

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Sevim MİÇİLLİOĞLU**

**LACTUCA SATİVA BİTKİSİ KULLANILARAK BOR  
KONSANTRASYONU YÜKSEK SULARIN ARITILABİLİRLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA, 2010**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LACTUCA SATİVA BİTKİSİ KULLANILARAK BOR KONSANTRASYONU  
YÜKSEK SULARIN ARITILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Sevim MIÇİLLİOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 14/12/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

.....	.....	.....
Doç Dr. Zeynep ZAIMOĞLU	Doç. Dr. Fuat BUDAK	Yrd. Doç.Dr. Emel YILDIZ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

**Kod No:**

**Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL**  
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.**

**Proje No: MMF2010YL25**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ÖZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**LACTUCA SATİVA BİTKİSİ KULLANILARAK BOR  
KONSANTRASYONU YÜKSEK SULARIN ARITILABİLİRLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Sevim MİÇİLLİOĞLU**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Danışman : Doç. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU  
Yıl: 2010, Sayfa: 69  
Jüri : Doç.Dr. Zeynep ZAIMOĞLU  
: Doç.Dr.Fuat BUDAK  
: Yrd. Doç. Dr. Emel YILDIZ

Bu çalışmada, bor toksisitesine karşı duyarlı olan bitkiler yardımı ile yüksek bor konsantrasyonuna sahip sulardan bor giderim kapasitesi, bitkisel arıtım yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Sulardan Bor giderimi, Lactuca Sativa (7 kule cinsi marul) bitkisi kullanılarak farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> (Borik asit) içeren sentetik atık suyun bitkilere verilmesi ile incelenmiştir. Çalışmada öngörülen sentetik atık suyun Bor konsantrasyonları 0,5 ppm, 2 ppm, 7 ppm, 15 ppm, 25 ppm olarak hazırlanmıştır ve çalışma 25 gün devam etmiştir. Çalışma sonunda bitkiler yetiştirildikleri ortamdan alınarak kök ve üst kısım olarak ayrılmış ve bitkilerin gelişimi, verimlilikleri ve bünyelerine almış oldukları bor miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Borik Asit, Lactuca Sativa, Bitkisel Arıtım

## ABSTRACT

### MSc THESIS

# RESEARCHING OF CLARIFICATIONALBILITY OF WATERS WITH HIGH CONCANTRATION OF BORON BY USING LACTUCA SATIVA

Sevim MİÇİLLİOĞLU

ÇUKUROVA UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU  
Year : 2010, Page: 69  
Jury : Assoc. Prof. Dr. Zeynep ZAİMOĞLU  
: Assoc. Prof. Dr. Fuat BUDAK  
: Asst. Prof. Dr. Emel YILDIZ

In this study, with the help of the plants that are sensitive to boron toxicity in waters with high boron concentration of boron removal capacity, phytoremediation method was investigated. Removing boron from water was examined by watering of plants with synthetic waste water that prepared by using different concentrated of  $H_3BO_3$  (boric acid) which Lactuca sativa (7 tower type lettuce) plants was prepared using containing plants. Synthetic waste water is foreseen in the study, concentrations of boron 0.5 ppm, 2 ppm, 7 ppm, 15 ppm, 25 ppm were prepared and has continued to work 25 days. At the end of the study, plants were grown, the environment and the plants taking root and the upper part is devoted to the development, productivity and the structure of boron amounts are determined they had taken.

**KeyWords:** Boric Acid, Lactuca Sativa, Phytoremediation

## TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince bilimsel katkılarını sunan Sayın Prof. Dr. Ahmet YÜCEER'e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca beni her türlü tecrübesiyle aydınlatan ve destekleyen, benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan hoşgörüsünü, bilgisini ve sevgisini benden bir an bile esirgemeyen, çalışmalarım süresince her türlü olanağı sağlayan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin oluşumu ve yönetimi aşamalarında görüş ve önerileriyle yardımlarını ve desteğini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Fuat BUDAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimle ilgili laboratuvar çalışmalarında çalışma süresince gösterdikleri iyi niyet ve yardımlarından dolayı Arş. Gör. İ.Orkun DAVUTLUOĞLU, Arş. Gör. M. Yavuz SUCU, Arş. Gör. Seçil KEKEÇ ve Arş. Gör. Fatih ERKUŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Fikirleri, bilgi ve tecrübeleriyle yardımını benden esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Çağatayhan Bekir ERSÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans çalışmalarım boyunca hep yanımda olan arkadaşım Pelin EKİCİ'ye teşekkür ederim.

Yüksek Lisans çalışmalarım katkıları olan arkadaşlarım Alev ÇAKIR, Gizem AKYATAN, Handan SUBAŞI 'na teşekkür ederim.

Çalışmam süresince bana bu olanağı sağlayan ve benden maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen Mehmet SOYDAN ve Erkin ÖZÇELİK'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu yoğun süreçte araştırmamın her aşamasında özellikle laboratuvar çalışmalarımındaki zorlu yolda yanımda olan, bana her zaman inanan ve güvenen, Babam N. Seyit MIÇİLLİOĞLU'na, Annem Nuray MIÇİLLİOĞLU'na ve Kardeşlerim Serdar MIÇİLLİOĞLU'na ve Asiye Şeyda DEVREKANLI'ya gösterdikleri sabırdan dolayı teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER .....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1.Bor Mineralleri ve Kullanım Alanları .....	2
1.1.1.Borun Tarihçesi .....	2
1.1.2.Borun Doğada Bulunuş Şekli ve Kimyasal Özellikleri .....	3
1.1.3 Bor Mineralleri.....	4
1.1.3.1. Boraks(Tinkal) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .....	4
1.1.3.2 Kernit (Razorit) ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ).....	5
1.1.3.3. Üleksit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ).....	5
1.1.3.4. Probertit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).....	5
1.1.3.5. Kolemanit ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) .....	6
1.1.3.6. Hidroborasit ( $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) .....	6
1.1.3.7. Pandemit (Priseit) ( $\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).....	6
1.1.4. Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları.....	7
1.1.4.1. Cam Sanayi .....	8
1.1.4.2. Seramik Sanayi .....	8
1.1.4.3. Temizleme ve Beyazlatma Sanayi .....	9
1.1.4.4. Yanmayı Önleyici Maddeler.....	9
1.1.4.5. Tarım .....	9
1.1.4.6. Metalurji Sanayi.....	10
1.1.4.7. Nükleer Sanayi.....	10
1.1.4.8. Tıp .....	11
1.1.5. Bor Üretiminden Kaynaklanan Çevre Sorunları .....	11
1.1.5.1. Bor Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevreye Etkileri .....	11

1.1.6. Dünya ve Türkiye’de Bor .....	14
1.2. Borun Çevresel Etkileri.....	17
1.2.1. Borun Havaya Etkisi.....	17
1.2.2. Borun Toprağa Etkisi.....	18
1.2.3. Borun Suyu Etkisi.....	18
1.2.4. Borun Hayvanlara Etkisi.....	20
1.2.5. Borun İnsanlara Etkisi .....	21
1.2.6. Borun Bitkilere Etkisi .....	24
1.2.6.1. Bitkilerin Bor Alımı .....	24
1.2.6.2. Bitkilerde Borun Metabolik İşlevleri .....	25
1.2.6.3 Bitkilerde Bor Alımına Etki Eden Faktörler.....	26
1.2.6.4. Bitkilerde Bor Eksikliği.....	28
1.2.1.5. Borun bitkilerdeki zararlı etkileri.....	29
1.3. Bitkisel Arıtım (Phytoremediation) .....	31
1.3.1. Bitkisel Özümlenme (Phytoextraction) .....	32
1.3.2. Köklerle Süzme (Rhizofiltration) .....	33
1.3.3. Köklerle Sabitleme (Phytostabilization).....	34
1.3.4. Köklerle Bozunum (Rhizodegradation).....	35
1.3.5. Bitkisel Bozunum (Phytodegradation) .....	36
1.3.6. Bitkisel Buharlaştırma (Phytovolatilization).....	37
1.4. Suyu Dayanıklı Bitkiler.....	37
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	39
2.1. Bitkisel Gelişim ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	39
2.2. Bitkisel Verimlilik ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	40
2.3. Bitkinin Bor Alımıyla İlgili Yapılan Çalışmalar .....	41
3. MATERYAL VE METOD .....	45
3.1. Materyal .....	45
3.1.1. (Borik Asit) $H_3BO_3$ .....	45
3.1.2. Lactuca Sativa .....	46
3.1.3. Bitki Besin Elementi.....	47
3.1.4. Bitki Besleme Kabı.....	47

