır. Bunları sırasıyla SPA-B, O.B.B, ve MOH-B takip etmiş ve en küçük ortalama ise KÇ-B fraksiyonunda bulunmuştur. KÇ-B fraksiyonundaki bor miktarını belirlemek için kullanılan farklı ekstraksiyon çözeltileri içerisinde ortalama olarak en fazla bor miktarı 1M NH₄-Asetat ile en düşük bor miktarı ise 0.1M KCl ile belirlenmiştir. Kullanılan kolay çözünebilir B ekstraksiyon çözeltilerine göre belirlenen bor miktarındaki sıralama 1M NH₄-Asetat>0.005M DTPA>0.01M CaCl₂>HW> 0.1M

KCl şeklinde olmuştur. Bu sonuçlara göre çalışılan Konya Bölgesi topraklarında, bitkilerin en kolay yararlanabildiği B'u temsil eden kolay çözünebilir bor fraksiyonunu belirlemede kullanılan ekstraktantlar arasında 1M NH₄-Asetat'ın daha etkili olduğunu söyleyebiliriz. Ancak bitkiye elverişli bor miktarının belirlenmesi için en uygun metodun belirlenmesi amacıyla ilave çalışmalar yapılmalıdır.

Tablo 6 : Bor fraksiyonları ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Bor Fraksiyonları	pH	EC	CaCO ₃	Org.mad	Kil	Silt	Kum	P	Na	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
		$\mu\text{S cm}^{-1}$			%			mg kg^{-1}			$\text{me } 100\text{g}^{-1}$				mg kg^{-1}	
HW	0,057	0,860**	-0,033	0,221	-0,277	0,387	-0,190	0,121	0,912**	0,366	0,026	0,233	0,277	-0,165	-0,081	0,145
SPA-B	0,023	0,802**	-0,096	0,282	-0,241	0,410	-0,252	0,154	0,818**	0,423	0,042	0,202	0,241	-0,136	-0,088	0,168
MOH-B	0,007	0,793**	-0,108	0,266	-0,257	0,420	-0,249	0,163	0,809**	0,416	0,025	0,184	0,248	-0,131	-0,082	0,185
AMO-B	0,004	0,779**	-0,087	0,281	-0,260	0,413	-0,238	0,189	0,798**	0,425	0,027	0,191	0,231	-0,110	-0,079	0,198
KRO-B	-0,051	0,523*	-0,045	0,307	-0,306	0,430	-0,213	0,049	0,586*	0,555*	0,101	0,177	0,331	0,001	0,190	0,155
OB-B	0,028	0,804**	-0,087	0,321	-0,232	0,430	-0,285	0,164	0,828**	0,453	0,065	0,248	0,251	-0,153	-0,108	0,202
RES-B	-0,022	-0,514*	-0,177	-0,029	0,284	-0,244	0,012	-0,311	0,492*	-0,088	0,268	0,045	-0,093	-0,150	0,060	-0,284
TOTAL B	0,007	0,754**	-0,113	0,304	-0,231	0,412	-0,264	0,124	0,783**	0,457*	0,087	0,225	0,254	-0,152	-0,060	0,155
CaCl2	0,064	0,832**	-0,076	0,285	-0,233	0,380	-0,224	0,096	0,847**	0,404	0,053	0,214	0,212	-0,147	-0,070	0,114
SPA-B	0,011	0,808**	-0,092	0,270	-0,256	0,424	-0,255	0,177	0,834**	0,424	0,033	0,205	0,266	-0,138	-0,096	0,191
MOH-B	-0,019	0,798**	-0,108	0,240	-0,286	0,446	-0,251	0,202	0,828**	0,413	0,004	0,182	0,289	-0,132	-0,092	0,228
AMO-B	-0,004	0,779**	-0,084	0,275	-0,270	0,421	-0,237	0,205	0,803**	0,426	0,021	0,192	0,242	-0,108	-0,082	0,213
KRO-B	-0,051	0,523*	-0,045	0,307	-0,306	0,430	-0,213	0,049	0,586**	0,555*	0,101	0,177	0,331	0,001	0,190	0,155
OB-B	0,009	0,812**	-0,076	0,317	-0,251	0,460*	-0,303	0,207	0,855**	0,466*	0,061	0,274	0,297	-0,165	-0,132	0,257
RES-B	0,036	0,188	-0,193	0,244	0,095	0,081	-0,190	-0,216	0,194	0,269	0,298	0,197	0,043	-0,238	0,005	-0,182
