

Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri: Seydisuyu Su Toplama Havzası

Agricultural and Environmental Effects of Boron: Seydisuyu Water Deposit

D. Uygan, Ö. Çetin

Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü, Su Yönetimi Bölümü, Eskişehir

ÖZET: Bor tarım ve çevre açısından önemli bir mikro(iz) elementtir. Bitkiler için genel olarak bor düşük derişimlerde gerekli, yüksek derişimlerde ise toksik etkiye sahiptir. Bu yüzden, özellikle toprakta ve sulardaki bor düzeyleri ile reaksiyonlarının bilinmesi gerekir. Bu bakımdan bu yayında, bütün bitki besleme, toprak ve su kaynaklarına, hayvanlara, insanlara, bitkilere ve içme sularına etkileri tartışılmıştır. Ayrıca; Eskişehir Kırka Boraks işletmesinin de yer aldığı Seydisuyu su toplama havzasında toprak ve su kaynaklarında bor kirlilik düzeyi ile bor birikimi ve dağılımı belirlenmiştir. 2001-2003 yılları arasında yapılan bu çalışma ile, Eskişehir-Seyitgazi sulama şebekesi su kaynaklarını oluşturan Çatören ve Kunduzlar baraj gölleri, şebeke sulama suyu, seydisuyu, derin kuyular (40 adet) ve ovayı temsilen seçilen 12 farklı noktadaki toprak profilinde çalışılmıştır. Buna göre, farklı parsel ve profil derinliğine göre toprakta, yüzey sulama suyu kaynaklarında, derin kuyu sularında bor düzeyleri sırasıyla; 0,03-3,24 ppm, 0,03-35,55 ppm ve 0,0-2,89 ppm olarak belirlenmiştir. Bor derişiminin 2003 yılında alınan içme suyu örneklerinde ise 0.29-2.77 ppm arasında olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara göre genel olarak sulama suyu ile içme suyundaki bor düzeyleri 1 ppm'den (sınır değeri) daha yüksektir. Seydisuyu yakınındaki alanlar ve bazı düz alanlar dışındaki alanlarda toprakta bor derişimlerinin 5 ppm'den küçük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bazı bitki yapılarında yapılan analiz sonuçlarına göre bor düzeyi, ayçiçeğinde 23-28 ppm ve şekerpancanda ise 21-22 ppm arasında olup toksik düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Yüzey ve yeraltı sulama suyu sonuçlarına göre genellikle yüzey ve yeraltı sulan $Ca, MgHCO_3$ 'lu sular sınıfında yer almıştır.

ABSTRACT: Boron is an important microelement for agriculture and environment. Crops need boron at lower concentration levels but it is toxic at higher concentration levels. For that reason, the effects of the boron on plant nutrition, soil and water resources, animals, humans and drinking water are discussed in this paper. In this study, it was aimed in order to determine and monitor the boron pollution level and boron accumulation and distribution in soil and water resources. This study was carried out in Çatören and Kunduzlar dam lakes, that is the main water resources for Eskişehir-Seyitgazi irrigation scheme, surface water, Seydisuyu Creek, the deep wells (totaly 40) and 12 different soil points representing the plain. The boron concentration in the soil samples, the surface water and the deep well water is 0.03-3.24 mg/kg, 0.03-35.55 mg/l and 0.0-2.89 mg/l respectively. In addition, the boron content of drinking water in the study year of 2003 was 0.29-2.77 mg/l. In generally, the boron concentration in irrigation water and drinking water is higher than 1.0 mg/l, that is a threshold value. The boron content of soils is lower than 5 mg/kg except some flat area and the sides of Seydisuyu Creek. Furthermore, the boron content of leaves, of sunflower and the sugarbeet was 23-28 and 21-23 mg/kg, respectively. Consequently, these values are not toxic for the crops. According to the results of surface and ground water analysis, water resources were found in class of $Ca, MgHCO_3$.

1. GİRİŞ

Bor tüm dünya için önemli olan ve geleceğin petrolü olarak nitelendirilebilecek bir maddedir. Ülkemizin de en önemli yer altı zenginliklerinden biri belki de en önemlisi ve tek stratejik önemi olan doğal kaynaklardan birisidir. Bu nedenle maden ihraç ürünleri arasında birinci sırada yer almaktadır. Yaklaşık 200'den fazla alternatifsiz olmak üzere 250'yi aşkın malzemede kullanılan, bunların içinde enerji sektörü, tıp, uzay ve havacılık sanayii, elektronik ve bilgisayar, nükleer sanayii, askeri araç ve zırhlı araçlar gibi gelişmiş sanayilerde bulunmaktadır. Türkiye'de bor rezervleri Bursa-M.Kemalpaşa-Kestelek köyü, Balıkesir-Bigadiç, Kütahya-Emet, Eskişehir-Kırka'da bulunmaktadır. Toplam 800 milyon ton olan bu rezerv, dünyadaki toplam bor rezervinin % 63'ünü oluşturur. Türkiye bu rezerv ile dünya ham bor ihtiyacının %95'ini karşılamaktadır. Türkiye'yi ABD (%16,4), Arjantin (%0,7), Rusya+BDT (%10,7) ve Çin Halk Cumhuriyeti (%2,8) takip etmektedir. (Önocak, 1990)

Bor, tabiiatta daha çok bileşikler halinde (boroksit, boraks, kalemanit, kernit v.b.) bulunur. En fazla kullanılan ve en önemli bor bileşiği boraks olup, tetraborik asitin sodyum tuzudur. Renksiz, saydam, sudaki çözeltisi bazik reaksiyon gösteren bir tuzdur. Doğada tinkal ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ve Tinkalkonit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) minerali şeklinde bulunduğu gibi, bazı boratlardan da elde edilebilir (Göncü, 1998).

Sularda ve tabii kaynaklarda da borik asit (H_3BO_3) halinde çok yaygındır. Bor toprakta da özellikle borik asit (H_3BO_3) ya da borat (B_4O_7) olarak bulunur. Bor toprak parçacıkları üzerine absorbe edilmiş olabilir, serbest anyon olarak toprak çözeltisinde bulunabilir veya silikatların bir yapı taşı oluşturabilir. Ülkemizde sulama sularını en çok kirleten toksik elementlerin başında bor gelmektedir. Doğal olarak sulama sularının tümünde bor bulunur ancak, derişimi çok düşüktür.

Bor, yeraltı suyunda doğal olarak, yüzey sularında endüstriyel kirletici olarak veya tarımsal yüzey akışların ve çürüyen bitki materyallerinin bir ürünü olarak bulunabilir (Provin ve Pitt, 2002). Bor, yeraltı suyunda ikincil çözünmüş bileşen olarak 0,01-10,0 mg/l arasında bulunabilir (Anonymous, 2004).

Bu makalede borun tarım için önemi, çevresel etkileri ve Eskişehir Seydisuyu Havzasında yapılan çalışma sonuçları esas alınarak kirlilik durumu tartışılmıştır.

2. TARIM İÇİN BORUN ÖNEMİ

2.1 Bitki Beslemede Bor

Bor, bitkiler tarafından $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, H_2BO_3^- , HBO_3^{2-} ve BO_3^{3-} gibi bir ya da birden fazla iyon formlarında alınır. Bitkiler, bora genellikle çok az oranlarda gereksinim duyarlar (Tisdale ve Nelson, 1983). Ancak, bor bitki beslenmesinde önemli bir mikro elementtir. Bitkilerce alınan borun büyük bir kısmı hücre duvarında birikir ve stabilitesini yükseltir. Nükleik asit sentezi ve dolayısıyla protein oluşumu için doğrudan önemlidir. Bor genel olarak karbonhidrat metabolizması ve taşınması üzerinde rol oynar. Kök gelişimi, çiçek ve meyve oluşumu üzerinde fizyolojik rollere sahiptir (Finck, 1969). Bor ile yetersiz beslenmede bu işlevler azalmakta, normalin üzerinde bor beslenmesinde ise zehir etkileri meydana gelmektedir. Yetersiz bor beslenmesinde ayrıca, metabolizma bozuklukları, köklere özümlenme ürünü sağlanmasında yetersizlik, aktif iyon ahım engellenmesi ve dolaylı olarak su alımı zarar görür. Büyüme konilerinin gelişimi durur, genç yapraklar deforme olur, yeşilden gri yeşile döner. Kambiyum hücrelerinin kilem ve floem doku gelişimi bozulur. Normalin üzerinde bir bor beslenmesinin solunum şiddetini arttırdığını, böylece net asimilasyonu azalttığı ifade edilmektedir (Mengel, 1984). Bitkilerde normal bor beslenmesi koşullarında asimilasyon organlarındaki bor miktarı genel olarak 2-100 ppm arasında değişebilmektedir (Finck, 1969).