3.1.5. Hava Pompası.....	47
3.1.6. Gün Işığı Lamba .....	48
3.1.7. Strafor .....	48
3.1.8. Nitrik Asit HNO <sub>3</sub> .....	49
3.2. Metod .....	49
3.2.1 Çalışma Düzeneginin Oluşturulması .....	49
3.2.2. Çalışmanın Yürütülmesi .....	50
3.3. Analitik Metot .....	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	53
4.1. Bitkisel Gelişim.....	53
4.2. Bitkisel Verimlilik .....	55
4.3. Bitkinin Bor Alımının Tespiti .....	59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	61
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	69





## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA

Çizelge 1. 1. Bor elementinin Fiziksel Özellikleri (Anonim, 2010) .....	4
Çizelge 1. 2. Ticari önemi olan bor mineralleri (Devlet Planlama Teşkilatı, 1995) ....	4
Çizelge 1. 3. Dünya Bor Rezervleri (Devlet Planlama Teşkilatı, 1995).....	7
Çizelge 1. 4. Dünya ve Türkiye Bor Rezervleri ve Ömürleri(Addemir, 2002: Köse ve ark., 2002) .....	15
Çizelge 1. 5. Dünya ve Eti Holding A.Ş. Bor Satışları (Addemir, 2002: Köse ve ark., 2002) .....	16
Çizelge 1. 6. Sulama sularının bor kapsamalarına göre sınıflandırılması ve bitkilerin sulama sularındaki bora toleransları (Richards, 1954). .....	20
Çizelge 1. 7. Besin çözücüdeki bor elementi yoğunluğuna karşı soya fasulyesi köklerinin miktarı (Brown ve Ambler, 1969). .....	30
Çizelge 1. 8. Bor Konsantrasyonuna Dayanıklı Bitkiler .....	38
Çizelge 3. 1. Ph Ölçüm Değerleri.....	49



## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 3. 1. Borik Asit .....	45
Şekil 3. 2. Fide halinde Lactuca Sativa.....	46
Şekil 3. 3. Bitki Besin Solüsyonlarının eklenmiş hali .....	47
Şekil 3. 4. Hava Pompası ve Motoru.....	48
Şekil 3. 5. Gün Işığı Floresan Lamba .....	48
Şekil 3. 6. Strafor ve Bitki Dizimi.....	49
Şekil 4. 1. Bitkide yaprak sayısındaki değişiklik.....	53
Şekil 4. 2. Bitki Boyu - Kök.....	54
Şekil 4. 3. Bitki Boyu - Üst Aksam .....	54
Şekil 4. 4. Bitki Boyu - Toplam .....	55
Şekil 4. 5. Bitkide Yaş Ağırlık- Kök .....	56
Şekil 4. 6. Bitkide Yaş Ağırlık – Üst Aksam .....	56
Şekil 4. 7. Bitkide Yaş Ağırlık – Toplam .....	57
Şekil 4. 8. Bitkide Kuru Ağırlık – Kök.....	57
Şekil 4. 9. Bitkide Kuru Ağırlık – Üst Aksam .....	58
Şekil 4. 10. Bitkide Kuru Ağırlık - Toplam .....	58
Şekil 4. 11. Bitki Bor Alımı – Üst Aksam .....	59
Şekil 4. 12. Bitki Bor Alımı – Kök.....	59



## 1. GİRİŞ

Ülkemizde Bor, dünya üzerindeki bor minarelinin % 65'ine sahip olması, 200'den fazla bor türevinin 250 dolaylarındaki kullanım alanlarında yaygın olarak kullanılması ile önemli bir yere sahiptir. Türkiye'deki en önemli bor rezervleri Bursa-M.Kemal Paşa-Kesetelek Köyü, Balıkesir- Bigadiç, Kütahya- Emet, Eskişehir-Kırka'da bulunmaktadır (Uygan ve Çetin, 2004).

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).

Artan nüfus, gelişen endüstri ve tabii varlıkları tehdit eden kirlenmeler bor toksitesine neden olmakta kurak ve yarı kurak bölgeler için bitki gelişimini sınırlayan önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin Konya ilindeki yağış, yükselti ve topografik farklılıklar değişik ekolojik alt bölgelerin oluşmasında etkili olmuştur. Oluşan bu ekolojik bölgelerde bazen bor noksanlığına bazende bor toksitesine rastlanılmaktadır.

Topraklarda ve sularda aşırı bor birikimi bitkilerin kök ve yeşil aksam büyümesini engelleyen ve tane verimini ciddi bir şekilde sınırlayan bir mikroelement problemidir.

Birçok sanayi sektöründe bor kullanılması (zirai ilaçlama, tıp, plastik ve cam sanayi vb. ), borun rafinasyonu sonucu oluşan fazla bor , bilinçsiz gübreleme vb problemler yüksek miktarda borun toksitesiyile karşı karşıya bırakmıştır.

Aynı zamanda bor mikroelementine borca fakir olan yerlerde ihtiyaç duyulması ile bor fazlalığının buralarda değerlendirilmesi borun geri kazanımı yönünden önem teşkil etmektedir.

Bu şekilde olan ağırmetallerin gideriminde kullanılan fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemlerinin, yüksek maliyetleri ve arıtma sonucunda ortaya çıkan kirleticilerin nihai gideriminin zorlukları nedeniyle çevresel açıdan fazla tercih edilmemektedir. Bu amaçla kullanılan ve bitkiler kullanılarak ağır metal ve diğer bir kısım kirleticilerin giderimi olarak tanımlanan fitoremediasyon yöntemi ise gerek ekonomik olması gerekse ekolojik olarak kullanımının tercih edilmesi nedeniyle

yaygın olarak kullanılan bir yöntem haline gelmektedir. Fitoremediasyon kapsamı altında kullanılan bir çok farklı teknoloji ve bitki türünün bulunması, bu teknolojinin kullanım imkanını arttırmaktadır. Bitkiler içerisinde bora dayanıklı bitkilerden yapılan çalışmalarda fitoremediasyon yöntemi ile giderimin büyük ölçüde sağlandığı görülmüştür.

Bu çalışmanın amacı, bor içeriği yüksek olan yer altı ve yer üstü sulardan bitkisel arıtım yöntemi ile bor duyarlılığı yüksek bir bitki olan Lactuca Sativa bitkisi kullanılarak sudan bor giderimidir.

## **1.1. Bor Mineralleri ve Kullanım Alanları**

### **1.1.1. Borun Tarihçesi**

Tarihte ilk olarak 400 yıl önce Babiller Uzak Doğu'dan boraks ithal etmiş ve bunu altın işletmeciliğinde de kullanmışlardır. Mısırlıların da boru, mumyalamada, tıpta ve metalürji uygulamalarında kullandıkları bilinmektedir. İlk boraks kaynağı Tibet Göllerinden elde edilmiştir. Boraks; koyunlara Bağlanan torbalarda Himalayalar'dan Hindistan'a getirilmiştir. Eski Yunanlılar ve Romalılar boratları temizlik malzemesi olarak kullanmıştır. İlaç olarak ilk kez Arap doktorlar tarafından M.S. 875 yılında kullanılmıştır. Borik Asit 1700'lü yılların başında borakstan yapılmış, 1800'lü yılların başında ise elementer bor elde edilmiştir.(Moseman, 1994).

Bor içeren tuzlar, yani boratlar ise , Orta Asya'daki göllerden Orta Çağın başlarında Araplar tarafından elde edilerek, Avrupa'ya getirilmiştir. Bunların ilaç ve lehim yapımında kullanıldığı, Marco-Polo tarafından getirildiği bilinmektedir.

Çin'de milattan 300 yıl kadar önce glazürlerin yapımında boraks kullanılmıştır. Persler ve Araplar da boraksı 2000 yıl önce kullanmışlardır. "Boraks"ın esası Arapça'da beyaz anlamına gelen kelimeye dayanmaktadır.

### 1.1.2. Borun Doğada Bulunuş Şekli ve Kimyasal Özellikleri

Bor, yerkabuğunun bileşiminde bulunan ve diğerleri kadar yaygın olmayan periyodik cetvelin 3A grubunda bulunan bir elementtir. Atom numarası 5, atom ağırlığı 10.82, erime noktası  $2190 \pm 20$  °C'dir. İzotopları B<sub>10</sub> %19.57, B<sub>11</sub> %80.43, kristal yapısı tetragonal-hegzagonaldir.