TOTAL B	0,007	0,754**	-0,113	0,304	-0,231	0,412	-0,264	0,124	0,783**	0,457*	0,087	0,225	0,254	-0,152	-0,060	0,155
NH₄ – asetat	0,047	0,826**	-0,088	0,263	-0,248	0,393	-0,255	0,112	0,828**	0,404	0,039	0,190	0,213	-0,136	-0,087	0,189
SPA-B	0,012	0,807**	-0,086	0,285	-0,248	0,424	-0,262	0,184	0,846**	0,429	0,040	0,223	0,279	-0,145	-0,088	0,215
MOH-B	-0,032	0,787**	-0,104	0,253	-0,287	0,455*	-0,262	0,227	0,844**	0,416	0,001	0,204	0,325	-0,142	-0,074	0,292
AMO-B	-0,006	0,775**	-0,080	0,282	-0,268	0,420	-0,238	0,212	0,805**	0,429	0,022	0,198	0,245	-0,107	-0,076	0,227
KRO-B	-0,051	0,523*	-0,045	0,307	-0,306	0,430	-0,213	0,049	0,586**	0,555*	0,101	0,177	0,331	0,001	0,190	0,155
OB-B	0,010	0,796**	-0,053	0,370	-0,228	0,472	-0,340	0,236	0,876**	0,492*	0,090	0,347	0,337	-0,192	-0,132	0,341
RES-B	0,029	0,500*	-0,189	0,270	-0,060	0,249	-0,238	-0,086	0,493*	0,373	0,216	0,201	0,128	-0,220	-0,054	-0,085
TOTAL B	0,007	0,754**	-0,113	0,304	-0,231	0,412	-0,264	0,124	0,783**	0,457*	0,087	0,225	0,254	-0,152	-0,060	0,155
DTPA	0,060	0,841**	-0,065	0,267	-0,252	0,393	-0,222	0,104	0,848**	0,407	0,046	0,197	0,219	-0,134	-0,077	0,094
SPA-B	0,011	0,802**	-0,100	0,279	-0,246	0,419	-0,258	0,177	0,832**	0,423	0,036	0,214	0,264	-0,145	-0,094	0,207
MOH-B	-0,023	0,785**	-0,122	0,253	-0,274	0,439	-0,256	0,205	0,824**	0,411	0,005	0,194	0,290	-0,143	-0,088	0,258
AMO-B	-0,005	0,775**	-0,087	0,280	-0,265	0,418	-0,238	0,206	0,801**	0,425	0,021	0,196	0,241	-0,110	-0,080	0,222
KRO-B	-0,051	0,523*	-0,045	0,307	-0,306	0,430	-0,213	0,049	0,586**	0,555*	0,101	0,177	0,331	0,001	0,190	0,155
OB-B	0,008	0,797**	-0,088	0,338	-0,233	0,453	-0,312	0,210	0,851**	0,468*	0,068	0,297	0,297	-0,180	-0,131	0,293
RES-B	0,038	0,328*	-0,178	0,251	0,024	0,160	-0,215	-0,179	0,324*	0,326	0,283	0,197	0,087	-0,231	-0,017	-0,187
TOTAL B	0,007	0,754**	-0,113	0,304	-0,231	0,412	-0,264	0,124	0,783**	0,457*	0,087	0,225	0,254	-0,152	-0,060	0,155
KCl	0,051	0,833**	-0,080	0,249	-0,254	0,393	-0,220	0,114	0,836**	0,399	0,037	0,179	0,214	-0,137	-0,083	0,100
SPA-B	0,021	0,811**	-0,090	0,284	-0,247	0,416	-0,254	0,164	0,840**	0,424	0,041	0,218	0,260	-0,142	-0,089	0,189
MOH-B	-0,001	0,804**	-0,102	0,266	-0,269	0,431	-0,250	0,179	0,838**	0,416	0,019	0,205	0,278	-0,140	-0,083	0,221
AMO-B	0,001	0,783**	-0,083	0,282	-0,264	0,417	-0,238	0,197	0,808**	0,426	0,025	0,199	0,241	-0,112	-0,079	0,211
KRO-B	-0,051	0,523*	-0,045	0,307	-0,306	0,430	-0,213	0,049	0,586**	0,555*	0,101	0,177	0,331	0,001	0,190	0,155
OB-B	0,025	0,816**	-0,074	0,333	-0,237	0,442	0,294	0,181	0,862**	0,461*	0,069	0,286	0,284	-0,168	-0,115	0,245
RES-B	0,002	-0,067	-0,194	0,131	0,157	-0,018	-0,132	-0,250	-0,080	0,159	0,293	0,103	-0,020	-0,204	0,012	-0,258
TOTAL B	0,007	0,754**	-0,113	0,304	-0,231	0,412	-0,264	0,124	0,783**	0,457*	0,087	0,225	0,254	-0,152	-0,060	0,155