Her bitkinin B gereksinmesi ve B içeriği farklıdır. Tek çenekliler çift çeneklilerden daha az B'a gereksinme gösterirler. Süt özsuyu sistemine sahip bitkiler ise özellikle B'a büyük ölçüde gereksinme duyarlar. Her bitkinin B içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir (Mengel, 1984).

Çizelge 1. Çeşitli bitki türlerinin kuru maddede B içeriği.

Tekçenek iller	B TM (ppm)	Çiftçenekliler	B (ppm)	Süt ağızsu taşıyan çiftçenekliler	B (ppm)
Arpa	2,3	Bezelye	21,7	Aslandışı	80,0
Buğday	3,3	Pancarlar	49,2	Sütleğen	93,0
Mısır	5,0	Marul	69,9	Haşhaş	94,0

Örneğin, bor eksikliği olan topraklarda, buğdayda yapılan bir çalışmada 4 kgB/ha bor uygulaması ile verim önemli oranda artmıştır. Daha yüksek bor uygulamalarında ise verimde azalma görülmüştür (Güneş ve ark., 2003).

2.2. Toprak ve Sularda Bor

Sulama sularının bor derişimine göre sınıflandırılması Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Sulama sularının bor derişimine göre sınıflandırılması (Richards, 1954).

Suyun Sınıfı	Bor (B) Denşimi (mg/lt)		
	Duyarlı Bitkiler	Yan Duyarlı Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler
I Çok iyi	<0.33	<0.67	<1.0
II İyi	0.33-0.67	0.67-1.33	1.0-2.0
III Kullanılabilir	0.67-1.0	1.33-2.0	2.0-3.0
IV Şüpheli	1.0-1.25	2.0-2.5	3.0-3.75
V Uygun değil	>1.25	>2.5	>3.75

Tarımsal sulamada yalnız uygulanan sulama yöntemi, sulama zamanı ve sulama suyu miktarı değil, aynı zamanda kullanılan suyun kalitesi de son derece önemlidir. Tarımsal faaliyetler ve diğer sektörler geliştikçe ne yazık ki çevresel kirlenmeler de artmaktadır. Bitkiler için gerekli olan, ancak özellikle 1 ppm 'den fazla bor içeriğine sahip sulama sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda sorun yaratabilmektedir (FAO 1976).

Börekçi (1986), bor rezervlerinin işletilmesi sırasında, Simav Çayı'nda ortaya çıkan bor düzeyi yükselmesinin, bu suyun sulama suyu olarak kullanılması halinde bu yöre topraklarında bor birikimine sebep olup olmadığını konusunda toprak kolonlarda yaptığı denemede, farklı miktarlarda (0, 80,160, 240, 320,400 cm) Simav Çayı (Bor düzeyi 6.15 ppm) suyu uygulamıştır. Sonuçta uygulanan su miktar ile orantılı olarak toprağın bor içeriğinin arttığını, çoğu bitki için toksik düzeye yükseldiği, kolonda derine indikçe bor birikiminin azaldığını saptamıştır. Simav Çayı, Kaletpe Regülatörü, drenaj sulandan ve bölgedeki kaynaklardan alınan örneklerin bor içeriğinin 3.5-6.2 ppm arasında değiştiği saptanmıştır.

Banuelos ve ark. (1996) Batı Amerika'da tarımsal sulamalar için yüksek bor derişimli kuyu ve drenaj sulamaları alternatif su kaynağı olarak kullanmışlardır. Az eğimli yüzeylerde bor, bitkiler için toksik etki yapabilmektedir.

Öte yandan Özkara (1991) üzimetrede, değişik bor içerikli sulama, fasulye, ayçiçeği ve çeltik bitkilerinin gelişmelerine, toprakta biriken bor miktarını ve verim ilişkilerini araştırmıştır. Sulama suyunun 0.5 ppm'den 16 ppm'e kadar değişen bor düzeyleri; fasulye, çeltik, ayçiçeği ürün verimini azaltıcı etki yapmışlardır. Sulama suyu bor düzeyi ile verim ilişkileri negatif, sulama suyu bor düzeyi ile toprakta bor birikimi pozitif yönde önemli bulunmuştur.

Akbaş'ın (1998) lizimetlerde; 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0,16.0 ppm bor içeren sulama suyu ile pamukta yaptığı araştırmada, sulama suyunun bor düzeyi arttıkça, Menemen ve Söke ovası topraklarında yetiştirilen pamuğun kütlü verimi azalmış, bitki, yaprak ve topraktaki bor düzeyi ise artmıştır. Menemen ovası topraklarına göre, daha ağır bünyeli, kireç içeriği, kil oranı daha fazla olan Söke Ovası topraklarında yetişen pamuğun verimi borlu sulama sulamadan daha az etkilenmiş ve topraktaki bor birikimi daha az olmuştur. Menemen ovası topraklarında yetiştirilen pamuk için toprak bor eşik değeri 1.79 ppm olarak bulunmuştur.

Önocak (1990), Bor işletmesinin katı atıklarının yağış suyu ile temas ederek yüzey sularına boşalmasından ötürü işletmenin alt tarafından geçen yüzey suyunda bor derişimlerinin 60-90 ppm arasında değişen oranlarda olduğuna dikkat çekmiştir.

DSİ (1970) Kırka'daki ETİ-Bor tesisinin kullanım suyu ihtiyacının yeraltı suyundan karşılanması amacıyla yapılan etüt çalışmalarda bor analizleri yapılarak hidrojeolojik etüt raporu hazırlanmıştır. Bölgedeki yüzey sulamandaki bor miktarının 0,60 ppm ile 18,75 ppm arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Yalçın ve Baysal (1991), Kırka borat yatağının çevreden merkeze doğru Ca-borat, NaCa-borat ve Na-borat şeklinde zonlanma gösterdiğini belirtmektedirler.

Topraklar genel koşullar için saturasyon ekstraktındaki bor durumlarına göre az borlu, orta borlu, yüksek borlu, çok yüksek borlu topraklar olarak dört grup altında sınıflandırılmaktadır. Az borlu topraklar 0.7 ppm'e kadar bor içermekte ve

D Uygart, Ö. Çetin

bütün bitkiler için sorun teşkil etmez. Orta borlu topraklar 0.7-1.5 ppm bor içermekte ve bazı bitkiler için sorun yaratmaz. Yüksek borlu topraklar 1.5-3.75 ppm bor içermekte ve çoğunlukla bitkiler için tehlikeli, çok yüksek borlu topraklar ise 3.75 ppm'den fazla bor içermekte ve bütün bitkiler için tehlikelidir (Özgül 1974).

Kumlu, tınlı, killi topraklarda bor sınıflamasına göre bor düzeyi, <0,3 ppm çok düşük, 0,4-0,8 ppm düşük, 0,9-1,5 ppm optimum, 1,6-3 ppm yüksek, >3 ppm çok yüksek olarak belirtilmiştir (Kelling, 2003).

Maliyal ve Timbadia (1990) Hindistan'da, sodyumlu, tuzlu-sodyumlu topraklar ve derin kuyu sularının bor düzeyini tespit etmişlerdir. Kuyu sularının ortalama bor içeriği 1-2 ppm olup bu durum, suların toplam tuz içeriği ile korelasyon göstermiştir. Derin kuyularla sulanan toprakların bor düzeyi ise, tuzlu-sodyumlu topraklarda 1,64 ppm, sodyumlu topraklarda ise 1,55 ppm'dir. Sonuçlar, toprakların tuzluluğunun artmasıyla, toprakta çözünebilir bor içeriği de artmıştır.

Yapılan bir çalışmada arpada, ortam pH'ının bor alımı ile yakından ilgili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre pH 6,3-6,5 arasında, bitkiler tarafından bor absorpsiyonu en yüksek düzeyde iken, pH'ının yükselmesi ile bor alımı hızla düşmektedir (Oertli ve Grgurevic, 1975). ABD Tuzluluk Laboratuvarına göre bitkilerin, sulama suyundaki bora dayanıklılık sınırları ve sulama sulanım bor derişimine göre sınıflandırılması Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Bitkilerin sulama sularındaki bor'a nispi toleransları (Richards, 1954).