Yoğunluğu kristal ise  $2.33 \text{ g/cm}^3$ , amorf ise  $2.34 \text{ g/cm}^3$ , sertliği 9.3 Mohs.'tur. Yerkabuğunun %0.001 ile %0.0003' ünü oluşturmakla beraber, doğada pek çok kayacın yapısında bulunur. Bu oran karalarda 1ppm yakınlarında ise de denizlerde biraz daha fazladır. Az tuzlu kuzey denizlerinde bu oran 3ppm iken, güney denizlerinden Akdeniz'de, okyanus sahillerinde 5-6 ppm' e dek çıkabilmektedir. Doğada serbest olarak bulunmayıp genellikle alkali ve toprak alkali boratlar veya borik asit olarak bulunmaktadır.( Devlet Planlama Teşkilatı, 1995)

Elementel bor ilk olarak 1808 de Fransız kimyacı Gay-Lussac ile Baron Louis Thenard ve bağımsız olarak İngiliz kimyacı Sir Humphry Davy tarafından bulunmuştur. Bor da karbon gibi çift bağlara ve makromolekül formlarına meyillidir. Borik asit; bir Lewis asididir. Hidroksil iyonunu tutar, protonları bırakır. Borun organik bileşiklerle yaptığı kompleksler, hidroksil grup ihtiva eder. Böylece; şekerler, polisakkaritler, adenozin-5-fosfat, piridoksin, riboflavin, dehidroaskorbik asit ve piridin nükleotidler ile etkileşime girebilir. Bor-karbohidrat komplekslerinde karbohidrat olarak genelde fruktoz tercih edilir. Örneğin; beta-Frukto-Furanosid-Borat, Alfa-Frukto-furanosid-Borat ve Alfa-Frukto-Piranosid-Borat kompleksleri çok kararlıdır. Tam aksine bor, aminoasit ve hidroksi asitlerle kompleks oluşturmaz. Borik asit ve boraks içermeyen kararsız bor kompleksleri, güçlü elektrofilik, seçici olmayan ve ciddi boyutlarda toksik etkileri olan komplekslerdir (Gregory ve Kelly, 1997).



Çizelge 1. 1. Bor elementinin Fiziksel Özellikleri (Anonim, 2010)

Fiziksel Özellikleri	
Maddenin hali	Katı
Yoğunluk	2,34 g/cm <sup>3</sup>
Sıvı haldeki yoğunluğu	2,08 g/cm <sup>3</sup>
Ergime noktası	2349°K
	2076 °C
	3769 °F
Kaynama noktası	4200 °K
	3927 °C
	7101 °F
Ergime ısısı	50,2 kJ/mol
Buharlaşma ısısı	480 kJ/mol
Isı kapasitesi	11,087 (25 °C) J/(mol·K)

### 1.1.3 Bor Mineralleri

Bor doğada serbest olarak bulunmaz, oksijenle birleşerek bor tuzları şeklinde veya silikatlar halinde bulunur. Amorf bor siyah, yeşilimtrak-sarı kristalli ve parlak renktedir. Doğada 200'e yakın bor bileşikleri bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olanları ve ticari önemi olanlar aşağıda görülmektedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1. 2. Ticari önemi olan bor mineralleri (Devlet Planlama Teşkilatı, 1995)

Mineral	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Türkiye'de Bulunduğu Yer
Boraks	36,5	Kırka
Kernit	51,0	Kırka
Üleksit	43,0	Kırka, Emet, Bigadiç
Probertit	49,6	Emet, Kestelek
Kolemanit	50,8	Bigadiç, Emet, Kestelek
Hidroborasit	50,5	Emet
Pandermit	49,8	Sultançayırı, Bigadiç

**1.1.3.1. Boraks(Tinkal)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$** 

Renksiz ve saydam olarak bulunur. İçindeki çeşitli materyal karışımı ile pembe, sarımsı gri renklerde bulunabilir. Sertliği 2-2.5, özgül ağırlığı 1.7'dir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 36.5'dir. Tinkal suyunu kaybederek kolaylıkla tinkalkonite dönüşebilir. Kille arakatlı tinkalkonit ve üleksit ile birlikte bulunur. Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarından üretilmektedir.

**1.1.3.2 Kernit (Razorit) ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )**

Tabiatta renksiz, saydam uzunlamasına iğne şeklinde küme kristaller halinde bulunur. Sertliği 3, özgül ağırlığı 1.95 gr/cm<sup>3</sup> ve  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 51'dir. Soğuk suda az çözünür. Kırka'da Na-borat kütesinin alt kısımlarındadır. Dünya'da ise Arjantin ve A.B.D.'de bulunur.

**1.1.3.3. Üleksit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )**

Tabiatta masif, karnabahar şeklinde, lifsi ve sütun şeklinde bulunur. Saf olanı, beyaz rengin tonlarındadır. İpek parlaklığında olanları da vardır. Genelde kolemanit, hidroboraksit ve probertit ile birlikte teşekkül etmiştir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 43'tür. Ülkemizde Kırka, Bigadiç ve Emet yörelerinde, dünyada ise Arjantin'de bulunmaktadır.

**1.1.3.4. Probertit ( $\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )**

Kirli beyaz, açık sarımsı renklerde olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği %49.6'dır. Kestelek yataklarında üleksit ikincil mineral olarak gözlenir. Ancak Emet'te tekdüze tabakalı birincil olarak ve Doğanlar, İğdeköy bölgesinde kalın tabakalı olarak oluşmuştur.

**1.1.3.5. Kolemanit ( $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )**

Monoklinik sistemde kristallenir. Sertliği 4-4.5, özgül ağırlığı 2.42'dir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 50.8'dir. Suda yavaş, HCl asitte hızla çözünür. Bor bileşikleri içinde en yaygın olanıdır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında, dünyada A.B.D.'de bulunur.

**1.1.3.6. Hidroborasit ( $\text{CaMgB}_6\text{O}_{11}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )**

Bir merkezden ışınal ve iğne şeklindeki kristallerin rasgele yönelmiş ve birbirini kesen kümeler halinde bulunur. Lifsi bir dokuya sahiptir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 50.5' tir. Beyaz renkte, bazen içerisindeki impüritelere bağlı olarak sarı ve kırmızımsı renklerde (arsenik içeriğine göre) kolemanit, üleksit, probertit, tunalit ile birlikte bulunur. Ülkemizde en çok Emet, Doğanlar, İğdeköy yörelerinde ve Kestelek'te oluşmuştur.

**1.1.3.7. Pandermit (Priseit) ( $\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )**

Beyaz renkte ve yekpare olarak teşekkül etmiş olup kireçtaşına benzer. Ülkemizde Sultançayırı ve Bigadiç yataklarında gözlenmektedir.  $\text{B}_2\text{O}_3$  içeriği % 49.8'dir. Dünyanın çeşitli bölgelerindeki bor rezervleri ve % oranları aşağıda görülmektedir (Çizelge 1.3).

Çizelge 1. 3.Dünya Bor Rezervleri (Devlet Planlama Teşkilatı, 1995)

Ülke	Rezerv(1000 ton)	% Oranı
Türkiye	803.000	63.0
A.B.D	209.000	16.4
B.D.T	136.000	10.7
Çin Halk Cumhuriyeti	36.000	2.8
Arjantin	9.000	0.7
Bolivya	19.000	1.5
Şili	41.000	3.2
Peru	22.000	1.7
Toplam	1.275.000	100.0

#### 1.1.4. Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları

Çok geniş ve çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları giderek artmaktadır. Üretilen bor minerallerinin % 10'a yakın bir bölümü doğrudan mineral olarak tüketilirken geriye kalan kısmı bor ürünleri elde etmek için kullanılmaktadır.

Bor mineralleri ve ürünlerinin kullanıldığı sanayi dallarını aşağıdaki gruplarda toplamak mümkündür:

- 1) Cam sanayii
- 2) Seramik sanayii
- 3) Temizleme ve beyazlatma sanayii
- 4) Yanmayı önleyici maddeler
- 5) Tarım
- 6) Metalurji sanayii
- 7) Nükleer sanayii
- 8) Tıp

Borun endüstrideki yararları yıllardır bilinmekle beraber, insan sağlığı için önemi son birkaç yıldır araştırmalara konu olmuştur (Devlet Planlama Teşkilatı, 1995).

