



Araştırma Makalesi

www.ziraat.selcuk.edu.tr/ojs
Selçuk Üniversitesi
Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi
24 (3): (2010) 79-86
ISSN:1309-0550



KONYA OVASI TOPRAKLARINDA BİTKİYE ELVERİŞLİ BOR DURUMUNUN BELİRLENMESİNDE KULLANILACAK EN UYGUN KİMYASAL EKSTRAKSİYON YÖNTEM VEYA YÖNTEMLERİN SEÇİMİ¹

Fatma GÖKMEN^{2,3}, Sait GEZGİN²

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya/Türkiye

(Geliş Tarihi: 22.05.2010, Kabul Tarihi: 27.05.2010)

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, Konya Ovası topraklarının elverişli bor miktarını ve bu topraklarda bitkiye elverişli bor miktarının belirlenmesinde kullanılacak en uygun kimyasal ekstraksiyon metot veya metotları belirlemektir. Bu amaçla kontrollü sera şartlarında yetiştirilmek üzere indikatör bitki olarak ayçiçeği kullanılmıştır. Ayrıca 6 farklı biyolojik indeks değeri ile korelasyon yapılmıştır. Diğer taraftan, farklı kimyasal ekstraksiyon metotları kullanılarak 20 adet toprak örneğinin bor içerikleri belirlenmiş ve elde edilen veriler ile biyolojik indeks değerleri arasında istatistiksel kıyaslama yapılmıştır. Bu çalışma neticesinde, topraklarda yarayırlı borun belirlenmesinde 16 farklı bor ekstraksiyon çözeltilisinin etkisi biyolojik indeks değerleri ve metotlar arasındaki korelasyonun önemine göre sıralaması; sıcak 0.01 M CaCl₂ > 0.01 M tartarik asit > 0.05 M mannitol pH = 7.5 > 0.05 M mannitol + 0.01 M CaCl₂ > 2 mM DTPA şeklinde bulunmuştur. Bu 16 ekstraksiyon metotları içinde yukarıdaki beş metot arasında önemli ve yüksek korelasyon belirlenmiştir. Bu ekstraksiyon metotları arasında önemli ve yüksek korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Böylece bu beş kimyasal ekstraksiyon metotlarından birisi topraklarda bitkiye elverişli bor miktarının belirlenmesinde en uygun metot olarak tavsiye edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Toprak, bor elverişliliği, kimyasal çözeltiler, kuru madde, bor kapsamı.

THE SELECTION OF THE MOST SUITABLE CHEMICAL EXTRACTION METHOD OR METHODS FOR THE ESTIMATION OF AVAILABLE BORON IN THE SOILS OF KONYA PLAIN

ABSTRACT

The objective of this study was to find out available boron status of the soils of Konya basin and to select the most suitable chemical extraction method or methods for determining the plant available boron in the soils. For that purpose, a control greenhouse experiment was conducted and sunflower was grown as a test plant. Besides, correlations were accomplished with 6 different biological index values. On the other hand, available boron status of the twenty soil samples were determined by different chemical extraction methods and results obtained by this way were compared with biological index values statistically. Result of this study, according to the significances of the correlation coefficients between the methods and biological index values the efficiency of 16 boron extractants in the assessment of available soil boron was arranged follow; hot 0.01 M CaCl₂ > 0.01 M tartaric acid > 0.05 M mannitol pH = 7.5 > 0.05 M mannitol + 0.01 M CaCl₂ > 2 mM DTPA. Among this extraction methods were defined significance and high correlation floor. Thereby, the one of the 5 extraction methods could be proposed as the best method to determine the plant available boron content of the soils.

Key Words: Soil, boron availability, chemical extractants, dry matter, boron content.

GİRİŞ

Bitkiler için mutlak gerekli mikro besin elementlerinden birisi olan borun bitkilerde noksanlık ve toksisiteye neden olan miktarları arasındaki farkın çok dar olması nedeniyle noksanlık ve toksisite belirtileri çok yaygın olarak görülmektedir. Ayrıca bora tepkileri bakımından bitkiler arasında çok büyük farklılıklar vardır (Keren ve Bingham, 1985). Topraklarda bitkiye elverişli bor miktarı; toprak ana materyali, tekstürü, reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenliği (EC), organik madde içeriği, kireç kapsamı, kil içeriği, değişebilir katyonların cins ve miktarı gibi toprak özelliklerinin yanı sıra sulama suyunun bor içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Berger 1949; Keren ve Bingham, 1985). Yüksek geçirgenliğe sahip kumlu topraklarda, yıkanma sonucunda bor noksanlığı olabileceği gibi, toprağın kireç kapsamı ve pH değerinin yüksek, organik maddenin yetersiz olması durumunda

özellikle aşırı kurak geçen mevsimlerde bor noksanlığı ortaya çıkmaktadır (Kacar, 1984).

Bitki bünyesinde bor, şeker taşınımı, hücre duvarı sentezi, ligninleşme, hücre duvarının strüktürü, karbonhidrat metabolizması, RNA metabolizması, solum, bir büyütme hormonu olan indol asetik asidin sentezlenmesi gibi birçok metabolik olaylarda önemli rol oynamakta ve metabolik olayları kontrol etmektedir (Parr ve Loughman, 1983). Bu nedenle bitkiler ihtiyaç duydukları anda ve ihtiyaç duydukları miktarda boru alamadıkları zaman bitkilerde bazı noksanlık belirtileri ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak bitkilerin kalitesinde ve veriminde önemli ölçüde kayıplar olacaktır. Kalitenin düzeltilmesi ve kayıpların minimuma indirilmesi amacıyla diğer besin elementleri yanında borun da yeterli, dengeli ve düzenli bir gübreleme ile verilmesi gerekir. Bu bakımdan toprakların elverişli bor durumlarını doğru bir biçimde belirlemek için bor belirleme metotlarına ihtiyaç vardır. Ayrıca bor belir-