Duvarlı	Yarı Dayanıklı	Dayanıklı
Sulama Suyunda 1 ppm	Sulama Suyunda 2 ppm	Sulama Suyunda 4 ppm
Ceviz	Ayçiçeği	Ilgın
Enginar	Patates	Kuşkonmaz
Kuru Fasulye	Pamuk	Palmiye
Erik	Domates	Hurma
Armut	Bezelye	Şekerpancarı
Elma	Turp	Yem Pancarı
Üzüm	Zeytin	Yonca
incir	Arpa	Bakla
Kiraz	Buğday	Soğan
Şeftali	Mısır	Salqam
Kayısı	Yulaf	Lahana
Portakal	Kabak	Marul
Greyfurt	Lima Fasulyesi	Havuç
Limon	Biber	
Sulama Suyunda 0,3 ppm	Sulama Suyunda 1 ppm	Sulama Suyunda 2 ppm

3. BORUN ÇEVRESEL ETKİLERİ

İnsan ve canlı varlığını sürdürmek ancak canlı türlerini, canlı varlıkları ve doğa zenginliklerini korumakla mümkündür. Bütün dünya çevre kirliliğinin tehdidi altındadır. Bor çevrede yaygın olarak bulunmakta ve gıdalar yolu ile insanlar tarafından alınmaktadır. Ancak bu kaynaklarla alınan dozlar, insanlarda ve hayvanlarda akut toksiteye neden olacak düzeyde değildir. Bor iyonu, yaşayan organizmalar üzerinde zehirli etkiler yapmakta suda yaşayan canlılara zehirli etkisi ile çok büyük zararlar verebilmektedir.

3.1 Borun Hayvanlara Etkisi

Bonk asit hayvanlar için öldürücü dozu, hayvanın türüne bağlı olarak hayvanın her kg'ı için 1.2-3.45 gr arasında değişmektedir. Hayvan içme suyunda 2500 mg/l borik asit bulunması büyümeyi engellediği için zararlıdır. Alabalık üzerine yapılan bir araştırma sonucuna göre 2000 mg/l borik asit derişiminin balığa herhangi bir zarar vermediği, 5000 mg/l'nin ise balığın derisinde koyulaşmaya neden olduğu ortaya konulmuştur (DSİ, 1983). Kuçuk deniz balıklarının 20 °C de 6 saat süreyle damıtık suda 18-19 g/l veya sert suda 19.0-19.5 g/l bor iyonu ile teması öldürücü doz olarak tespit edilmiştir. Bir süt ineğine 40 gün boyunca 16-20 g/gün borik asit verilmesi durumunda herhangi bir etki gözlenmemiştir (Cantürk, 2002).

Ağız yoluyla birim kg vücut ağırlığına 3000-4000 mg gibi çok yüksek dozlar sıçanlarda kısa sürede depresyon ve titremeler yaratmakta ve hayvanı olume götürmektedir. Ayrıca farelerde ishal, köpeklerde ise kusma gibi belirtilerde gözlenmektedir.

3.2 Borun İnsanlara Etkisi

Bor bileşikleri; vücuda solunum ve sindirim yollarıyla veya mukoz membranlar (sindirim ve solunum organlarının iç yüzeyini kaygan bir madde ile örten zar) aracılığı ile girer. Çözünen bor bileşikleri alınmasından sonra, beyin omirilik sıvısının derişimi artar, en yüksek derişimlere beyin, karaciğer ve yağ dokularında rastlanır. En fazla kemiklerde birikir. Genellikle üre, dışkı, süt ve ter ile vücuttan atılır. İnsan üzerinde borik asit ve boraks etkisi, mide bulantısı, şiddetli kusma, kann ağnsı ve ishal ile akut zehirlenmenin belirtilerini

gösterir. Karakteristik diğer bir belirtide deri döküntüleri ile sonuçlanan kızartılı isiliktir. Ciddi durumlarda taşikarti ve akteriyal basınçta düşme ile şok olabilir. Öldürücü doz çocuklar için 5-6 g, yetişkinler için ise 10-25 g'dır (Baykut vd., 1987).

Beyin tümörlerinin nötron yakalama ile tedavisinde hastalara 20 g boraks verilmektedir. İnsanlara kronik etkisi açısından günde 3 g borik asit veya 5 g boraksın etkisinin olmadığı, 5-10 g boraksın sadece protein metabolizmasını ve idrardaki azot miktarını arttırdığı belirlenmiştir. Günde 4-5 g dozu tekrarlandığında iştahsızlık ve hastalık gözlenmiş ama iş görememezlik olmamıştır (Kalafatoğlu ve ark., 1997).

İnsanların beslenmesi açısından bor ise başta meyve ve sebzelerden olmak üzere yiyecek ve içecekler yoluyla günde 10-20 mg bor vücuda alınabilmektedir, içme suyunda bor için sınır değeri 5 mg/l olarak önerilmektedir (FAO, 1985).

Vücuda nasıl girerse girsün, % 90-95 kadarı vücutta birikmeden hemen üre ile dışarı atılmaktadır. Yani vücutta pek tutulmamaktadır. Yalnızca, kemik, tırnak ve kıllarla karaciğer ve dalak gibi organlarda biraz birikmektedir. Bazı kaynaklarda bor tozlarıyla temas eden işçilerin sperm sayısında düşüklük, cinsel hayatlarında gerileme olduğu iddia edilmiştir. Ancak ülkemizde ve dünyada yapılan pek çok araştırmada borun kısırlığa yol açmadığı sonucuna varılmıştır (Cantürk, 2002).

Borun insan vücutu için çok yararlı etkileri olduğu da tespit edilmiştir. Borun kalsiyum ve D vitamini olmak üzere vücut minerallerinin düzenlenmesinde rol oynadığı, kalsiyum ve magnezyumun azalmasını önleyerek kemik yapısını koruduğu belirlenmiştir. Ayrıca küçüklerin öğrenme yetenek ve okul becerilerinin artmasına katkıda bulunduğu, sportif performans ve atletik yapının gelişmesi için tablet şeklinde bor alındığı bilinmektedir.

3.3 Borun Bitkilere Etkisi

Sulama sulannın ve bu sularla sulanan tarım alanlarının çeşitli toksik elementlerce kirlenmesi tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Sulama suyundaki bor derişiminin belirli sınırları aşması halinde bitki büyümesi durur. Bitki yaprağında sararma, yanma ve yanmalar,

olgunlaşmamış yapraklarda dökülme, büyüme hızının yavaşlaması ile bitki veriminin azaldığı gözlenmektedir.

Bor bitkilerin normal gelişmesi ve optimal derecede ürün vermeleri için gereklidir. Ancak fazla miktarda olması durumunda da zehirli bir elementtir ve bitki gelişmesini geciktirir veya tamamen öldürür. Toplam borun büyük bir kısmı, bitki tarafından kullanılamaz. Toprakların toplam bor kapsamı 2-200 ppm arasında değişir. Bitkiler bu miktardan % 5'inden daha az bir kısmından yararlanabilir.

Bitkilere zararlı etkiyi verecek B miktarı aynı zamanda toprak kalitesinden, drenaj kolaylığından ve iklimsel değişimlerden etkilenmektedir. Çok kuru iklimler ve hafif toprakta birikme olasılığı daha fazladır.

Bitkiler boru topraktan boraks^{CV2}, H₂BO₃^m, HBO₃^{m2}, BO₃^{m3}) iyonları halinde almaktadır. Borun topraktan absorpsiyonu ise; toprağın pH'ına, yapısal karakterine vb. özelliklerine bağlıdır. Borun bitkilerde eksik olması bağlayıcı dokuların etkilediğinden, bitkilerde çeşitli dokuların meydana geliş ve gelişmelerinin normal olarak gerçekleşmesini engellemekte, ürün kalitesi ve verim azaltmaktadır. Aynı zamanda bitkilerin su düzeni bozulmakta ve karbonhidrat iletimi zorlaşmaktadır. Köklerin normal gelişmesi için kalsiyum yanında fazla miktarda bor iyonuna ihtiyaç vardır (Wilcox, 1958).