#### 1.1.4.1. Cam Sanayi

Günümüzde üretilen borun %40'ı cam ve fiberglas sanayiinde tüketilmektedir. Cam sanayiinde yararlanılan belli başlı bor özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Hammaddenin ergime noktasını düşürür.
- Ergimiş ortamın viskozitesini düşürür.
- Camın termal genleşme katsayısını düşürür.
- Camın kırılma indisini büyütür.
- Camın saydamlığını ve parlaklığını artırır.

Her türlü yalıttımdan bilişim sektörüne kadar çok çeşitli alanlarda, farklı amaçlar için kullanılan cam elyafın (fiberglas) temel hammaddelerinden birini bor oluşturur. Cam elyafına bor katıldığında yukarıda belirtilen özelliklere ilaveten;

- Kristalleşme eğilimini düşürür.
- Liflerin dayanıklılığını ve neme karşı direncini artırır.

Çeşitli metaller ile giydirilmiş fiberglas türleri; mikroçiplerde, fiber optik kablolarda, yarı iletken elemanların üretiminde ve buna benzer birçok elektronik parçanın üretiminde kullanıldığı gibi, diğer bor türevleri de elektronik sanayiinde kullanılmaktadır.(Acarkan, 2002)

#### 1.1.4.2. Seramik Sanayi

Bor, özellikle seramiklerin sırlanmasında ve emaye sanayiinde kullanılır. Bu sektör Türkiye'nin en çok bor tükettiği alanlardan birini oluşturmaktadır. Yararlanılan başlıca bor özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Sırın kıvamlılığını düşürür.
- Sırın yüzey gerilimini düşürür.
- Parlaklığı ve saydamlığı artırır. (Acarkan, 2002)

### 1.1.4.3. Temizleme ve Beyazlatma Sanayi

Dünya bor tüketiminin yaklaşık %20'si sabun, deterjan gibi temizlik ürünlerini üretimine yöneliktir. Bu sanayide yararlanılan başlıca bor özellikleri:

- Güçlü bir beyazlatıcıdır.
- Lekeleri çözer.
- PH'yı dengeler, suyu yumuşatır, yağları parçalar.
- Aktif oksijeni dengeler.
- Anti bakteriyeldir.

Bu özellikler sayesinde çok az yıpratır; renklerini soldurmaz. Düşük sıcaklıkta bile etkin sonuç verir. Çamaşırın yıkanma süresini düşürür. Su tüketimini azaltır. Makinalardaki çeliğin aşınmasını ve matlaşmasını azaltır. Deterjanların %20-25'ini sodyum perborat oluşturur. (Acarkan, 2002)

### 1.1.4.4. Yanmayı Önleyici Maddeler

Borlu bileşikler, biyolojik zararlılara karşı yüksek etkinlikleri, suyla çözünerek kolayca uygulanabilmeleri, oduna difüzyon yetenekleri, ucuz ve temini kolay olması, memelilere karşı ihmal edilebilecek derecede düşük zehirlilik etkileri ve yanmaya karşı ahşabın direncini önemli ölçüde artırmaları nedeniyle yanmayı önleyici maddeler alanında güncellik kazanmışlardır (Thevenon ve ark., 1997: Williams, 1980: Arthur ve ark.,1992: Yalınkılıç ve ark.,1997: Murphy, 1990).

Bununla birlikte dış ortamda yağmur etkisiyle kolayca odundan yıkanmaları nedeniyle kullanımları yalnızca iç mekanlarda sınırlı kalmıştır (Yalınkılıç, 2000: Hafızoğlu ve ark., 1994).

### 1.1.4.5. Tarım

Borun tarım ürünleri üzerinde zıt yönlü etkisi vardır. Çok az miktarda bor bitkilerin gelişmesine yardım eder. Bu nedenle gübrelere katılır. Fakat, borun fazlası bitkiler üzerine öldürücü etki yapar. Bu özellikten yararlanılarak, yabani otlar ile

mücadelede kullanılmaktadır. (Acarkan, 2002)

#### 1.1.4.6. Metalurji Sanayi

Metalürjide yararlanılan özellikler:

- Ergime sıcaklığını düşürür.
- Cürufun akışkanlığını azaltır.
- Çeliği sertleştirir.
- Fırın tuğlalarının aşınmasını azaltır.

Demir-çelik hammaddelerinin ergime sıcaklığını düşürmek suretiyle tüketilen enerjide tasarruf sağlar.

Bor türevlerinin kendisinin ya da çelik ile alaşımlarının yüksek sertliği nedeniyle aşındırıcı ve kesici aletlerde kullanılır. Son dönemlerde manyetik ayırıcılarda kullanılmasıyla devrim yaratan, sürekli yüksek manyetik alan şiddeti oluşturan magnetlerin içinde nadir metallerin yanısıra bor da bulunmaktadır.

Bor, kaplama sanayiinde kullanılan elektrolitlerin oluşturulmasında ve lehimleme işlemlerinde de kullanılmaktadır. (Acarkan, 2002)

#### 1.1.4.7. Nükleer Sanayi

Bor izotopları nükleer reaksiyonların denetlenmesine yardımcı olur. Çünkü B10 ve B11 izotopların nötron absorblama tesir kesidi yükselir. Bazı tip güç reaktörlerinde fazla reaktiviteyi önlemek için soğutma suyuna borik asit ilave edilir.

Nükleer reaktörlerde kullanılan kontrol çubukları %2 bor içeren çelik ve alüminyum alaşımından yapılmaktadır.

Yukarıda belirtilen kullanım alanlarının yanısıra bor, tıpta, antibakteriyel ve dezenfektan olarak, antiseptiklerde, diş macunlarında, parfümlerde, şampuan ve lens solüsyonlarında kullanılmaktadır. Kimya sanayiinde, çeşitli tür boyalarda, elektrolitik işlemlerde, korozyon önleyicilerin üretiminde bordan da yararlanılmaktadır. (Acarkan, 2002)

#### 1.1.4.8. Tıp

Bor ürünleri kemoterapi sonrası radyoaktif maddelerin etkisini azaltmak üzere kullanılmakta olup birçok ülkede mineral takviyesi amacıyla insanlar için bor tabletleri üretilmeye başlanmıştır.

Bor, insanlarda beyin gelişiminden kemik gelişimine, menopozdan alerjiye ve metabolizmaya kadar birçok işlevinden dolayı günlük olarak alınması gereken elementlerden birisidir. İnsanlar tarafından günlük alınan bor miktarı 1,2 mg/gün olarak tahmin edilmektedir. Global düzeydeki içme sularında kabul edilen bor seviyesi ise 0,1-0,3 mg/lt'dir. Yetişkin insanların, güvenilir olarak alabileceği bor miktarı ise 1-13 mg/gün olarak kabul edilmektedir. Borların insan ve hayvanlarda kansorejen etkisi ise yoktur. (Acarkan, 2002)

#### 1.1.5. Bor Üretiminden Kaynaklanan Çevre Sorunları

Bor ürünlerinin çevreye olumsuz etkileri diğer sanayi sektörlerine oranla çok daha düşük düzeydedir. Hatta, kemoterapi sonrası radyoaktif maddelerin etkisini azaltmak üzere kullanım, insan ve canlılara gerekliliği nedeniyle çevre dostu sayılabilecek elementlerdendir.

Atık barajlarında toplanan bor atıklarının sanayide kullanımı için gerekli araştırmalar yapılmalı ve ilgili endüstri dalları ile ortak projeler geliştirilmelidir. (Bentli ve ark., 2002)

##### 1.1.5.1. Bor Atıklarının Değerlendirilmesi ve Çevreye Etkileri

Cevher zenginleştirme tesislerinden çıkan atıklar genellikle ince boyutlu katı ve pülp halindedir. Çevre bilinci gelişmeden önce bu atıklar maden alanlarının yakınındaki sahalara, atık barajlarına, denizlere, gölere ve nehirlere boşalmaktaydı. Günümüzde ise zenginleştirme tesis atıklarından yararlanmak veya eğer bu mümkün değilse uygun biçimde bertaraf etme yoluna gidilmektedir. Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, Dünyanın bir çok ülkesinde araştırmacılar ve işletmeler bu konuda



yoğun çaba harcamaktadır.

Yapılan araştırmalar daha çok yapı malzemeleri üretimine, cam ve seramik endüstrilerine ham madde hazırlamaya yönelik olmuştur.

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak yeni yöntem ve ekipmanların geliştirilmesi ile cevherlerin ekonomik tenörleri aşağılara çekilmekte, artık konumundaki bir çok depolanmış yığın da bu sayede değerlendirilmektedir. Buna göre atıkların atılmasında gelecekte muhtemel değerlendirme olanakları göz önünde bulundurulmalıdır. Bor atıkları bu konumda belki de en önde gelen atıklardan biridir. Bu nedenlerden dolayı bor atıkların depolanmasına azami önem göstermek gereklidir.