¹ Fatma GÖKMEN'in Yüksek Lisans Tez çalışmasından düzenlenmiştir

² Sorumlu Yazar: fgokmen@selcuk.edu.tr

leme metotları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerde belirlenmelidir. Nitekim Gezgin ve ark. (2002) tarafından 3.5 milyon ha tarım arazisine sahip Orta-Güney Anadolu bölgesi (Konya, Afyon, Karaman, Aksaray, Niğde, Nevşehir ve Kayseri) tarım topraklarından alınan 898 adet toprak örneğinin analizinde toprakların elverişli bor miktarının 0.01 ile 63.9 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini ve toprakların bor miktarının %26.6'sında noksan (<0.5 mg kg⁻¹) ve %18'inde ise toksik (> 3 mg kg⁻¹) düzeyde olduğunu bulmuşlardır. Bu araştırmacılar ayrıca topraklardaki bitkiye elverişli bor miktarının toprak özelliklerine bağlı olarak değiştiğini ve özellikle toprak tuzluluğu, sodyum ve organik madde miktarı arttıkça elverişli bor miktarının çok önemli düzeyde arttığını belirtmişlerdir. Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi borun noksanlık ve toksisite sınırları birbirine yakın ve aralarındaki sınır çok dardır. Bu nedenlerden dolayı topraklarda bitkiye elverişli borun miktarını doğru bir biçimde tespit etmek için kullanılacak metotların belirlenmesi ve bu metotlardan bitkiye elverişli borun belirlenmesinde kullanılacak en uygun metodun seçilmesi gerekmektedir.

Bu araştırmanın amacı; Konya ovası topraklarının elverişli bor miktarını tespit etmek ve topraklarda bitkiye elverişli bor miktarının belirlenmesinde kullanılacak en uygun ekstraksiyon metot veya metotları belirlemektir. Araştırma sonucunda Konya Ovası topraklarında elverişli bor miktarının belirlenmesinde kullanılan en uygun bor ekstraksiyon metodunun tespiti ile araştırma bölgesinde diğer bitkilerle birlikte özellikle ayçiçeği bitkisi için uygulanması gerekli bor miktarı kolaylıkla belirlenebilir ve borlu gübreleme uygulanarak verim ve kalite artırılabilir.

MATERYAL VE METOD

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri, Jackson (1962) tarafından belirtilen ilkelere uyularak 0-30 cm derinlikten, toprak örneklerinin alındığı yerlerin koordinatları GPS (Küresel Yer Belirleme Sistemi) ile belirlenerek, Konya Ovası'nda geniş yayılım gösteren 6 büyük toprak grubunu temsil edecek şekilde alınmıştır. Toprak örneklerinde tekstür sınıfı (Bouyoucus, 1951), pH ve toplam azot (Jackson, 1962), organik madde (Smith ve Weldon, 1941), ekstrakte edilebilir katyonlar (Bayraklı, 1987), CaCO₃ miktarı (Sağlam, 1979), tarla kapasitesi (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954), elverişli fosfor (Bayraklı, 1987), alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn (Lindsay ve Norvell, 1978)'e göre belirlenerek sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Topraklar genellikle kumlu killi tın, killi tın ve kil tekstüründedir. 18 no'lu toprak nötr, 19 no'lu toprak hafif asit, diğer deneme toprakları ise alkalın tepkimelidir. Organik madde yönünden 4, 19 ve 20 no'lu topraklar fazla, 1, 2, 3, 13 ve 17 no'lu topraklar orta, diğer topraklar ise fakirdir. Kireççe zengin, toplam azot ve elverişli fosfor içerikleri bakımından yeterli ve fazla (FAO, 1990) olarak değerlendirilmektedir. Topraklarda tuzluluk problemi yoktur. Elverişli bakır miktarı açısından 18 ve 20 no'lu topraklar yetersiz, diğer topraklar ise yeterlidir (Viets ve Lindsay, 1973). Elverişli mangan miktarı açısından Sillanpaa (1982)'nin belirttiği kritik değerlere göre (3-5 ppm) 6, 9, 15, 16, 18 ve 20 no'lu topraklar kritik seviyenin altında, 3, 4, 5, 17 ve 19 no'lu topraklar bu seviyenin üstünde, diğerleri ise yüksek miktarda mangan içermektedir. Çinko miktarları açısından deneme topraklarından 4 ve 6 nolu topraklar yeterli; 6, 7, 8, 9, 15, 17, 18, 19 ve 20 nolu topraklar noksan; diğerleri ise orta (Lindsay ve Norvell, 1978) düzeydedir.