Bor bitkileri geliştirmek için kullanıldığı gibi gelişimi önlemek için de kullanılabilir. Yabani ot kontrolünde ve toprak sterilizasyonunda, yanmayı geciktirici özelliği ile otoyollar ve demiryollar kenarlarındaki alanlar, petrol rafinerileri ve kereste depoları gibi alanlarda bitkileri tamamen yok etmede kullanılır (Kalafatoğlu, 1997).

3.4 Borun İçme Sularına Etkisi

İçme suları için, farklı bor sınır değerleri verilmektedir. 1968'de Su Kalite Kriterleri Komitesi (Committee on Water Quality Criteria) izin verilen sınıırı 1 mg/l olarak belirlemiştir. 1971'de İçme Suları Teknik Komitesinin (Drinking Water Standards Technical Review Committee) incelemeleri sonucunda 1 mg/l sınıırı gerektirecek kamt olmadığını, insan sağlığı yönünde 0,3 mg/l

D. Uvgan, Ö. Çetin

'nin güvenilir bir sınırdan karar vermiştir (Kalafatoğlu, 1997).

Ülkemizde ise, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği 'nde doğrudan içme suyu olarak kullanılabilir I. sınıf su kalite sınıfına giren suda bor için izin verilen sınırdan değer 1 mg/l'dir. 1997'de resmi gazetede ise içme suyu sınırdan değeri 3 mg/l olarak verilmiştir (Resmi Gazete, 1997).

4. ESKİŞEHİR-SEYDİSU YU HAVZASINDA BOR KİRLİLİĞİ

Eskişehir-Seyitgazi yöresi boraks yönünden zengin bir havzadır. Bu nedenle 1972 yılından beri Eubank Boraks İşletmesi, bu bölgede bor cevheri işlemektedir. Eskişehir-Seyitgazi sulama şebekesinin başlıca su kaynağı olan Seydisuyu ve Seydisuyu'nun iki ayrı kolu üzerinde, DSİ'nin inşa etmiş olduğu sulama amaçlı Kunduzlar ve Çatören Barajları da bu havza içerisinde yer almaktadır. Seyitgazi sulamasının 1990 yılında işletmeye açılan alan 13000 ha'dır (DSİ, 1983).

Bölgede volkano-sedimanter görsel basenin tabanını değişik yaş ve litolojideki temel kayalar (Miyosen öncesi) ile Alt Miyosen yaşlı volkanitler oluşturmaktadır (Önocağ, 1990). İstif Alt-Üst Miyosen tüfler, killi karbonatlı kayalar, volkanitler, Pliyosen yaşlı re-sedimante tuf, rafitler ile devam etmekte ve pekişmemiş sedimanlardan oluşan Kuvaterner oluşukları ile son bulmaktadır. Verilen bu istif alttan üste doğru beş formasyonda toplanmaktadır: İdrisyayla Volkanitleri, Karaören Formasyonu, Sankaya Formasyonu, Fetiye Formasyonu, Kuvaterner Oluşuklarıdır.

Eskişehir Kırka Boraks işletmesinin yer aldığı Seydisuyu su toplama havzasında 2001-2003 yılları arasında yapılan araştırma ile havzanın sulama şebekesinin ana su kaynakları olan Çatören ve Kunduzlar Barajı suyu ile derin kuyu (40 adet) sularından sulama mevsimi boyunca her ay su örnekleri alınarak bor düzeyleri ile ovayı temsil edecek şekilde belirlenen farklı topografya ve farklı su kaynakları ile sulanan alanlar göz önüne alınarak 12 farklı noktadaki toprak profilindeki ve bitkilerdeki bor birikimi ve dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Buna göre, seçilen alanlarda genelde buğday, şekerpancarı, ayçiçeği ve mısır ekildiği ve su kaynağı olarak da yüzeysel sulama,

seydisuyu deresi, derin kuyular, keson kuyular ve derin kuyu ile birlikte yüzeysel sularının birlikte kullanıldığı belirlenmiştir.

Seyitgazi Ovasına gelen yüzeysel suyu DSİ'nin 1983 yılında işletmeye açtığı Kunduzlar Barajı ve 1987 yılında işletmeye açtığı Çatören Barajı göl alanlarında biriktirilen suyun Seydisuyu olarak bilinen akarsu yatağına sulama döneminde bırakılması ile yapılmaktadır. Her iki barajdan bırakılan su akış aşağısındaki inşa edilen Kesonlar Regülatörüne gelmekte ve buradan itibaren sağ ve sol sulama kanalları vasıtasıyla Seyitgazi Ovası sulanmaktadır. Ancak sulama sahasının alt kısımlarına (Seyitgazi Ovasının kuzeydoğu bölgesine) doğru sulama suyunun yeterli olmaması nedeni ile bu bölgede DSİ tarafından yüzeysel sulamasına takviye amacı ile açılan 40 adet sondaj kuyusundan yeraltı suyu çekilerek sulama kanallarına aktarılmaktadır.

Sulama suyu örneklerinde yapılan bazı kimyasal analiz sonuçları örneklerdeki minimum ve maksimum değerler Çizelge 4'de, yüzeysel sulama sulan ve yeraltı sulandan 2001, 2002 ve 2003 yılında alınan su örneklerindeki bor düzeyleri ise Çizelge 5'de verilmiştir.

Belirlenen 12 farklı yerde farklı sulama suyu kaynaklarındaki sulama suyu bor düzeyleri; 2001 yılında 0-2,55 ppm, 2002 yılında ise 0,87-5,38 ppm ve 2003 yılında ise 1,73-6,79 ppm değerleri arasında değişmiştir. Sulama suyundaki bor düzeyleri dışında diğer analiz sonuçlarına göre, sulama suyunda önemli bir sorun bulunmamıştır. SAR değerleri 2001 yılında 0,20-1,11, 2002 yılında 0,16-1,03 ve 2003 yılında ise 0,23-0,92 değerleri arasında olup, oldukça düşüktür. Tuzluluk sınıfı olarak ise genel olarak C2A1 sınıfındadır. Sulama suyu analiz sonuçları incelendiğinde, 2002 ve 2003 yıllarındaki bor düzeyleri özellikle bazı örneklenen yerlerinde çok yüksektir (Çizelge 5). Ayrıca, ABD Tuzluluk Laboratuvarına göre bitkilerin sulama suyundaki bora dayanıklılık sınırlarına göre (1 ppm) genel olarak yüksek olup, bazı bitkiler için toksik düzeyde olabilir.

Yüzeysel sulan Çizelge 5'de görüldüğü gibi, 2001-2002 ve 2003 yıllarında genelde 1 ppm'in üzerinde tespit edilmiştir. 1 ppm'den fazla bor içeren sulama

sularının zaman içerisinde toprakta bor birikimi yapabileceği ve bitkiler için zararlı olabileceği söylenebilir (FAO, 1976). Ancak zorunlu durumlarda bu suların sulamada kullanılmasına devam edilmesiyle toprakta zamanla bor birikimi olacağı da bilinmektedir. Derin kuyuların sonuçları, yüzey sularının bor düzeyleri ile kıyaslandığında daha düşük düzeyde tespit edilmiştir. Ancak bu sonuçlar düşük düzeyde de olsa, yeraltı suyunda da bir bor kirliliği olduğunu göstermektedir.

2001 yılında; yüzey sulama sularının bor düzeyi genel olarak haziran ayından itibaren bir artış gösterdiği ve tüm sulama mevsimi boyunca 1,5-4,5 ppm (Şekil 1), 2002 yılında; genelde 0,5-3 ppm değerleri arasındadır, ancak S9a ve S9b örneklem noktalarında 4-6,5 ppm değerleri arasında olduğu görülmektedir (Şekil 2). Bunun sebebi, Çatören barajı girişi kısmında kalan bu noktalarda, su kaynakları bakımından havzanın üst kotunda olması yanında, bor işletme tesisine en yakın yerde olması, işletme alanından gelen akımlar için ilk noktalar olmasına bağlanabilir. Ayrıca, önceden işletilmek üzere açılmış ocaklardan, yağışla bor yıkanması ile bor düzeyi yükselmiş olabilir. Ayrıca yaz mevsiminde, bor derişiminin nisbi olarak artması; yağış sonucu oluşan yüzey akışlarının en aza inmesi, buharlaşmanın artması nedeniyle su miktarının azalmasına bağlanabilir. 2003 yılında da bor düzeyi Şekil 3'ten de görüldüğü gibi 0,6-10 ppm değerleri arasındadır.