* : $P < 0,05$, ** : $P < 0,01$

KAYNAKLAR

- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. 19 Mayıs Üniv. Zir Fak. Yay. No: 17, Samsun.
- Bouyoucos, G. J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Jour.* 43: 434-438.
- Brady, N. C., 1999. The nature and properties of soils. Mac Millan Publishing Company, New York, NY. 332 pp.
- Data, S. P., Rattan, R. K., Suribabu, K. and Data, S. C., 2002. Fractionation and colorimetric determination of boron in soils. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165: 179-184.
- Elrashidi, M.A. and O'Connor, G. A., 1982. Boron sorption and desorption in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 27-31.
- Elsewi, A. A., 1974. Some observations on boron in water, soils and plants at various locations in Egypt. *Alex. J. Agric. Res.* 22: 463-473.
- Elsewi, A. A. and Elmalky, A. E., 1979. Boron distribution in soils and waters of Egypt. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43: 297-300.
- Fleming, G. A., 1980. Essential micronutrients. I: Boron and molybdenum. In *applied Soil Trace Elements*. Ed. B. E. Davies. pp 155-197. John Wiley and Sons, New York
- Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, 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. *Boron in Plant and Animal Nutrition*. Edited by Goldbach et al., Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York
- Goldberg, S. and Forster, H. S., 1991. Boron sorption on calcareous soils and reference calcites. *Soil Sci.* 152: 304-310.
- Goldberg, S., 1993. Chemistry and mineralogy of boron in soils. In *Boron and Its Role in Crop Production*. Ed. U C Gupta. Pp 344. CRC Pres, Boca Raton, FL, USA.
- Gupta, U. C., 1968. Relation ship of total and hot-water soluble boron, and fixation of added boron, to properties of podzol soils. *Soil Sci. Soc. Am. J. Proc.* 32: 45-48.
- Hou, J., Evans, L. J. and Spiers, G. A., 1994. Boron fractionation in soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 25: 1841-1853.
- Hou, J., Evans, L. J. and Spiers, G. A., 1996. Chemical fractionation of soil boron: I. Method development. *Can. J. Soil Sci.* 76: 485-491.
- Jackson, M. L., 1962. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc., New York.
- Jin, J., Martens, D. C. and Zelazny, L. W., 1987. Distribution and plant availability of soil boron fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51: 1228-1231.
- Kacar, B., 1997. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri : III. A. Ü. Zir. Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara.
- Kanwar, J. S. and Randhawa, N. S., 1974. Micronutrient Research in soils and plants in India. A review. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi
- Keren, R. and Bingham, F.T., 1985. Boron in water, soils and plants. *Adv. in Soil Sci.* 1: 229-276.
- Keren, R., Bingham, F.T. and Rhoades, J.D., 1985. Plant uptake of boron as affected by boron distribution between liquid and solid phases in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 297-302.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W.A., 1978. Development of a DTPA Soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43: 421-428
- Rahmatullah, Badr-uz-Zaman and M.Salim. 1999. Plant utilization and release of boron distributed in different fractions in calcareous soils. *Arid Soil Research and Rehabilitation (USA)* 13(3):5-16.
- Raza, M., Mermut, A. R., Schoenau J. J. and Malhi, S. S., 2002. Boron fractionation in some Saskatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.* 82: 173-179.
- Sağlam, M. T., 1979. Toprak Kimyası Uygulama Notları. Atatürk Üniv. Yayınları, Erzurum.
- Sakal, R. and Singh, A.P., 1995. Boron research and agricultural production. In *micronutrients res. Agric. Prod.* (Ed., Tandon, HIs) P:1-31 Fert. Dev. And Cons. Org. New Delhi, India
- Sharma, H. C., Pascricha, N.S. and Bajwa, M. S., 1989. Comparison of mathematical models to describe boron desorption from salt-affected soils. *Soil Science* 147: 79-84.
- Shuman, L. M., 1985. Fractionation method for soil microelements. *Soil Sci.* 140: 11-22.
- Sims, J. R. and Bingham, F. T., 1968. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides and soil materials: III. Iron and aluminium-coated layer silicates and soil materials. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32: 369-373.
- Singh, S. S., 1964. Boron adsorption equilibrium in soils. *Soil Sci.* 98: 383-387.
- Swaine, D. J., 1955. The trace elements contents of soils. Technical Communication No. 48. Herald Printings Works, York, England.
- Tessier, A., Dampbell, P.G.C. and Bisson, M., 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal. Chem.* 51: 844-851.
- Tsadilas, C. D., Yassoglou, N., Kosmas, C.S. and Kallianou, Ch., 1994. The availability of soil bo-

- ron fractions to olive trees and barley and their relationships to soil properties. *Plant Soil* 162: 211-217.
- U. S. Salinity Laboratory Staff., 1954. *Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils*. Agricultural Handbook, No: 60 USA.
- Xu, J. M., Wang, K., Bell, R. W., Yang, Y. A. and Huang, L. B., 2001. Soil boron fractions and their relationship to soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 133-138.