Tablo 1. Deneme Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Top. No	Büyük Toprak Grubu	Tekstür Sınıfı	pH (1:2.5)	CaCO ₃ (%)	Org. Mad. (%)	Elv. Cu (ppm)	Elv. Fe (ppm)	Elv. Mn (ppm)	Elv. Zn (ppm)	Toplam N (%)	Elv. P (ppm)
1	K.siz-K.rengi	SCL	8.1	6.7	3.1	0.9	2.4	3.5	0.6	0.1	43.4
2	Kolüviyal	SCL	8.0	21.9	2.9	0.7	3.2	3.8	0.5	0.1	13.0
3	Kestane Rengi	SCL	7.9	18.9	2.2	1.1	10.1	7.9	0.5	0.1	21.1
4	Alüviyal	CL	7.7	3.3	1.2	1.3	11.4	9.4	1.2	0.1	33.4
5	Alüviyal	CL	7.6	2.8	0.8	0.5	5.8	6.7	0.5	0.1	21.9
6	Alüviyal	C	8.2	63.4	4.1	0.6	3.1	0.8	0.3	0.2	18.5
7	Alüviyal	C	8.0	28.9	0.8	0.8	1.9	3.8	0.4	0.1	17.3
8	Alüviyal	SCL	8.1	34.5	1.3	0.7	2.1	4.0	0.2	0.1	15.0
9	Alüviyal	C	8.1	22.8	1.0	1.4	3.1	2.8	0.3	0.1	31.7
10	Alüviyal	C	8.1	21.3	0.5	1.3	4.7	4.7	0.9	0.1	14.3
11	Kır-Kestane	C	8.0	19.7	1.3	0.9	1.7	3.1	0.5	0.1	10.3
12	Alüviyal	SCL	8.1	63.4	1.7	0.4	3.2	6.0	0.5	0.1	29.3
13	Alüviyal	C	8.2	40.9	2.5	0.7	1.5	4.7	0.9	0.1	81.9
14	Alüviyal	CL	7.9	12	1.6	0.7	3.5	3.6	0.6	0.1	45.3
15	Kır-K.rengi	SCL	7.9	8.8	1.3	0.4	0.6	2.1	0.2	0.1	12.0
16	Alüviyal	CL	8.0	6.0	1.1	0.4	1.9	2.5	1.5	0.1	24.1
17	Kestane Rengi	L	7.9	24	2.6	0.6	6.1	8.6	0.4	0.1	16.3
18	Kır-K.rengi	SCL	7.1	3.6	0.9	0.1	0.4	0.7	0.0	0.1	14.9
19	Kolüviyal	SL	6.3	6.2	4.8	0.3	7.0	13.3	0.1	0.2	26.4
20	Alüviyal	SL	8.1	31.3	4.9	0.2	0.9	2.4	0.1	0.2	17.7
En düş.			6.3	2.8	0.5	0.1	0.4	0.7	0.0	0.1	10.3
En yük.			8.2	63.4	4.1	1.4	11.4	13.3	1.5	0.2	81.9
Ort.			7.9	22	2.1	0.7	3.7	4.7	0.5	0.1	25.4

Tablo 2. Deneme Topraklarının Elverişli Bor Miktarının Belirlenmesinde Kullanılan Kimyasal Ekstraksiyon Metotları

Kimyasal ekstraksiyon çözeltisi	Toprak: Çözelti oranı	Çalkalama süresi	KAYNAK
Sıcak su (100 °C)	1:2	24 saat	Berger ve Troug, 1945
Sıcak 0.01 M CaCl ₂	1:2	1 saat	Aitken ve ark., 1987
0.05 M mannitol / 0.01 M CaCl ₂	1:2	1 saat	Cartwright ve ark. 1983
0.01 M mannitol (pH = 7.5)	1:2	1 saat	Cartwright ve ark. 1983
0.01 M mannitol + 0.01 M CaCl ₂	1:2	1 saat	Cartwright ve ark. 1983
% 5 gliserol/ 0.01 M CaCl ₂	1:2	1 saat	Durrant ve Durrant, 1962
0.01 M tartarik asit	1:2	1 saat	Durrant ve Durrant, 1962
1 N NH ₄ OA _C (pH = 4.8)	1:2	1 saat	Gupta ve Stewart, 1975
1 N NH ₄ OA _C (pH = 7)	1:2	1 saat	Gupta ve Stewart, 1975
DTPA- NH ₄ OA _C	1:2	1 saat	SoltanpourWorkman, 1981
Soğuk 0.01 M CaCl ₂	1:20	24 saat	Hou ve ark., 1994
0.05 M KH ₂ PO ₄	1:20	24 saat	Hou ve ark., 1994
0.2 M amonyum okzalit	1:20	24 saat	Hou ve ark., 1994
0.02 M HNO ₃ + %30 H ₂ O ₂	1:20	24 saat	Hou ve ark., 1994
2 mM DTPA	1:1,5	24 saat	Handreck, 1990
Toplam bor	3:10	-	Hou ve ark., 1994

DTPA (Diethilen triamin penta asetik asit); NH₄OA_C (Amonyum asetat)

Deneme Özbek (1969) tarafından bildirildiği şekilde, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kontrollü sera şartlarında kurulmuştur. Deneme boyunca sera içi sıcaklık 25 ± 3 °C, solar radyasyon 1700 kcal/m^2 , nispi nem $\%60 \pm 10$ olması sağlanmıştır. Araştırmada fırın kuru üzerinden 1.5 kg toprak konulan plastik saksılarda 4 ayçiçeği bitkisi (*Helianthus annuus* L. Var. Alhaja) yetiştirilmiştir. Bitkilerin normal gelişmelerini sağlamak amacıyla bütün saksılara 100 ppm N (üre), 60 ppm P (TSP) ve 80 ppm K (KNO₃) çözelti şeklinde verilmiştir. Bor, 0.6-1.2-2.4 ppm olacak şekilde H₃BO₃ çözeltisi halinde deneme planına göre ekimden önce saksılara uygulanmıştır. 55 günlük bir gelişmeden sonra bitkiler hasat edilmiştir. 70 °C'de kurutulan bitki örneklerinde kuru ağırlık tespit edilmiştir. Daha sonra örnekler analizlerde kullanmak amacı ile tungsten kaplı değirmende öğütülmüştür. Bitki örneklerinden 0.3 g tartılarak 5 ml HNO₃ ile yüksek sıcaklık (210 °C) ve yüksek basınç (210 PSI) altında mikrodalga cihazında (CEM-Mars 5) çözüldürülmüştür. Örneklerdeki bor miktarı ICP-OES (Varian-Vista model) cihazı ile belirlenmiştir.