Yüzey ve yeraltı suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları değerlendirildiğinde, yüzey sulanım temas ettiği tüf ve karbonatlı kayalar nedeniyle Ca, Mg HCO₃, sular sınıfında yer aldığı ve yeraltı sulanım ise benzer şekilde Ca, Mg HCO₃ lu sular sınıfında yer alırken sulama sonrasında Na, Ca HCCVlı ya da Na, Ca SCVlı sular sınıfına geçiş gösterdiği belirlenmiştir.

2001-2003 yılı yüzey suyu kimyasal analiz sonuçlarına göre, genelde Ca HCO₃ h sular sınıfında yer almaktadır. Özellikle S7 nolu yüzey suyu örneğinde Na değeri diğer su örneklerine göre daha yüksek değerlerde olup, Bor işletmesinin deşarjından ve/ veya atık göletlerinden olan sızıntılardan etkilenmiş olabileceği söylenebilir.

Kuyuların açıldığı yıldaki bor derişimleri ile bu çalışma kapsamında aynı kuyulardan alınan yeraltı

suyu örneklerindeki bor derişimleri Şekil 4'de verilen zaman-bor derişim grafikleri ile karşılaştırılmıştır. Verilen grafikten de görüleceği gibi yeraltı suyundaki bor değerlerinde 3-4 kata varan artışlar olduğu görülmüştür. Ayrıca 1999 yılındaki havzada yer alan İşletmenin atık havuzundan yüzey suyuna olan önemli miktardaki sızıntı nedeni ile Eylül-Kasım 1999 dönemlerinde Seyitgazi Ovasındaki bazı kuyularda (Y19, Y34, Y22, Y37.Y38) bor değerlerinde ani yükselmeler de izlenmiştir (Şekil 4).

Seyitgazi Ovasındaki yeraltı suyu örneklerinin bir bölümünde yüksek Na konsantrasyonlarının da görülmesi buradaki bor artışının yalnızca yüzey sulamasının etkisi altında olmadığını, bununla birlikte bu bölgede belirli bir oranda formasyondan ileri gelen borun da bulunduğu anlaşılmaktadır. Ancak, Seyitgazi Ovasındaki yeraltı suyunda görülen bor derişimindeki artışın önemli bir nedeni Çatören Barajım besleyen yüzey suyundaki bor derişimindeki artıştır. Özellikle kış aylarındaki yağışlar ile işletmenin katı atık (tumba) sahasındaki bor içeren atıkların su ile teması sonucu (Na borat-tinkal su ile temas ettiğinde çok çabuk ve yüksek derişimlerde çözünebilmektedir (Altıokka ve Uçbaş, 1996).

İçme sulanındaki bor düzeyinin belirlenmesi için havzada bulunan çeşitli yerlerden örnekler alınmıştır (Çizelge 6). İçme sulanım alındığı yerlerde bor düzeyi Çizelge 6'da görüldüğü gibi, içme sulan sınırdaki değeri olan 1 ppm'den 6 yerde düşük düzeylerde, 8 yerde yüksek değerlerde bulunmuştur. Buna göre, içme sulanım bazı örneklerine her ne kadar 1 mg/l'nin üzerinde B tespit edilmişse de (Çizelge 6) literatürlerde verilen maksimum sınırdaki değerler gözönüne alındığında hali hazırda tehlikeli bir durum olmadığı söylenebilir.

Sulama suyu bor içeriği ile toprak profilinde bor birikim ve dağılımını izlemek için, şebeke topraklarından farklı topografya, bitki ve farklı su kaynağı ile sulanan alanlar göz önüne alınarak tüm ovayı temsil edecek şekilde 12 örneklem yeri tespit edilmiştir. Toprakların bünyesi genelde killi ve kumlu-killidir. 2001 yılı sulama dönemi öncesi; toprak pH'sı 8.0-8.6, tuzluluk (EC) değerleri 0.300-1.025 dS/m, kireç içeriği % 0.88-48.5, organik madde % 0.01-2.66 ve bor içeriği 0.03-3.24 mg/kg değerleri arasında; 2001 yılı sulama dönemi sonrası:

D. Uygan, O. Çetin

toprak pH'sı 7.8-8.6, EC değerleri 0.305-1.055 dS/m, kireç içeriği % 0.75-34.8, organik madde % 0.07-3.14 ve bor içeriği 0.06-1.52 mg/kg değerleri arasında değişmektedir. 2002 yılı sulama dönemi Öncesi; toprak pH'sı 7.9-8.6, EC değerleri 0.256-0.835 dS/m, kireç içeriği % 0.75-36.45, organik madde % 0.03-3.99 ve bor içeriği 0.03-1.83 mg/kg değerleri arasında; 2002 yılı sulama dönemi sonrası; toprak pH'sı 7.8-8.4, EC değerleri 0.30-0.46 dS/m, kireç içeriği % 0.57-10.25, organik madde % 0.14-3.74 ve bor içeriği 0.24-2.19 mg/kg değerleri arasında değişmektedir. 2003 yılı sulama dönemi öncesi-, toprak pH'sı 7.8-8.4, EC değerleri 0.25-1.13 dS/m, kireç içeriği % 1.16-14.26, organik madde % 0.01-3.28 ve bor içeriği 0.16-2.24 mg/kg değerleri arasında değişmektedir.

Seçilen örnekleme yerinde, profil boyunca yapılan bor analiz sonuçları incelendiğinde, genel olarak toprağın üst katmanlarında (0-30 cm) bor düzeyleri daha yüksek olup, (T1, T5, T6, T9, T10, T11, T12) profil derinliği ile azaldığı görülmektedir (Şekil 5). Söz konusu toprak örneklerinin bulunduğu alanlar civarındaki 2003 yılı Ağustos ve Eylül ayı örneklerinde (Y12, Y35, Y36, Y37 ve Y40) bor değerlerinin oldukça yüksek olduğutespit edilmiştir. Önceki yıllara ait bor tuzlarının birikimi aşın yağışlar ile yeraltına (ve oradan da yeraltı suyuna) süzülmesi olabilir. Çünkü bu kuyuların filtre başlangıç seviyeleri üstlerde yer almanın yanı sıra, geçirgen bir litolojiye sahiptirler.

Seyitgazi Ovasındaki yeraltı suyu Örneklerinin bir bölümünde yüksek Na konsantrasyonlarının da görülmesi buradaki bor artışının yalnızca yüzey sulamasının etkisi altında olmadığını, bununla birlikte bu bölgede belirli bir oranda formasyondan ileri gelen borun da bulunduğu anlaşılmaktadır. Ancak, Seyitgazi Ovasındaki yeraltı suyunda görülen bor derişimindeki artışın önemli bir nedeni Çatören Barajını besleyen yüzey suyundaki bor derişimindeki artıştır. Özellikle kış aylarındaki yağışlar ile işletmenin katı atık (tumba) sahasındaki bor içeren atıkların su ile teması sonucu (Na borat-tinkal su ile temas ettiğinde çok çabuk ve yüksek derişimlerde çözünebilmektedir (Altiokka ve Uçbaş, 1996).

İçme sularındaki bor düzeyinin belirlenmesi için havzada bulunan çeşitli yerlerden örnekler alınmıştır (Çizelge 6).

İçme sularının alındığı yerlerde bor düzeyi Çizelge 6'da görüldüğü gibi, içme suları sınır değeri olan 1 ppm'den 6 yerde düşük düzeylerde, 8 yerde yüksek düzeylerde bulunmuştur. Buna göre, içme sularının bazı örneklerine her ne kadar 1 mg/l'nin üzerinde B tespit edilmişse de (Çizelge 6) literatürlerde verilen maksimum sınır değerler gözönüne alındığında hali hazırda tehlikeli bir durum olmadığı söylenebilir.