Atıkların uygun bir şekilde değerlendirilmesinde elde edilecek avantajları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.(Karadeniz, 1996)

- Atıkların stoklanmadan doğan sorunları ve stoklama maliyeti azalacaktır.
- Çevre kirliliği en az seviyeye inecektir.
- Üretilen yeni ürünle ek bir kazanç elde edilecektir.
- Atıkların yer altı ve yer üstü sularını kirletmesi önlenecektir.

Ülkemizde her yıl boron mineralleri üretimi sırasında 600 000 ton atık ortaya çıkmaktadır.(Yaman ve Maraşoğlu, 1998). Bu atıkların düzenli bir şekilde depolanması ile ileride kullanılabilme imkanı vardır. Bor atıklarının değerlendirilmesi ile aşağıdaki avantajlar sağlanmış olacaktır.

- Hali hazırda büyük bir potansiyel olan stoklar ülke ekonomisine kazandırılacaktır.
- Çevre kirliliği önlenmiş olacaktır.
- Atıkların atıldıkları göletlerin yapımı için işletilmeler büyük meblağlar ödemektedir.

#### **1.1.5.1.(1). Bor Atıklarının Değerlendirilme Yöntemleri**

Bor atıklarının değerlendirme şekillerini üç sınıfa ayırmak mümkündür. Bu sınıflandırma şu ana kadar bor atıkları ile yapılan çalışmalar dikkate alınarak ilk defa tarafımızdan yapılmıştır. Ancak bu sınıflandırma yarı yarı değil de birbirlerinin

devamı olarak da düşünülebilir. Çünkü bizde en ideal değerlendirme şekli atıkların tamamının değerlendirilmesidir. (Bentli ve ark., 2002)

#### **1.1.5.1.(1.a).Atıklardan Borun Tekrar Kazanılması**

Genelde bor atıklarına, zenginleştirme sırasında atığa kaçan borun tekrar kazanılması amacıyla suda bekletme+sınıflandırma, gravite yöntemleri, manyetik ayırma, elektrostatik ayırma, soda liçi, çözeltme+flokülasyon, flotasyon, ısı işlem (kalsilasyon, dekrepitasyon) ve briketleme yöntemleri uygulanmaktadır. (Doğan ve ark., 1997: Sönmez ve Aytekin, 1992: Yamık ve ark., 1995: Kaytaç ve ark., 1986: Köse, 1989). Ayrıca son zamanlarda ses ötesi dalgaların kil uzaklaştırmadaki etkinliği ve atıklardaki borun doğrudan çözme helezonu ile kazanımı araştırılmış ve önemli neticeler alınmıştır.

Bor konsantratör tesislerinde uygulanan elle ayıklama, mekanik dağıtma+sınıflandırma yöntemleri ancak iri boyutlara uygulanabilmekte, ince boyuttaki(0-0.5 mm) %15-20 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tenörlü cevherler ise atık barajına gönderilmektedir.

#### **1.1.5.1.(1.b).Atıkların Uygun Sektörde Kullanılması**

Bor minerallerinin yan kayacının çoğunlukla kil mineralleri içermesi, bu atıkların seramik sanayiinde değerlendirilebileceğini akla getirmektedir. Atık killerin tuğla sanayiinde değerlendirmesi ile hem tuğla sanayiinde ek hammadde kaynağı sağlamakta hem de işletmede atıkların atılması sırasında ortaya çıkan problemler en aza indirilmektedir. Atık killer seramik sanayiinde frit, sır ve masse yapımında da kullanılabilir. Atık killer inşaat sektöründe çimento ve betona katkı malzemesi, yol, baraj ve köprü yapımında da dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilir.

### 1.1.5.1.(1.c).Atıkların Uygun Bir Şekilde Depolanması

Atıkların atık sahasında çok fazla yer kaplamaması ve çevre kirliliğinin azaltılması amacıyla preslenerek kompaktlaştırılabilir.

Atıkların göletlere verilmeden önce uygun flokülasyon ve koagülasyon yöntemleriyle katı sıvı ayırımına tabi tutulur. Susuzlaştırma ile göletlerin hızlı bir şekilde dolması engellenebileceği gibi elde edilen sıvı tekrar kullanılmak üzere tesise de beslenebilecektir.

Atıkların diğer sektörlerde kullanılabilmesi için de susuzlaştırma işleminin gerekliliği göz ardı edilmemelidir.

### 1.1.6. Dünya ve Türkiye’de Bor

Yüksek tenördeki bor cevheri çok kolay ve ekonomik olarak çıkarılmakta ve işlenmektedir. Öyle ki; atık barajlarında mevcut sulu atıkların  $B_2O_3$  tenörü bile, borun lokomotif konumundaki ülkelerin işlettikleri cevher ve göl sularındaki  $B_2O_3$  tenöründen çok daha yüksektir bu bakımdan, bor cevheri ülkemiz açısından daha verimli değerlendirilmesi gereken önemli bir potansiyeldir.

Ülkemiz, % 100  $B_2O_3$  bazında, dünya bor üretiminde ABD'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Ham cevher üretiminde Türkiye dünya üretiminin yansından fazlasını gerçekleştirmektedir. 1988-2000 yılları arası Türkiye'nin ham cevher üretimi devamlı olarak ABD'den fazla olmuştur.

Dünya bor piyasasının yıllık cirosu 1,2 milyar Amerikan Dolarıdır. Dünya bor rezervinin %64'üne ve mevcut rezervler 250 yıllık ömre sahip Türkiye'nin borlardan elde ettiği yıllık gelir, ortalama 225 milyon ABD dolarıdır. Halbuki, cam elyaf, tekstil tipi cam elyaf, keçeler, kompozit malzemeler, fiber optikler, iletişim malzemeleri, roket yakıtı, PVC sanayii, zımpara, kozmetik, çelik ve nükleer endüstri gibi pek çok sektörde kullanılan bor kimyasalları ve uç ürünlerin Pazar büyüklüğü bu gün için 40 milyar doların üstündedir.

Borların ara ve nihai ürün olmak üzere iki ayrı pazarı söz konusudur. Birincisinde borların ham veya yarı mamul olarak pazarlanması, ikincisinde ise bu

ürünlerin işlenerek nihai ürün haline dönüştürülmesi. Eti Holding A.Ş.'nin faaliyetini sürdürdüğü ve Türkiye'nin de içinde bulunduğu sektörün yıllık cirosu ancak 1,2 milyar dolardır. Yapılan tüm çalışmalar bu pazardaki payının artırılmasına yöneliktir. Kamulaştırmanın yapıldığı 1978'den günümüze bor konusunda yapılan çalışmalar küçümsenmeyecek boyuttadır, ancak yeterli de değildir. Söz konusu bor potansiyeli ve elde edilen gelirler karşılığında, ikinci sektörle ilgili önemli ve karalı adımların atılması kaçınılmazdır.

Dünyadaki önemli bor yatakları Türkiye, ABD ve Rusya'dadır. Rezerv açısından bakıldığında B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bazda 363 milyon ton görünür, 522 milyon ton muhtemel olmak üzere toplam dünya bor rezervi 885 milyon tondur. Türkiye'nin bor rezervi 224 milyon ton görünür, 339 milyon ton muhtemel olmak üzere toplam 563 milyon tondur. Dünya toplam bor rezervinde Türkiye'nin payı %64, görünür rezervde %62 olmaktadır. ABD ise 40 milyon ton görünür, 40 milyon ton muhtemel rezervle dünya toplam bor rezervinin %9'una, görünür rezervin de %11'ine sahiptir.

Dünya ve Türkiye'nin bor rezervleri ve ömürleri Çizelge 1.4'de verilmektedir.