Deneme topraklarında bitkiye yarayışlı borun belirlenmesi için kullanılan ekstraksiyon metotları Tablo 2'de verilmiştir. Bu metotlarla elde edilen süzükler ICP-OES (Varian-Vista model) cihazı ile belirlenmiştir. Ayrıca toprak örneklerinin toplam bor miktarı Hou ve ark. (1994)'na göre belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizlerinde MSTAT ve SPSS istatistik paket programlarından yararlanılmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deneme sonucunda farklı seviyelerde uygulanan borun kontrollü sera şartlarında yetiştirilen ayçiçeği bitkisi için elde edilen kuru madde miktarları Tablo

3'de verilmiştir. Topraklara uygulanan bor dozlarına bağlı olarak ayçiçeği bitkisinin kuru madde miktarları kontrole (B₀) kıyasla artmıştır. B₀ dozunda elde edilen kuru madde miktarına (13.94 g/saksı) oranla en fazla kuru madde B₂ dozunda (14.67 g/saksı) elde edilmiş olup, bunu sırasıyla B₁ (14.65 g/saksı) ve B₃ (14.48 g/saksı) dozlarında elde edilen kuru madde miktarları takip etmiştir. LSD testine göre, söz konusu bu ortalama kuru madde miktarları açısından B₁ ve B₂, B₀ ve B₃ dozları arasındaki fark hariç, B₀ ve B₁; B₀ ve B₂; B₂ ve B₃ dozları arasındaki farklar istatistiki yönden önemli (p<0.01) bulunmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlara benzer bir şekilde Souza ve ark. (1997) 1.0 mg kg⁻¹ B, Blamey ve ark. (1997) ilk denemelerinde uyguladıkları 0.23, 0.45, 1.13, 2.25, 4.5 ve 9.0 mg saksı⁻¹ B uygulaması ile $y = 8.69 + 6.72x$, ikinci denemelerinde 4.5, 150, 300, 450, 600 ve 750 mg saksı⁻¹ B uygulaması ile $y = 50.2 - 0.021x$ en yüksek düzeyde kuru madde elde edildiğini belirtmişlerdir.

Denemede 2, 8, 9, 11, 12, 14 ve 19 no'lu topraklarda B₁ dozu, 1, 5, 7, 10 ve 16 no'lu topraklarda B₂ dozu ve 3, 4, 6, 13, 17, 18 ile 20 no'lu topraklarda B₃ dozunun uygulamasıyla en yüksek kuru madde belirlenmiştir. Ayrıca farklı dozlarda bor uygulanması ile elde edilen kuru madde miktarları arasındaki farklar istatistiki bakımdan önemli (p<0.01) bulunmuştur (Tablo 3).

Ayçiçeği bitkisinin bor kapsamı ve topraktan kaldırdığı bor miktarları sırasıyla Tablo 4 ve 5'de verilmiştir. Tablo 4 ve 5'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi, bor uygulamasıyla bitkinin B kapsamı ve topraktan kaldırdığı toplam B miktarları 20 toprak örneğinin ortalaması olarak sırasıyla B₀'dan (40.88 ppm, 568.32 µg/saksı) B₃'e (63.29 ppm, 910.22 µg/saksı) kadar doğrusal bir biçimde artmıştır. Bor uygulaması ile elde edilen hem B kapsamı hem de

topraktan kaldırdığı B miktarlarına ait söz konusu ortalama değerler arasındaki farklar LSD testine göre istatistiki bakımdan önemlidir ($p < 0.01$). Aitken ve ark. (1987), elde ettiğimiz sonuçları destekler şekilde bor uygulaması ile ayçiçeği bitkisinin bor kapsamının arttığını, Katyal ve Ranhawa (1983)'nin ayçiçeği bitkisinin bor kapsamı için bildirdiği yeterli seviyeyi (29-125 mg kg⁻¹ B) aşmadığı belirlemişlerdir. Çalışmamızda ayçiçeği bitkisinin bor kapsamı muhtemelen Chauhan ve Power (1978) ve Tanaka (1996)'nin bildirdiği gibi toprakların farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 3. Farklı Seviyelerde Uygulanan Borun Serada Yetiştirilen Ayçiçeği Bitkisinin Kuru Madde Miktarı Üzerine Etkisi ve Kuru Madde Ortalamaları Arasındaki Farkın LSD Testine Göre Kontrolü

Top. No	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	Ortalama
1	15.71ab ²	15.72ab	16.24a	14.73b	15.60cd
2	16.50a	17.26a	15.34b	15.28b	16.10bc
3	14.38a	14.42a	14.54a	14.60a	14.48efg
4	16.18b	16.52ab	17.34a	17.42a	16.86ab
5	14.35b	14.47b	15.84a	14.65b	14.83defg
6	11.18c	11.67bc	12.38ab	12.96a	12.05hi
7	14.10b	14.52ab	15.34a	14.30b	14.57efg
8	10.94b	13.45a	10.84b	8.80c	11.01j
9	14.69a	15.46a	15.40a	15.39a	15.23cde
10	14.32ab	14.24ab	14.61a	13.53b	14.18fg
11	9.77b	11.56a	11.46a	11.38a	11.04ij
12	12.51c	16.28a	15.36a	14.08b	14.56efg
13	15.77a	16.03a	16.38a	16.58a	16.19bc
14	17.99a	18.14a	17.29a	17.27a	17.67a
15	13.04a	12.89a	12.45a	12.70a	12.77h
16	14.39b	16.39a	17.04a	16.34a	16.04bc
17	14.13a	13.34a	13.73a	14.31a	13.88g
18	14.11b	13.30b	15.69a	16.47a	14.89def
19	12.12b	13.51a	12.23b	13.48a	12.83h
20	12.69c	14.00b	13.89b	15.41a	14.00fg
En Düş.	9.77	11.35	10.84	8.80	11.04
En Yük.	17.99	18.16	17.48	17.33	17.67
Ort.	13.94b	14.65a	14.67a	14.48b	-

1: Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

2: Her bir toprak içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark %1 ihtimal sınırlarına göre önemli değildir.

Uygulanan farklı dozlardaki borun etkisiyle her bir deneme toprağında yetiştirilen bitkinin B kapsamı ve topraktan kaldırdığı toplam B miktarlarında B₀'dan B₃'e kadar bazı istisnalar hariç büyük miktarda artışlar meydana gelmiş olup bu ortalamalar arasındaki farklar genellikle LSD testine göre istatistiki olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Tablo 4 ve 5).