Sulama suyu bor içeriği ile toprak profilinde bor birikimi ve dağılımını izlemek için, şebeke topraklarından farklı topografya, bitki ve farklı su kaynağı ile sulanan alanlar göz önüne alınarak tüm ovayı temsil edecek şekilde 12 örnekleme yeri tespit edilmiştir. Toprakların bünyesi genelde killi ve kumlu-killidir. 2001 yılı sulama dönemi öncesi; toprak pH'sı 8.0-8.6, tuzluluk (EC) değerleri 0.300-1.025 dS/m, kireç içeriği % 0.88-48.5, organik madde % 0.01-2.66 ve bor içeriği 0.03-3.24 mg/kg değerleri arasında; 2001 yılı sulama dönemi sonrası: toprak pH'sı 7.8-8.6, EC değerleri 0.305-1.055 dS/m, kireç içeriği % 0.75-34.8, organik madde % 0.07-3.14 ve bor içeriği 0.06-1.52 mg/kg değerleri arasında değişmektedir. 2002 yılı sulama dönemi öncesi; toprak pH'sı 7.9-8.6, EC değerleri 0.256-0.835 dS/m, kireç içeriği % 0.75-36.45, organik madde % 0.03-3.99 ve bor içeriği 0.03-1.83 mg/kg değerleri arasında; 2002 yılı sulama dönemi sonrası-, toprak pH'sı 7.8-8.4, EC değerleri 0.30-0.46 dS/m, kireç içeriği % 0.57-10.25, organik madde % 0.14-3.74 ve bor içeriği 0.24-2.19 mg/kg değerleri arasında değişmektedir. 2003 yılı sulama dönemi öncesi: toprak pH'sı 7.8-8.4, EC değerleri 0.25-1.13 dS/m, kireç içeriği % 1.16-14.26, organik madde % 0.01-3.28 ve bor içeriği 0.16-2.24 mg/kg değerleri arasında değişmektedir.

Seçilen örnekleme yerinde, profil boyunca yapılan bor analiz sonuçları incelendiğinde, genel olarak toprağın üst katmanlarında (0-30 cm) bor düzeyleri daha yüksek olup, (T1, T5, T6, T9, T10, T11, T12) profil derinliği ile azaldığı görülmektedir (Şekil 5) Söz konusu toprak Örneklerinin bulunduğu alanlar civarındaki 2003 yılı Ağustos ve Eylül ayı örneklerinde (Y12, Y35, Y36, Y37 ve Y40) bor değerlerinin oldukça yüksek olduğutespit edilmiştir. Önceki yıllara ait bor tuzlarının birikimi aşın yağışlar ile yeraltına (ve oradan da yeraltı suyuna) süzülmesi olabilir. Çünkü bu kuyuların filtre başlangıç seviyeleri üstlerde yer almanın yanı sıra, geçirgen bir litolojiye sahiptirler

Ayrıca özellikle T9, T10, T11 ve T12 örnekleme yerlerinde sulama öncesi bor düzeyleri daha yüksek iken, sulama dönemi sonrasında yapılan örneklemeelerde daha düşük düzeyde bulunmuştur. Bunun nedeni T9 ve T10 parsellerinde yem bitkisi olarak çim, T11 ve T12 parsellerinde şekerpancarı ve buğday bitkileri yetiştirilmiştir. Yetiştirilen bitkiler göz önüne alındığında, bora karşı dayanıklı bitkiler olduğu görülmektedir. Diğer örnekleme yerlerinde ise sulama öncesi ve sonrası bor değerlerinde, bazı yerlerde önemli bir fark bulunmamış iken (T1, T2 ve T4), bazı parsellerde ise sulama sonrasında bor düzeyi artmıştır (T3, T6).

Toprakların tüm derinliklerinde genelde, T9 nolu parsel hariç bor düzeyi 1 ppm'den düşük değerlerdedir. Toprakta genelde, bu bor düzeyleri orta borlu topraklar sınır değerleri (0,7-1,5 ppm) arasında kalmaktadır. Bor birikimi en çok toprak profilinin genelde 0-30 cm'lik kısmında oluşmakta, alt katlara doğru azalmaktadır. Ekim öncesi yağış almayan yerlerde bora dayanıklı olmayan bitkilerde ürün verimi azalabilir.

Sulama Şebekesi içerisindeki topraklardan; farklı topografya, bitki ve su kaynağı ile sulanan alanlar göz önüne alınarak belirlenen 12 farklı yere ait topraklarda yetiştirilen bitkilerin, 2002 yılı bor düzeyleri; buğdayda 15-132 mg/kg değerleri arasında, ayçiçeğinde 23-28 mg/kg değerleri arasında, şekerpancarında 21 ve 22 mg/kg değerleri, ıspanakta 127 mg/kg ve mısırdaki 13 mg/kg değerleri bulunmuştur.

Örnekleme yapılan bitkilerde bor sınır değerleri Kaçar ve Katkat (1998)'e göre belirtilen sınıflandırmada buğday 10 mg/kg'ın üzerindeki değerlerle fazla sınıfına, şekerpancarı 20-30 mg/kg değerleri arasında değerlerde az sınıfına, mısırdaki 5-25 mg/kg değerleri arasında yeter sınıfına, ıspanak ise 60 mg/kg sınır değerin üzerinde değer olarak fazla borlu sınıfına girmiştir. Bu sonuçlara göre buğdayda ve ıspanakta toksik etki derecesinde olduğu söylenebilir. Özellikle T1, T2 ve T9 nolu örneklerin alındığı parsellerde yetiştirilen buğday ve ıspanak bitkilerindeki bor düzeyi izin verilebilir en yüksek bor düzeyinden (Kaçar ve Katkat, 1998) oldukça yüksektir. Bu parseller, diğer örnekleme yerlerine göre düz olup, Seydisuyu deresi kenarında yer almaktadır. Her ne kadar diğer toprak özellikleri çok farklı olmasa da arazinin düz olması, sulama

suyu ile gelen boran etkisi bitkiler fazla olmuş olabilir. Şekerpancarı yaklaşık aynı bor düzeyine sahip sulama suyu ile sulanmasına rağmen bor düzeyi literatür değerlerinin oldukça altında olmuştur. Bu durum ise şekerpancarının bora ihtiyaç ve dayanımının diğer bitkilere göre çok fazla olmasına bağlanabilir.

Syworotkin'in sınıflandırmasına göre de bor düzeyi, buğday'da sınır değerinin (3,3 ppm) çok üzerinde şekerpancarında sınır değerinden (49,2 ppm) az yani yetersiz, mısırdaki ise sınır değerine (5,0 ppm) göre az bor düzeyindedir.

S. SONUÇ

Borun çevreye etkilerinin belirlenebilmesi için suda (sulama suyu, içme suyu), toprakta ve bitkideki bor düzeyleri çok önemlidir. Bu parametrelerin yüksek bor düzeyleri zamana bağlı olarak insan sağlığını etkileyen faktörlerdir. Bor bitkilerin gelişmesi için gerekli bir elementtir. Fakat suda fazla bulunması halinde bitki gelişmesi için zararlı olup, hatta bitkiyi öldürebilir. Bor doğal sular ve toprakta oldukça düşük derişimde olduğu halde, bitkilerin bu elemente karşı hassas olmaları ve toprakta biriken borun yıkanmasının da kolay olmaması nedeniyle tanmsal ürünlere oldukça fazla zarar vermektedir.

Eskişehir-Seyitgazi-Kırka yöresinde, tanmsal sulamada kullanılan sulama suyunda bor dışında, genel olarak bir sorunun olmadığı görülmüştür. Çalışma bölgesi, bor cevherinin yoğun olduğu jeolojik bir yapıya sahiptir. Seyitgazi-Kırka yöresinde sulama suyu örneklerinde bor yönünden 2002 ve 2003 yıllarında genelde sulama suyu standartlarının üzerinde değerler belirlenmiştir. Bölge topraklarının genel olarak hafif eğimli ve ondüleli oluşu nedeniyle genelde fazla bir bor birikimi oluşmadığı görülmüştür. Ancak özellikle Seydisuyu deresine yakın ve eğimi düşük düz arazilerde bor birikimi yönünden ileride sorun olabileceği söylenebilir. Tanmsal sulamada, kullanılan suyun kalite parametrelerinin bilinmesi ve izlenmesi sürdürülebilir bir tarım açısından önemlidir. İçme suyu açısından ise su örneğinin alındığı bazı yerlerde sınır değerinin (1 ppm) üzerinde değerler belirlenmiştir. Bu sonuçlar insan sağlığı açısından önemlidir. Sonuç olarak, her ne kadar, bölge toprakları bor içeriği yüksek (0,0-5,38 ppm) sulama sulan ile sulanıyorsa da, toprakların bor içeriği 2001 sulama Öncesi 0,03-3,24 mg/kg,

D Uygan, Ö. Çetin

sonrası 0,06-1,52 mg/kg, 2002 sulama öncesi 0,03-1,83 mg/kg, sonrası 0,24-2,19 mg/kg, 2003 sulama öncesi 0,16-2,24 mg/kg değerleri arasında değişmektedir. Topraklarda bor içeriği eksiklik ve toksite yönünden dar bir sınıra sahiptir. Genel olarak, 5 mg/kg' dan daha yüksek bor içeriğine sahip topraklar, bitkiler için toksik etki yapabilir. Bu durum göz önüne alındığında, Seyitgazi sulama şebekesi toprakları halihazırda sulama suyundaki

bor yüksekliği nedeniyle aşırı bir birikim ve toksik düzeyde olmadığı söylenebilir. Ancak, su yönetimi açısından, bordan ileri gelebilecek olumsuzlukları gidermek için, sulama suyu kaynaklarındaki bor düzeyi devamlı izlenmeli, özellikle bor içeriği daha yüksek olan Çatören baraj suyu su sıkıntısı nedeniyle kullanılmak zorunda kalırsa, bor içeriği daha az olan Kunduzlar baraj suyu ile seyreltilerek kullanılmalıdır.