Çizelge 1. 4 Dünya ve Türkiye Bor Rezervleri ve Ömürleri(Addemir, 2002: Köse ve ark., 2002)

	Görünür Ekonomik Rezerv	Muhtemel Rezerv	Toplam Rezerv	Toplam Rezervdeki Pay(%)	Rezerv Ömrü(Yıl)
Türkiye	224.000	339.000	563.000	64	389
ABD	40.000	40.000	80.000	9	55
Rusya	40.000	60.000	100.000	11	69
Çin	27.000	9.000	36.000	4	25
Şili	8.000	33.000	41.000	5	28
Bolivya	4.000	15.000	19.000	2	13
Peru	4.000	18.000	22.000	2	15
Arjantin	2.000	7.000	9.000	1	6
Kazakistan	14.000	1.000	15.000	2	10
Toplam	363.000	522.000	885.000	100	610

Dünya bor rezervinin %64'ünü bünyesinde bulunduran Eti Holding A.Ş. Dünya bor pazarında büyük rekabet içinde bulunduğu ABD'nin yerleşik US Borax

firması ile birlikte stratejik bir konumda bulunmaktadır. B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bazında 1,5 milyon ton/yıl civarında olan Dünya bor üretiminden Eti Holding A.Ş. %31,4 ve US Borax %38,9 gibi birbirine nispeten yakın paylar alırken yaklaşık 1,2 milyar US \$ /yıl olan parasal büyüklükten US borax'ın aldığı %70'lik pay, Eti Holding A.Ş.'nin %20 olan payından 3,5 kat daha fazladır. Bunun sebebi Eti Holding A.Ş.'nin 350.000 ton/yıl rafine bor ürünü satışına karşılık, US Borax'ın 1,3 milyon ton/yıl rafine ürün satışı gerçekleştirmesidir. Dünya ve Eti Holding A.Ş. bor satışları Çizelge 1.5'da görülmektedir.

Çizelge 1. 5.Dünya ve Eti Holding A.Ş. Bor Satışları (Addemir, 2002: Köse ve ark., 2002)

	Dünya (Milyon US \$)	EtiHolding (Milyon US \$)	Eti Holding Payı
Ham Bor	167,3	137,2	82,0
RafineBor Ürünleri	715,6	114,5	16,0
Sodyum Perborat	300,0	4,2	1,4
Toplam	1182,9	255,9	21,7

Dünya bor pazarında parasal olarak %70 ile en büyük paya sahip olan US Borax firması, dünyada bir çok ayrı merkezde yürüttüğü üretim, depolama, dağıtım ve pazarlama faaliyetlerini, Eti Holding A.Ş. benzeri fakat daha büyük ölçekli bir organizasyon yapısı ile tek elden kontrol etmekte ve yürütmektedir.

Ülkemiz toplam maden ihracatından elde edilen döviz gelirlerinde, bor ihracat gelirlerinin payı ortalama %70 iken Türkiye genel ihracatında maden ihracatının payı yaklaşık %1,3 ve ham borun maden ihracat gelirleri içindeki payı ise %44'dür.

Bor ticareti, Türkiye'nin tek ham rafine bor üreticisi ve ihracatçısı durumundaki Eti Holding A.Ş.'ye bağlı Eti Bor A.Ş. tarafından gerçekleştirilmektedir. Bor fiyatlarının kamulaştırma öncesinde çok ucuz fiyatlarla yurt dışına pazarlandığı, sonrasında ise fiyatların 7-8 misli arttığı ve ihracat gelirlerinde ciddi artışın olduğu kaydedilmektedir.

Kamulaştırmanın yapıldığı 1978 tarihinden günümüze, özellikle son 10 yıllık dönemde artan üretim, kapasite ve ihracat miktarına rağmen sabit kalan ve hatta azalan gelirlerinin dikkatle incelenmesi, ülke geleceği adına büyük önem

taşımaktadır.

Bugün ihracatının büyük bir kısmını Türkiye'den karşılayan, ABD'de cam elyafı sektöründeki bir tek firmanın yıllık cirosu 5 milyar dolardır. Bu da dünya toplam bor ve bor türevlerinden elde edilen toplam cironun 4,5 katına eşittir.

Bor gelirinin büyük bir kısmını konsantre cevher ve bor türevlerinden sağlayan Eti Holding A.Ş. yeni yatırımlarla kapasitesini ve karını artırmayı hedeflemektedir. Öngörülen yatırımlar gerçekleştirilip, tüm tesisler tam kapasiteyle faaliyete geçtiğinde, diğer bir ifadeyle, dünya bor ihracatı tamamını Eti Holding A.Ş. tarafından karşılanırsa bile toplam ciro ancak, 1,2 milyar dolar olacaktır. Yeni teknoloji transferi olmadan, Türkiye'nin ürettiği boraks (boraks penhidrat-dekahidrat), borik asit ve hidrojen peroksitten oluşan bor ürünleri ve konsantre cevher, milyarlarca dolar ciro yapan yabancı şirketlerin tesislerine ham madde olarak işlenecektir. Kaliteli rezerv üstünlüğümüze rağmen, yurt dışına bor cevheri ve rafine bor ürünü ihraç etmeye devam edildiği takdirde, satış gelirimiz önemli ölçüde artmayacaktır. Örneğin Etibank'ın 1995 yılı bor ihracatı 232 milyon dolar iken, altı yıl sonra artan kapasiteye rağmen, 2001 yılında ihracat gelirleri 206 milyon dolardır. (Addemir, 2002: Köse ve ark., 2002)

## **1.2. Borun Çevresel Etkileri**

### **1.2.1. Borun Havaya Etkisi**

Bor, havaya, doğa ve endüstriyel kaynaklardan yayılmaktadır. Graedel'e (1978) göre doğal kaynaklı okyanusları, volkanları ve jeotermal buharları bor içermektedir. EPA'ya (1987) göre ise bor bileşikleri antropojenik (insan etkinlikleri sonucu) kaynaklar şeklinde havaya karışmaktadır. Borun havaya karışımıyla ilgili hiçbir nicel çalışma bulunamamıştır (US Public Health Service, 1992). Genel olarak bor madenlerinde, bor tozundan dolayı hava yoluyla bora maruz kalınmaktadır. Borik asit ve rafine ürün üretilen yerlerde bor madenlerinde bir metreküp havada 14 mg bor dozu rapor edilmiştir (US Public Health Service, 1992).

### 1.2.2. Borun Toprağa Etkisi

Bor toprakta özellikle Borik Asit ( $H_3BO_3$ ) veya borat olarak bulunur Bor, toprak parçacıkları üzerine absorbe edilmiş olabilir, serbest anyon olarak toprak çözeltisinde bulunabilir veya silikatların bir yapı taşı oluşturabilir (Uygan ve Çetin, 2004). Topraklar genel koşullarda doygun çözeltilerindeki 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 içermekle ve hiçbir bitki için sorun teşkil etmemektedir. Orta borlu topraklar 0,7-15 ppm bor içermekte ve bazı bitkiler için sorun yaratmadığı tespit edilmiştir. Yüksek bor'lu topraklar 15 - 75 ppm bor içermekle ve çoğunlukla bitkiler için tehlikeli olmakta, çok yüksek borlu topraklar ise 75 ppm den fazla bor içermekte olup bunlar bitkiler için tehlikelidir (Ozgul, 1974; Uygan ve Çetin, 2004).

Kumlu, tınlı topraklar için yapılan bir başka sınıflamada ise 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; Uygan ve Çetin 2004)

Yapılan araştırmalarda, bitki bünyesindeki bor miktarının öncelikle toprak pH'sı ile ilgili olduğu gösterilmiştir. Diğer önemli faktörler ise, bitki çeşidi toprağın bor içeriği, toprakta değişebilen iyonların tipi topraktaki dığcı minerallerin miktar ve tipi, toprağın organik madde miktarı, toprağın sıcaklığı, toprağın ıslanma ve kuruma durumu, toprak-su oranı, ışık yoğunluğu ve genetik faktörlerdir (Şimşek ve Velioğlu, 2003).

Borun bitkiler tarafından alınımı etkileyen en önemli toprak özelliği toprak pH'sıdır. Toprak pH'sındaki artışa ve gereğinden fazla kireçlemeye bağlı olarak bitkilerde bor alımı azalmaktadır (Bartleta ve Picarelli, 1973; Bennett ve Mathias, 1973).

### 1.2.3. Borun Suyu Etkisi

Borun suya etkisi iki açıdan mümkündür; Birincisi, içme sularına olan etkisi, diğeri ise tarımsal sulara olan etkisidir. Yapılan araştırmalara göre, bilhassa içme

sularının yüksek oranda bor içermesi insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. İçme suları için, farklı bor sınır değerleri verilmektedir. 1968'de Su Kalitesi Kriterleri Komitesi (Committee on Water Quaatiy Criteria) sınır değeri 1 mg/l olarak belirlemiştir, 1971'de içme Suları Teknik Komitesinin (Drinking Water Standarts Technical Review Committee) incelemeleri sonucunda 1 mg/l sınırını gerektirecek kanıt olmadığına, insan sağlığı yönünde 0,3 mg/l'nin güvenilir bir sınır olduğuna karar verilmiştir (Kalafatoğlu ve ark., 1997: Uygan ve Çetin, 2004). Ülkemizde 1998 yılında yayınlanan Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde içme suları için verilen bor limiti 1 mg/kg olup, bu miktarın 0,1 mg/kg düzeyini aşmamasının ideal olduğu bildirilmektedir.