Tablo 6'da verilen varyans analizi sonuçlarına göre, varyasyon kaynakları olan deneme toprakları, bor uygulamaları ve 'bor uygulamaları x topraklar interaksyonu' bitkinin kuru madde miktarı, bor kapsamı ve topraktan kaldırdığı toplam bor miktarı üzerine istatistiki yönden önemli düzeyde ($p < 0.001$) etkili olmuştur. Bu durum uygulanan farklı dozlardaki bo-

run bitkinin kuru madde miktarı, bor kapsamı ve topraktan kaldırdığı toplam bor miktarları üzerine olan etkisinin topraktan toprağa farklı olduğuna işaret etmektedir. Nitekim Souza ve ark. (1997) yaptıkları çalışmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Tablo 4. Farklı Seviyelerde Uygulanan Borun Sera Şartlarında Yetiştirilen Ayçiçeği Bitkisinin Ortalama Bor Kapsamı Üzerine Etkisi ve Bor Kapsamı Ortalamaları Arasındaki Farkın LSD Testine Göre Kontrolü

Top. No	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	Ortalama
1	36.17b ²	35.88b	45.12a	47.64a	41.20fgh
2	44.84c	52.12b	54.05b	72.00a	55.75de
3	35.90b	37.04ab	38.29ab	41.56a	38.20hi
4	36.91b	36.72b	40.22ab	44.69a	39.64fgh
5	34.07d	44.04c	52.74b	75.63a	51.62e
6	75.42b	77.98b	78.67b	103.12a	83.80a
7	36.99c	38.77bc	41.97b	53.90a	42.91fg
8	51.90c	52.45c	67.24b	87.72a	64.83c
9	44.27c	45.65c	62.44b	85.72a	59.52d
10	36.69b	39.40ab	40.11ab	43.73a	39.98fgh
11	34.15b	35.21b	41.51a	43.03a	38.47gh
12	54.57d	62.74c	73.24b	85.77a	69.08c
13	72.81b	74.32b	77.40b	83.82a	77.09b
14	38.31c	39.81bc	44.14b	54.60a	44.21f
15	39.17c	44.76b	63.65a	68.02a	53.90e
16	37.20d	50.67c	55.43b	63.44a	51.69e
17	32.46c	34.31bc	37.69b	44.05a	37.13hi
18	26.95c	33.26b	33.94b	45.20a	34.84i
19	21.76c	29.56b	29.19b	35.54a	29.01j
20	27.03d	44.85c	56.40b	86.64a	53.73e
En Düş.	21.76	29.56	29.19	35.54	29.01
En Yük.	75.42	77.98	78.75	103.12	77.09
Ort.	40.88d	45.48c	51.67b	63.29a	-

1: Değerler 3 tekrerrürün ortalamasıdır.

2: Her bir toprak içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark %1 ihtimal sınırlarına göre önemli değildir.

Konya Ovası topraklarının bor durumları ve bu topraklarda bitkiye elverişli bor miktarını tespit etmek için kullanılacak en uygun kimyasal ekstraksiyon yöntem veya yöntemleri seçmek amacıyla biyolojik indeks değeri olarak, bor uygulanmayan topraklardan elde edilen bitkinin kuru madde miktarı (g/saksı), bor kapsamı (B, ppm), bitkinin topraktan kaldırdığı bor miktarı (µg/saksı) ve bu değerlerin % nispi miktarları kullanılmıştır.

Söz konusu yüzde nispi miktarlar; bor uygulanmayan topraklarda yetiştirilen bitkinin kuru madde miktarı, bor kapsamı ve topraktan kaldırdığı bor miktarlarının sırasıyla B₂ dozunda bor uygulanan topraklarda yetiştirilen bitkinin kuru madde miktarı, bor kapsamı ve topraktan kaldırdığı bor miktarları içerisindeki yüzde paylarıdır. Biyolojik indeks değerleri arasında yapılan çoklu korelasyona göre, bor uygulanmayan topraklarda yetiştirilen bitkinin bor kapsamı ile sırasıyla topraktan kaldırdığı bor miktarı ve nispi bor kapsamı arasında ($r = 0.885^{**}$), ($r = 0.684^{**}$) %5 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli ilişki bulun-

muştur. Ayrıca bor uygulanmayan topraklarda yetiştirilen bitkinin topraktan kaldırdığı bor miktarı ile nispi bor kapsamı arasında ($r = 0.612^{**}$) %5 seviyesinde önemli ilişkiler belirlenmiştir (Tablo 7). Bu sonuçlar doğrultusunda bitkilerin bor kapsamı indeksi kimyasal ekstraksiyon metodun seçiminde güvenilir bir biçimde kullanılabilir.

Tablo 5. Farklı Seviyelerde Uygulanan Borun Sera Şartlarında Yetiştirilen Ayçiçeği Bitkisinin Toprakdan Kaldırdığı Ortalama Bor Kapsamı Üzerine Etkisi Ve Bor Kapsamı Ortalamaları Arasındaki Farkın LS Testine Göre Kontrolü

Top. No	B ₀	B ₁	B ₂	B ₃	Ortalama
1	568.33b ²	563.99b	733.39a	701.62a	641.83ı
2	740.11c	899.34b	829.30b	1100.13a	892.22d
3	516.17b	534.08ab	556.90ab	606.74a	553.47j
4	597.45b	606.75b	697.87a	778.51a	670.15h
5	489.08d	637.58c	834.80b	1108.08a	767.39f
6	842.79c	910.49bc	974.06b	1337.44a	1016.19b
7	521.80c	563.13bc	643.87b	771.03a	624.96ı
8	567.88b	705.35a	728.73a	772.31a	693.57g
9	650.31c	706.72c	961.43b	1318.60a	909.26c
10	526.80a	562.32a	585.92a	591.86a	566.72j
11	334.42b	406.90ab	475.67a	489.93a	426.73ı
12	681.86c	1020.95b	1124.72a	1206.46a	1008.50b
13	1148.36c	1191.21bc	1267.68b	1389.30a	1249.14a
14	688.68b	722.42b	762.90b	942.80a	779.20f
15	510.70b	577.06b	792.40a	863.58a	685.94gh
16	535.17d	830.45c	944.85b	1036.32a	836.70e
17	458.73b	457.88b	516.99b	629.75a	515.84k
18	380.40c	442.57c	532.60b	745.74a	525.33k
19	264.01c	399.48bc	356.87b	478.99a	374.84m
20	343.36d	628.23c	782.84b	1335.21a	772.41f
En Düş.	264.01	399.48	356.87	469.77	374.84
En Yük.	1148.36	1191.21	1267.68	1389.30	1249.14
Ort.	568.32c	668.34b	755.19b	910.22a	-

1: Değerler 3 tekrerrün ortalamasıdır.