Çizelge 4. Çalışma alanından alınan su örneklerinin sulama döneminde ki bazı özelliklerinin min. ve max. Değerleri.

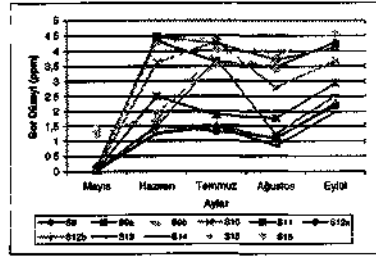
Parametre	pH	EC dS/m	Anyonlar				Kasyonlar				SAR
			Na ⁺ (me/l)	K ⁺ (me/l)	Ca ⁺⁺ (me/l)	Mg ⁺⁺ (me/l)	CO ₃ ²⁻ (me/l)	HCO ₃ ⁻ (me/l)	Cl ⁻ (me/l)	SO ₄ ²⁻ (me/l)	
Sulama Dönemi (2001)	7,6-8,8	0,10-0,98	0,34-1,77	0,13-0,53	1,75-5,15	1,304,05	0,00-1,00	0,25-5,80	0,40-2,15	0,07-7,86	0,20-1,11
Sulama Dönemi (2002)	7,4-8,7	0,28-1,05	0,32-1,26	0,11-1,37	1,85-5,50	0,154,50	0,00*80	1,70-6,60	0,35-3,00	0,05-4,49	0,16-1,01
Sulama Dönemi (2003)	7,4-8,5	0,24-0,58	0,26-0,10	0,10-0,36	1,75-3,15	0,30-2,60	0,20-1,00	1,60-4,50	0,25-0,90	0,04-1,49	0,23-0,92

Çizelge 5. Sulama şebekesi içerisindeki belirlenen yüzey suyu örnekleri ve derin kuyularda aylar bazında min ve max bor düzeyleri.

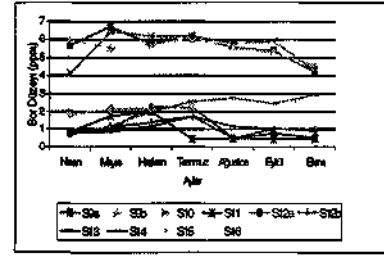
Örnek Şekli	Aylar Bazında Min-Max Bor Düzeyleri (ppm)											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Yüzey S (2001)					0,03-1,40	1,24-4,47	1,33-4,43	0,84-3,85	1,97-4,62			
Derin K (2001)					0,00-2,89	0,00-1,06	0,00-0,87	0,00-0,67	0,75-1,36			
Yüzey S (2002)				0,73-6,01	0,87-6,71	1,15-7,05	1,71-6,20	0,47-5,81	1,01-6,61	0,47-4,58		0,56-5,44
Yüzey S (2003)	0,66-7,14	1,14-8,58	1,25-9,46	1,47-9,55	1,42-9,69	1,18-9,79	1,57-9,97	1,58-9,99	1,90-10,1			
Derin K (2003)						0,11-1,86	0,30-1,91	0,51-2,30	0,44-2,26			

Çizelge 6. Havzada bulunan bazı köylerden alınan içme suyu örneklerinin bor düzeyleri.

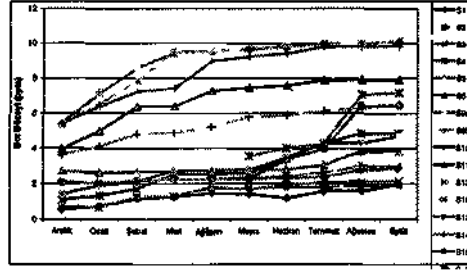
İçme Sularının Alındığı Yerler	Bor Düzeyi (ppm)	İçme Sularının Alındığı Yerler	Bor Düzeyi (ppm)
Seyitgazi-İki çeşmesinden	0,55	Doğançayır-Köy merk-market çeşmesi	2,41
Seyitgazi-Eskişehir Sok başı çeşmeden	0,50	Doğançayır-Melikpazı Çeşmesinden	0,76
Yazidere-İlme Kırathanesi Karşısı	0,73	Yesilvurt-Muhtarlıktan	1,36
Yazidere-İlme Kırathanesinden	1,79	Cifteler-Merkezde işven çeşmesi	0,59
Çukurağul-Köy Gınışev çeşmesi	2,77	Cifteler-Postane yanı tulumbadan	0,56
Çukurağul- Köy Gınışev Çeşmeden	1,00	Seyitgazh Yazidere arası-Guz köyü çeşmesi	0,29
Doğançayır-Köy merk.market çeşmesi(Antma su)	2,22	Mahmudiye - Benzinlik çeşmesinden	1,59



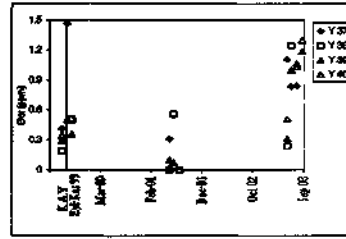
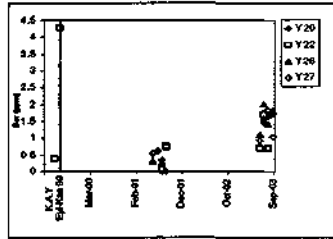
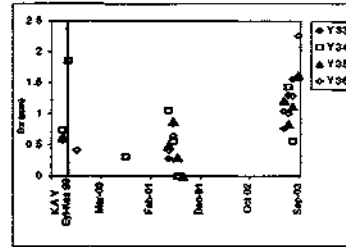
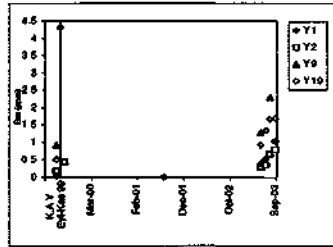
Şekil 1. Yüzeysel sulama sularında aylara göre bor dağılımı(2001).