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 1 mg/l'den fazla bor içeriğine sahip suların sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda sorun yaratabilmektedir (FAO, 1976: Uygan ve Çetin 2004).

Bor bir alana genellikle su ile taşındığından sulama suyunun bor içeriğine göre hem sular hem de bitkiler gruplandırılabilir. Eaton, (1940)'a göre 0,3-1,0 ppm bor seviyesinde bor hassas bitkiler, 1,0-2,0 ppm bor seviyesinde bora orta hassas bitkiler, 0-4,0 ppm bor seviyesinde bora toleranslı bitkiler yetişir.

Richards (1954), Çizelge 1.6'da sulama sularının bor kapsamalarına göre sınıflandırılması ve bu sınıflandırmada yetişen bitkiler görülmektedir.

Farklı iklim, çeşit ve özel şartlar altında tabloda belirtilen bora duyarlılıklarının da değişebileceği unutulmamalıdır. Örneğin sulama suyundaki belirli bir konsantrasyondaki borun, toprak solusyonunun bor içeriği üzerine etkisi, toprak karakteristikleri ve amenajman tedbirleri ile değiştirilebilir.



Çizelge 1. 6.Sulama sularının bor kapsamalarına göre sınıflandırılması ve bitkilerin sulama sularındaki bora toleransları (Richards, 1954).

Sınıfı	Ürün Grubu		
	Hassas	Orta Tolerans	Toleranslı
1-Çok İyi	0,33 ppm	0,67 ppm	1,00 ppm
2-İyi	0,33-0,67	0,67-1,33	1,00-2,00
3- Kullanılabilir	0,67 – 1,00	1,33-2,00	2,00-3,00
4-Şüpheli	1,00-1,25	2,00-2,50	3,00-3,75
5-Uygun Değil	1,25	2,50	3,75
	1,00 ppm	2,00 ppm	4,00 ppm
	Pikan Cevizi	Ayçiçeği	Ilgın(Tamarix)
	Karaceviz	Patates	Kuşkonmaz
	Ing Cevizi	Pamuk	Palmiye
	Filistin enginarı	Domates	Hürmen
	Fasulye	Turp	Şeker Pancarı
	Karaağaç	Bezelye	Hayvan Pancarı
	Erik	Zeytin	Yemeklik Pancar
	Armut	Arpa	Yonca
	Elma	Buğday	Bakla
	Amma	Mısır	Soğan
	Kadota İnciri	Darı	Şalgam
	Trabzon Hurması	Yulaf	Lahana
	Kiraz	Helvacı Kabağı	Marul
	Şeftali	Dolma Biber	Havuç
	Kayısı	Tatlı Patates	
	Dut	Lima Fasulyesi	
	Portakal		
	Avakado		
	Greyfurt		
	Limon		

#### 1.2.4. Borun Hayvanlara Etkisi

Yem ve sularına katılarak veya sondayla doğrudan midelerine konarak deney hayvanlarına verilen Bor, türler arasında önemli farklara rağmen belirli bir yoğunluğa kadar olumsuz herhangi etki yaratmaz ama çok yüksek dozlara çıkıldığında akut zehirlenme belirtileri ve ölüm meydana gelir. Yüksek doz uygulaması uzun sürerse hayvanların teslisleri dejenerasyona uğrar. Yüksek doz gebelere uygulandığı zaman yavru gelişimine zarar verir (Şaylı, 2002). 9000 mg/l

borik asit içeren diyetle beslenen hayvanlarda borun doğrudan plazma, beyin, testis, salgı bezleri, karaciğer, böbrek, kas ve prostat gibi yerlere taşındığı yağ dokusundan daha çok (borun %20'si), kemik dokusunda tutulduğu saptanmıştır (WHO 1998; Velioglu ve ark., 2003). Borik asitin kuş, balık, sucul omurgasızlar ve yararlı böceklerle ve memelilere karşı toksik etkisi yoktur. Ancak, böceklerin orta bağırsağına (midgut) zarar verdiği için besin alınmasını ve alınan besinin sindirilmesini önleyerek böceğin ölmesine sebep olur.

Borik asit günümüzde zararlılarla mücadelede kullanılmaktadır. Bunun nedeni, kısırleştirici etkisinden dolayı böceğin çoğalmasını önlemesidir. Bu amaçla, mısır şurubu su ve borik asitten oluşan karışım bitkilerin kök ve yapraklarına hafta da iki defa özel bir alet ile püskürtülerek bu bitkilere zarar veren böceklerin kısırlaştırılması suretiyle çoğalarak yayılmaları önlenir. İnsan sağlığı ve yaşamına yakın ilişkili olan hamam böceği, ev çıyanı gibi zararlı böceklerle mücadelede de borik asit besin saklama alanları, restoran, manav, ambar, okul, hastane, sağlık ocakları, otel, gemi, otobüs, tavan arası, kanalizasyon, işyeri gibi kapalı alanlarda bazı şekerler ile karıştırılarak oluşturulan formülasyonlar şeklinde kullanılır (Büyükgüzel ve Büyükgüzel, 2004).

Borik asitin hayvanlar için öldürücü dozu hayvanın türüne bağlı olarak hayvanın her kg'ı için 1,2 – 3,45 gram arasında değişmektedir. Hayvanın içme suyunda 2500 mg/l borik asit bulunması büyümeyi engellediği için zararlıdır (DSİ, 1983; Uygan ve Çetin, 2004).

#### **1.2.5. Borun İnsanlara Etkisi**

İnsanlar solunum temas ve sindirim yolu ile bor bileşiklerini vücutlarına almaktadırlar. Bor madeninin çıkarıldığı veya işlendiği yerlerde gaz veya toz halinde vücuda alınması solunum veya temas yolu ile olmaktadır. Borun sindirim yolu ile alınması, bor açısından zengin topraklarda yetiştirilen bitkilerin yenilmesi, yüksek miktarda bor içeren sulara avlanan balık gibi su ürünlerinin tüketilmesi, bor içeren tarım ilaçları ile ilaçlanan veya bor gübresi uygulanan bitkilerin yenilmesi, veya bor kaynaklarına yakın bölgelerden elde edilen içme sularının içilmesi ile

gerçekleşmektedir. Borun temas yoluyla alınmasında temizlik, kozmetik maddeleri ve ilaçlardan kaynaklanmaktadır. Bor ile sürekli temas edilmesi halinde borik asitin deriye zarar verdiği deney hayvanları, yetişkin ve çocuklar üzerinde yapılan araştırmalar ile ortaya çıkarılmıştır. (WHO,1998: Velioğlu, 2003)

1899'da Merc Manual'ın yayınladığı bir yayında kadınlarda adet yokluğu, adet düzensizliği, epilepsi, ürik asit yüksekliği ve vücuttaki tüm düzensizliklerin tedavisinde bor'un en yaygın formunun borik asit olduğu vurgulanmıştır. Son yıllarda daha çok Bor'un eklem ve kemik sağlığı açısından önemi üzerinde durulmaktadır. Ayrıca beyin fonksiyonları ile ilgili çalışmalar da yapılmaktadır (Murray, 1998). Bor vücuttaki kalsiyum, magnezyum ve fosfor absorpsiyonunu dengeleyici rolü ile kemik sağlığı açısından önemli bir elementtir. 1994 de kadın atletlerle yapılan bir çalışmada, bor'un kandaki fosfor seviyesini azalttığını ve magnezyum konsantrasyonunu artırdığını göstermiştir. Bu iki değişken kemik yapımında çok önemlidir.

En yaygın olarak osteoartrit, osteoporoz ve romatoid artirit'in tedavilerinde kullanılmaktadır. Bor, bu hastalıkları önlediği gibi tedavilerinde de önemli yer teşkil etmektedir. Günlük 3 mg bor alımı menopozlu kadınlardaki östrojen etkisini artırmaktadır. Bu etki osteoporoz tedavisi için borun önemini vurgulamaktadır (Nielsen F.H., 1987).

Yapılan bir çalışmada kronik kalp hastalıklarına iyi geldiği ve HDL kolesterolde azalma sağladığı rapor edilmiştir (Samman ve ark., 1998).