2: Her bir toprak içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark %1 ihtimal sınırlarına göre önemli değildir.

Konya ovası topraklarında bor durumunu ve bu topraklardaki bitkiye elverişli bor miktarlarının belirlenmesinde kullanılabilecek en uygun kimyasal ekstraksiyon metodlarını tespit etmek amacıyla bölgeden alınan 20 toprak örneğinde 16 farklı kimyasal ekstraksiyon metodu uygulanmış (Tablo 2) ve elde

edilen değerler Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 8’in incelenmesiyle de görülebileceği gibi deneme topraklarının bitkiye elverişli bor kapsamı uygulanan kimyasal ekstraksiyon metodlarına göre oldukça farklılık arz etmektedir. Nitekim Fleming (1980) ve Kacar ve Fox (1967)’da toprakların bor kapsamının kullanılan ekstraksiyon yöntemine göre farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Biyolojik indeksler ile topraklara uygulanan kimyasal ekstraksiyon metodları arasında istatistiki ilişkiler belirlenerek belirlenen korelasyon katsayıları Tablo 9’da verilmiştir.

Bölgeden alınan topraklarda bitkiye elverişli bor miktarının belirlenmesinde kullanılacak en uygun kimyasal ekstraksiyon metodların seçiminde; a) belirtilen ekstraksiyon metodları ile bor uygulanmayan kontrol saksılarda yetiştirilen bitkinin kuru madde miktarı, B kapsamı ve topraktan kaldırdığı B miktarı arasındaki istatistiki ilişkilerin (korelasyon katsayılarının) önemine ve önem derecesine b) biyolojik indeks değeri olarak kullanılan yüzde nispi kuru madde miktarı, yüzde nispi B kapsamı ve yüzde nispi toplam topraktan kaldırdığı B miktarı ile ekstraksiyon metodları arasındaki korelasyon ilişkilerin istatistiki olarak önemi ve önem derecesine bakılarak karara varılmıştır. Bu temel değerlendirme yapıldıktan sonra seçilen kimyasal ekstraksiyon metodlarının önem sıraları biyolojik indekslerle gösterdikleri korelasyon katsayılarının büyüklüğüne göre yapılmıştır.

Tablo 9’da görülebileceği gibi sıcak 0.01 M CaCl₂ > 0.01 M tartarik asit > 0.05 M mannitol pH = 7.5 > 0.05 M mannitol + 0.01M CaCl₂ > 2 mM DTPA kimyasal ekstraksiyon metodları 3’er adet biyolojik indeks değeri ile istatistiki yönden önemli ilişkiler gösterdiği için söz konusu kimyasal ekstraksiyon metodlarıyla belirlenen bor miktarı Konya ovası topraklarında bitkiye elverişli bor miktarını teşkil etmektedir.

Ayrıca elverişli bor miktarını belirlemek için bu topraklara uygulanacak kimyasal ekstraksiyon metodlarının önem sıralaması, istatistiki yönden önemli ilişkiler belirlenen biyolojik indeksler ve bu önem derecesinin büyüklüğüne göre; sıcak 0.01 M CaCl₂ > 0.01 M tartarik asit > 0.05 M mannitol pH = 7.5 > 0.05 M mannitol + 0.01M CaCl₂ > 2mM DTPA şeklinde belirlenmiştir.

Tablo 6. Toprağa Farklı Seviyelerde Uygulanan Borun Sera Şartlarında Yetiştirilen Ayçiçeği Bitkisinin Kuru Madde Miktarı, Bor Kapsamı ve Toprakdan Kaldırdığı Bor Miktarına Etkilerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynağı	S.D.	Hesaplanan F Değerleri		
		Kuru Madde Miktarı	Bor Kapsamı	Toprakdan Kaldırılan B Miktarı
GENEL	79	-	-	-
Topraklar (T)	19	30.845***	554.950***	331.347***
Bor Uyg. (B)	3	166.967***	1213.615***	739.649***
TxB İnt.	57	11.052***	28.897***	20.986***

*** $p < 0.001$

Tablo 7. Biyolojik İndeks Değerleri Arasında Çoklu Korelasyon Katsayıları (r)

		Bor kapsamı	Kaldırılan Bor	Nispi kuru madde	Nispi bor kapsamı	Nispi kaldırılan bor
Bor uygulanmayan saksılarda yetişen bitkilerde	Kuru madde	-0.068	0.385	0.405	0.068	0.376
	Bor kapsamı	-	0.885**	-0.076	0.684**	0.306
	Kaldırılan bor	-	-	0.114	0.612**	0.439
(B ₀ /B ₂)x100;%	Nispi kuru madde			-	0.001	0.541*
	Kaldırılan nispi bor				-	0.334

Tablo 8. Deneme Topraklarında Çeşitli Kimyasal Ekstraksiyon Çözeltilerinde Çözünen Bor Miktarları