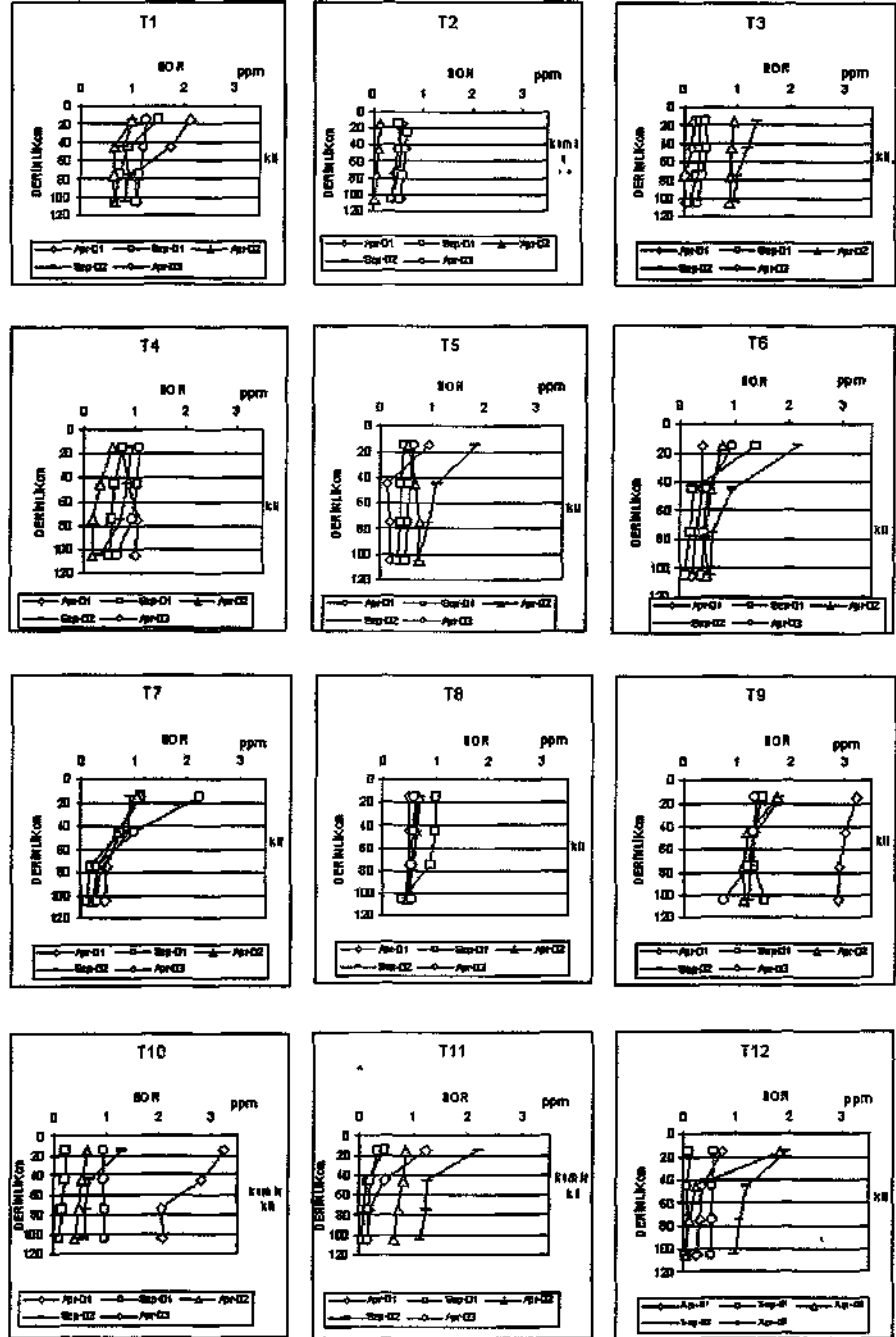
Şekil 2. Yüzeysel sulama sularında aylara göre bor dağılımı (2002).



Şekil 3. Yüzeysel sulama sularında aylara göre bor dağılımı (2003).



Şekil 4. Yeralüsyü Örneklerinin Zaman-Bor Değişimleri (K.A.Y.: Kuyuların açıldığı yıldaki bor düzeyleri).



Şekil 5. Toprak Örneklerindeki Bor Konsantrasyonunun Yüzeiden Derinliğe ve Zamanla Değişimleri

KAYNAKLAR

- Akbaş, F., 1998. *Değişik B Konsantrasyonlu Sulama Sularının Pamuk Verimi ve Toprak B Birikimine Etkileri*. Başbakanlık KHGM APK Daire Başk-Toprak ve Su Kaynakları Araşt. Şube Müd., Toprak ve Su Kaynakları Araşt.Yıl., Yayın No: 108, Ankara.
- Altıokta, M.R., ve Uçbaş, Y., 1996, *Dissolution Kinetics of Borax in Water*.Chimica Acta Turcica 24. pp. 41-46.
- Anonymous, 2004. *Water Quality Assessments. A Guide to use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring- Second Edition*,UNESCO <http://www.-who.int/docstore/9/03/2004>
- Banuelos, G.S., Mackey, B., Cook, C, Akohoue, S., Zambruski, S., Samra, P., 1996. *Response of cotton and kenaf to boron-amended water and soil*. Crop Science, 36:1,158-164.
- Baykut, F., Aydın, A., Baykut, S., 1987. *Çevre Sorunları ve Korunma*, İTÜ Yayın No: 3449, 419s.
- Börekeçi, M., 1986. *Borla Kirlenen Simav Çayının Sulamada Kullanılmasının Toprakta Oluşabilecek Bor Birikmesine Etkileri* TGAE. Müd.Yay..Genel Yay.no:113, R. Sen No: 51, Ankara.
- Cantürk, M., 2002. *Borun Etkileri* http://www.biltek.tubitak.gov.tr/merak_ettikleri_njz_09/04/2004.
- DSİ, 1970., *Etibank-Kırka Boraks Tesisleri Hidrojeolojik Etüt Raporu*.
- DSİ, 1983. *Kırka Yöresi Bor Kirliliği Araştırması Raporu*. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bak., DSİ, İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Bask.. Ankara.
- FAO, 1976. *Water Quality for Agriculture*. Irrig.and Drainage Paper 29, Rome, 81.
- FAO, 1985. *Water Quality for Agriculture*. Irrig and Drainage Paper 29, Rome, 81.
- Finck, A., 1969. *Pflanzenernährung in stichworten*. Verlag Ferdinand Hirt. Kiel.
- Göncü, S., 1998. *Türkiye Akarsularındaki Bor Derişiminin Debiye ve Zamana Bağlı Olarak İncelenmesi*. Ana. Univ. Müh.Mim.Fak. Çevre Müh. Ana Bil. Dalı Lis. Tezi, Eskişehir, 94s.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., Adak, M.S., Eraslan, F., Çiçek, N., 2003. *Effects of Boron Fertilization on the Yield and Some Yield Components of Bread and Durum Wheat*. Turkish Journal of Agricul. and Forestry, vol:27, 329-335.
- Kacar, B. ve Katkat, V., 1998. *Bor. Bitki Besleme*. U. Üniv. Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127, VİPAŞ Yay.:3, Bursa, 417-441.
- Kalafatoglu, E., Örs, N., Sain, S., Yüzer, H., Erbil, A. Ç., 1997. *Bor Bileşikleri İçeren Atıkların Arıtılması*, Tübitak Marmara Araşt.Merk., Gebze-Kocaeli, 1-9.
- Kelling, K.A., 2003. *Soil and Applied Firon* (www.uwex.edu/ccs/pubs, 05/04/2003).
- Maliwal, G.L. ve Timbada, N.K., 1990. *Salinity, sodicity and boron status of soils and well waters of inland area of Amreli District*. Gujarat Agricultural Univ. Research Journal. 16: 1, 50-52.
- Mengel, K., 1984. *Bitkinin Beslenmesi ve Metabolizması*, (Çeviri: H. Özbek, Z. Kaya, M. Tamçı), 5. Baskı, Çukurova Üniv. Zir. Fak. Yay.: 162, Adana, 590s.
- Oertli, J.J. ve Grgurovic, E., 1975. *Effect of pH on the absorption of boron by excized barley roots*. Agron. Journal, 67.278.
- Önocak, T., 1990. *Bor Yataklarının İşletilmesinin Yüzey Sularına Etkileri*, Hacettepe Üniv. Yük. Lis. Tezi, 64 s.
- Özgül, Ş., 1974. *Tuzluluk ve Sodiklik*. Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Teknik Rehber: 04,02-02, Neşriyat No:2, s: 18-34, Ankara.
- Özkara, M.M., 1991. *Sulama Suyundaki Bor Düzeylerinin Lizimetre Koşullarında, Toprakta*

D. Uygan, Ö. Çetm

Bor Birikimi İle Ayçiçeği, Fasulye ve Çeltiğin Gelişmelerine Etkileri. Menemen Araş. Enst. Müd. Yay., Genel Yajan No: 185, Rap. Serisi No: 122, Menemen.

Provin, T. L ve Pitt, J. L., 2002. *Description of Water Analysis Parameters.* Soil and Crop Science Department, The Texas A&m University.

Resmi Gazete, 1997. *Say:23144*, Tarih 18/10/1997. (www.saglikhukuku.net/mevzuat/su.asp, 9/04/2004).

Richards, L.A., 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*" Us Salinity Lab. USA.

Tisdale, S.L. ve Nelson, W.L., 1983. *Toprak Verimliliği ve Gübreleme* (Çeviri: N.Güzel), 3, Baskı, Ç. Univ., Zir.Fak. Yay., No: 168, Adana, 900s.

Yalçın H., ve O., Baysal., 1991, *Kırka (Seyitgazi-Eskişehir) Borat Yataklarının Jeolojik Konumu, Dağılımı ve Oluşumu.* MTA Dergisi No: 113 s. 93-105.

Wilcox, L.V., 1958. *Determining the quality of irrigation water.* Agriculture Information Bull. No: 197.