Top. No	Toprakta bor miktarı (B, ppm)							
	Sıcak su	Sıcak 0.01M CaCl ₂	0.05 M mannitol + 0.01 M CaCl ₂	0.05 M mannitol pH=7.5	0.01 M mannitol + CaCl ₂	%5gliserol / 0.01 M CaCl ₂	0.01 M tartarik asit	1 N NH ₄ OAc pH = 4.8
1	0.937	0.395	0.889	1.176	0.299	0.345	0.672	0.012
2	1.181	0.479	1.143	1.732	0.548	0.490	0.950	0.507
3	0.363	0.172	0.332	0.504	0.211	0.336	0.426	0.716
4	0.301	0.173	0.291	0.562	0.263	0.207	0.278	0.185
5	0.340	0.190	0.322	0.639	0.373	0.216	0.577	0.225
6	4.171	1.461	4.299	5.294	2.479	1.377	3.074	0.259
7	1.090	0.363	1.093	1.563	0.520	0.307	0.606	0.536
8	1.238	0.640	1.216	1.581	0.849	0.374	0.819	0.624
9	1.979	0.497	1.969	2.732	0.989	0.765	1.073	0.651
10	0.998	0.250	0.993	1.421	0.432	0.362	0.465	0.329
11	0.600	0.103	0.584	0.897	0.535	0.247	0.242	0.092
12	2.700	0.856	2.737	3.410	1.437	1.060	1.618	1.186
13	4.820	1.470	4.761	5.922	2.518	1.526	2.681	3.483
14	0.996	0.190	0.936	1.382	0.416	0.177	0.579	0.302
15	0.583	0.145	0.580	0.963	0.672	0.207	0.536	0.504
16	0.490	0.121	0.470	0.789	0.456	0.214	0.422	0.597
17	0.391	0.110	0.357	0.636	0.275	0.133	0.227	0.109
18	0.180	0.107	0.159	0.357	0.088	0.095	0.331	0.092
19	0.070	0.120	0.058	0.099	0.074	0.087	0.161	0.031
20	0.168	0.105	0.152	0.256	1.012	0.105	0.109	0.059
Düş.	0.070	0.103	0.058	0.099	0.074	0.087	0.109	0.012
Yük.	4.820	1.470	4.761	5.922	2.518	1.526	3.074	3.483
Ort.	1.180	0.397	1.167	1.596	0.722	0.432	0.792	0.525
Top. No	Toprakta bor miktarı (B, ppm)							
	1 N NH ₄ OAc pH = 7	DTPA-NH ₄ OAc	Soğuk 0.01M CaCl ₂	0.05 M KH ₂ PO ₄	0.2 M asidik NH ₄ okzalat	0.02 M HNO ₃ +% 30 H ₂ O ₂	2 mM DTPA	Toplam bor
1	0.073	0.016	0.479	1.694	1.196	0.793	0.200	151.53
2	0.175	0.501	0.771	1.842	1.253	0.705	0.392	82.131
3	0.164	0.714	0.082	0.835	0.771	0.235	0.042	84.082
4	0.027	0.195	0.074	1.016	0.694	1.141	0.055	62.248
5	0.012	0.239	0.406	0.640	1.292	2.268	0.135	79.963
6	0.853	0.259	3.468	3.662	1.061	3.806	1.906	87.092
7	0.060	0.546	1.127	1.379	1.087	2.597	0.346	80.742
8	0.134	0.656	1.023	1.124	2.879	0.503	0.478	59.922
9	0.169	0.644	1.601	1.966	0.000	0.765	0.621	142.53
10	0.139	0.337	1.180	0.938	1.021	0.000	0.403	70.535
11	0.001	0.084	0.988	0.193	0.000	0.000	0.181	67.083
12	0.530	1.189	1.668	2.604	3.337	3.620	1.011	51.149
13	0.897	3.552	3.520	4.094	3.764	4.162	1.631	149.38
14	0.133	0.314	0.795	0.782	0.001	0.001	0.223	192.20
15	0.142	0.497	0.391	0.794	2.136	0.520	0.190	92.499
16	0.162	0.590	0.313	0.927	2.552	1.368	0.196	86.685
17	0.001	0.133	0.113	0.190	1.075	0.147	0.041	62.752
18	0.001	0.068	0.010	0.001	2.578	2.853	0.014	80.730
19	0.001	0.038	0.062	0.001	3.595	2.887	0.068	112.07
20	0.001	0.125	0.031	0.001	2.293	0.260	0.051	18.909
Düş.	0.001	0.016	0.031	0.001	0.001	0.001	0.041	18.909
Yük.	0.897	3.552	3.520	4.094	3.764	4.162	1.631	151.53
Ort.	0.193	0.535	0.905	1.234	1.715	1.507	0.409	90.712

Tablo 9. Deneme Topraklarına Uygulanan Çeşitli Kimyasal Ekstraksiyon Metotları İle Biyolojik İndeksler Arasındaki Lineer Korelasyon Katsayıları (r)

Biyolojik İndeksler	Bor uygulanmayan saksılarda yetiştirilen bitkilerde			B ₀ /B ₂ x100, %		
	Kuru madde miktarı	Bor Kapsam	Topraktan kaldırılan bor miktarı	Nispi kuru madde miktarı	Nispi bor kapsam	Nis. top. kaldırılan bor miktarı
Sıcak su	-0,033	0,947**	0,873**	-0,139	0,560*	0,273
Sıcak 0.01 M CaCl ₂	-0,098	0,957**	0,842**	-0,118	0,660**	0,277
0.05 M man.+0.01 M CaCl ₂	-0,049	0,949**	0,865**	-0,150	0,566**	0,266
0.05 M man. pH = 7.5	-0,023	0,950**	0,878**	-0,135	0,563**	0,273
0.01 M man. + CaCl ₂	-0,203	0,908**	0,761**	-0,216	0,506*	0,046
%5 gliserol /0.01M CaCl ₂	-0,062	0,933**	0,846**	-0,199	0,615**	0,230
1N NH ₄ OAc pH = 4.8	0,188	0,659**	0,773**	-0,025	0,182	0,208
1N NH ₄ OAc pH = 7	-0,049	0,936**	0,849**	-0,161	0,598**	0,254
DTPA-NH ₄ OAc	0,186	0,656**	0,770**	-0,022	0,178	0,204
Soğuk 0.01 M CaCl ₂	-0,124	0,922**	0,808**	-0,162	0,517*	0,283
0.05 M KH ₂ PO ₄	0,113	0,935**	0,916**	-0,102	0,706**	0,303
0.2 M asidik NH ₄ -okzalat	-0,237	0,166	0,097	-0,151	-0,112	-0,300
0.02 M HNO ₃ +%30 H ₂ O ₂	-0,126	0,500*	0,418	-0,438	0,298	-0,042
2 mM DTPA	-0,152	0,948**	0,806**	-0,190	0,601**	0,228
Toplam bor	0,553*	0,183	0,430	0,345	0,085	0,371

Sonuç olarak, belirtilen bu 5 kimyasal ekstraksiyon metotlarından laboratuarda kullanılabilirliği uygun, kimyasal maddesi ucuz ve kolay temin edilenlerden birisi bölge topraklarında bitkiye elverişli bor miktarının belirlenmesinde kullanılabilir. Bu nedenle deneme topraklarına uygulanan 16 farklı kimyasal ekstraksiyon metotlarından ilk 5'i olarak belirlenen bu metotlar bitkiye elverişli bor miktarının belirlenmesinde kullanılabilir en uygun metotlar olarak tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aitken, R.L., Jeffrey, A. J. and Compton, B. L. 1987. Evaluation Of Selected Extractants For Boron in Some Queensland Soils. Aust. J. Soil Res. 25, 265-273.
- Bayraklı, F. 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. 19 Mayıs Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 17, Samsun.
- Berger, K.C. and Troug, E. 1945. Boron Availability in Relation to Soil Reaction and Organic Matter Content. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 10,113-116.
- Berger, K.C. 1949. Boron in soils and crops. Adv. Argon. 1: 321-351.
- Blamey, F. P. C., Zollinger, R. K. and Schneither, A. A. 1997. Sunflower production and culture. In Sunflower Science and Technology. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Bouyoucus, G. J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43: 434-438.
- Cartwright, B., Tiller, K. G., Zarcinas, B.A. and Spouncer, L.A. 1983. The chemical assessment of the boron status of soils. Aust. J. Soil Res. 21: 321-332.
- Chauhan, R. P. S., Power, S. L. 1978. Tolerance of wheat and pea to boron in irrigation water. Pl. Soil 50, 145-149.
- Durrant, P. J. and Durrant, B. 1962. 'Introduction to Advanced Inorganic Chemistry' (Longmans: London).
- FAO, 1990. Micronutrient at the country level. p:1-208. An International study. (ed. M. Sillanpa). FAO Soil Bulletin 63. Published by FAO, Rome, Italy.
- Fleming, G.A. 1980. Essential Micronutrients: I. Boron and molybdenum. P. 155-197. In b. E. DAVIES (Ed) Applied Soil Trace Elements. J. Wiley & Sons, N. 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. Boron Content of Cultivated Soils in Central Anatolia and its Relationship with Soil Properties and Irrigation Water .
- Gupta, S.R. and Stewart, J.W.B. 1975. The extraction and determination of plant available B in soils. Schweiz. Land Wirtsch. Forsch. 14, 153-169.
- Handreck, K.A. 1990. Methods of assessing boron availability in potting media with special reference to toxicity. Commun. In Soil Sci. Plant Anal., 21: 2265- 2280.
- Hou, J., Evans, L. J., and Spiers, G. A. 1994. Boron fractionation in soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 25: 1841-1853.
- Jackson, M. L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. 183. New York.
- Kacar, B. 1984. Bitki Besleme. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 899, Ankara.

- Kacar, B. ve Fox, R. L. 1967. Boron status of some Turkish soils. Ankara Üniversitesi basımevi, S: 99-101.
- Katyal, J. C. And Ranhawa, N. S. 1983. Micronutrients. Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin No.7. Fao Rome, Pp: 132-138.
- Keren, R. and Bingham, F. T. 1985. Boron in Water, Soils and Plants. Adv. Soil Sci. 1,230-276.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zn, Fe, Mn ve Cu. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 42: 421-428.
- Özbek, N. 1969. Deneme Tekniği: 1. Sera Denemesi Tekniği Ve Metodları. A.Ü.Zir. Fak. Yayınları. 406, Ders Kitapları:138. A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Parr, A. J. and Loughman, B. C. 1983. Boron and membrane function in plants, in metals and micronutrients: Uptake and utilization by plants. Aca. Pres, Toronto, 87.
- Sağlam, M. T., 1979. Toprak Kimyası Uygulama Notları. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum.
- Sillanpaa, M. 1982. Micronutrients and the Nutrient Status of Soils: A Global Study. Fao Soils Bull. 48, Rome.
- Soltanpour, p. N. And Workman, S. M., 1981. Use of inductively-coupled plasma spectroscopy for the simultaneous determination of macro and micronutrients in NH_4HCO_3 -DTPA extracts of soils. In Barnes R. M. (ed) Developments In Atomic Plasma Analysis, USA, pp. 673-680.
- Souza, E. C. A., Rosolem, C. A. And Coutinho, E. L. M. 1997. Sunflower response to boron as affected by liming. Boron in Soils and Plants.00:23-27.
- Smith, H.G. and Weldon, M.D. 1941. A Comparison of some Methods for the Determination of Soil Organic Matter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 5:177-182.
- Tanaka, H. 1996. Response of Lemna paucicostata to boron as affected by light intensity. Plant and Soil 25, 425-434.
- U.S. Salinity Lab. Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils. Agricultural Handbook, No: 60, U.S.D.A.
- Viets, F.G. and Lindsay, W.L. 1973. Testing soil for zinc, copper, manganese and iron. In Soil testing and plant analysis. L.M. Wash and J.D. Beaton (eds). Soil Sci. Am. Madison, Wis., pp: 153-172.