Borun başlıca etkileri;

- Bağışıklık sistemini güçlendirir,
- Optimal dozda ömür uzunluğunu artırır,
- Beyinde atikliği ve bilmeye ait performansın güçlenmesini sağlar,
- Hormon seviyesinin ayarlanmasında,
- Osteoporozun önlenmesinde,
- Osteoartritin önlenmesinde,
- Cilt ile ilgili müzmin hastalıklar,
- Romatizma,
- Vajinal enfeksiyonlar ve

- Kanser tedavisinde (BNCT yöntemi) rol oynar (Gregory ve Kelly, 1997).

Diyetle alınan günlük bor miktarı yaş ve cinsiyete göre değişkenlik gösterir. Tüketilen gıdalardan, erkekler bayanlara göre daha fazla bor alır ve yaş ilerledikçe bor alımı da artış gösterir. Diyetle alınan günlük ortalama bor miktarı 0-2 yaş çocuklarında 853 mg, 25-30 yaş grubu bayanlarda 690 mg, erkeklerde 890 mg, 60-65 yaş grubu bayan ve erkeklerde sırasıyla 754 mg, 883 mg olarak saptanmıştır. Bebeklerin ihtiyacını karşılayan en iyi (ortalama %54) kaynak ise Bor katkılı mamalardır (Anderson ve ark., 1994; Meacham ve Hund, 1998; Ramey ve ark., 1998; Velioğlu ve ark., 2003).

İnsanlar için borik asitin en düşük öldürücü dozları ağız yolu ile alındığında 640 mg/kg, deri yoluyla temasla alındığında 8600 mg/kg, doğrudan enjeksiyonla alındığında 29 mg/kg'dır. Öldürücü doz çocuklarda 3-6 g/gun yetişkinlerde 15-20 g/gundur. Fakat gerçekte literatürde belirlenmiş kesin bir öldürücü doz yoktur. İnsanlarda görülen bor toksisitesine ait belirtiler (500 mg dan fazla dozları) bulantı, kusma, baş ağrısı, karın ağrısı ishal, kas kasılması, şok, halsizlik sindirim ve merkezi sinir sisteminde görülen düzensizlikler, salgı bezlerinin çalışmasında görülen bozulmalar ile deride kızarıklık gibi cilt lezyonlarıdır (Hunt,1996; WHO,1998; Anonim,2000; Velioğlu ve ark., 2003).

Bor hangi yolla vücuda girerse girsin karaciğer beyin ve böbreğide içine alan vücudun değişik parçalarını dolaştıktan sonra bağırsaklara gelir. Borun insan vücuduna girmesini hızlandıran etkenlerin ne olduğu konusunda yeterli bilgi yoktur (US Public Health Service 1992). Borun vücuttan atılma şekli insan ve hayvanlarda aynıdır. Vücuttan atılma süresi birkaç günden birkaç saate kadar değişmektedir. Ancak genelde vücuda alınmış borun yarısı ilk birkaç saat veya en geç 1-2 gün içerisinde uzaklaşmaktadır. İnsanlar üzerinde yapılan bir araştırmada, sindirim yolu ile verilen düşük dozdaki borik asitin %90'dan fazlasını 96 saat içerisinde böbreklerden atıldığı saptanmıştır (Mastromatteo ve Sullivan, 1994; WHO,1998; Velioğlu, 2003).

### 1.2.6. Borun Bitkilere Etkisi

Bor, bitkilerde önemli metabolik işlevlere sahiptir ve toprakta bor bulunmaması durumunda bitki gelişimi durmaktadır (Loomis ve Durst 1992: Velioğlu ve ark., 1999).

Sulama sularının ve bu sularla sulanan tarım alanlarının çeşitli toksik elementlerce kirlenmesi tarımsal üretimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Sulama suyundaki bor konsantrasyonunun belirli sınırları aşması halinde bitki büyümesi durmakta, bitki yaprağında sararma, yanma ve yarılmalar, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve buyume hızının yavaşlaması ile bitki veriminin azaldığı gözlenmektedir. Toplam borun büyük bir kısmı, bitki tarafından kullanılmaz. Toprakların toplam bor içeriği 2-200 ppm arasında değişir ve bitkiler bu miktarın % 5'inden daha az bir kısmından yararlanabilir. Bitkilere zarar verecek bor miktarı, aynı zamanda toprak kalitesinden, drenaj kolaylığından ve iklim değişimlerinden etkilenmektedir. Çok kum iklimlerde ve hafif toprakta borun birikme olasılığı daha fazladır (Uygan ve Çetin 2004).

Bor, bitkileri geliştirmek için kullanıldığı gibi gelişimi önlemek için de kullanılabilir. Yabani ot kontrolünde ve toprak sterilizasyonunda, yanmayı geciktirici özelliği ile otoyollar ve demiyolları kenarlarındaki alanları da, petrol rafinerileri ve kereste depoları gibi alanlarda bitkileri tamamen yok etmede kullanılır. (Kalafatoğlu, 1997: Uygan ve Çetin, 2004 )

#### 1.2.6.1. Bitkilerin Bor Alımı

Bitkilerin boru pasif absorpsiyon yolu ile  $B(OH)_3$  şeklinde aldıkları bilinmesine rağmen, biraz da olsa aktif absorpsiyon yolu ile  $B(OH)_4$  şeklinde de alınır. Bor bitkilerde tepe noktalarına kadar ksilem iletim boruları içerisinde taşınır. Borun alınması ve iletim borularında taşınması bitkinin su alımı ile yakından ilgilidir. Bu yüzden bitkilerin bor alımlarında önemli farklılıklar vardır. (Kacar ve Katkat, 1998).

### 1.2.6.2. Bitkilerde Borun Metabolik İşlevleri

Bitki gelişmesi için mutlak gerekli element olduğunun belirlendiği 1923 yılından günümüze değin borun bitkilerdeki fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri üzerinde pek çok araştırma yapılmıştır. Ancak açıklığa kavuşturulamamış pek çok nokta bulunması nedeniyle konu üzerindeki çalışmalar günümüzde de yoğun şekilde sürmektedir. Bitkilerdeki metabolik ve fizyolojik işlevlerine ilişkin bilgiler bor noksanlığında ve uygulaması durumunda bitkilerdeki değişimlere bakılarak belirlenmeye çalışılmaktadır. Bor bitkilerde:

- Şekerlerin taşınmasında,
- Hücre duvarı sentezinde,
- Lignifikasyon olgusunda,
- Hücre duvarı yapısının oluşumunda,
- Karbonhidrat metabolizmasında,
- RNA metabolizmasında,
- Solunumda,
- İAA (indolasetik asit) metabolizmasında,
- Fenol metabolizmasında,
- Biyolojik membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde

önemli ve belirgin işlevlere sahiptir ( Kacar ve Katkat, 1998).

Bor, hücre duvarı komponentleri ile tepkimeye girerek polihidroksil bileşikleri oluşturmak suretiyle hücre zarının ince yapıda olmasında ve güçlü bir şekilde sentezlenmesinde rol oynar. Yeterli düzeyde bor içermeyen bitkilerin hücre duvarlarında belirgin şekil bozuklukları ortaya çıkar.

Meristematik dokuların gelişmesinde, polen tüplerinin büyümesinde, polenlerin gelişme ve çimlenmelerinde bor önemli etkinliğe sahiptir. Bor bu nedenle vejetatif gelişmeye göre generatif gelişmede daha büyük önem taşımaktadır. Bor eksikliğinde bitkilerin kök uzamalarında gerileme ya da durma ve köklerin çalılışmış bir görünüm alma durumu gözlenmektedir. Çünkü kök uzaması hücre duvarı sentezi ve hücre bölünmesi ile doğrudan ilişkilidir.

### 1.2.6.3 Bitkilerde Bor Alımına Etki Eden Faktörler

#### 1.2.6.3.(1). Ortamda Borun Bulunma Oranı

Borun az bir kısmı da suda çözünür durumda bulunur. Topraklarda ise ana materyal ve ana materyalin dağılıp parçalanma derecelerine bağlı olarak toplam bor içeriği 20 mg/kg ile 200 mg/kg arasında değişir. (Kacar ve Katkat, 1998) Ilıman kuşakların topraklarının ortalama bor içeriği 5-80 mg/kg arasında bulunmaktadır. Bunun yanında kumlu toprakların bor içeriği 5-20 mg/kg, Killi ve humuslu toprakların bor içeriği ise 30-80 mg/kg dır. Toprakların bor içeriği ile kil ve organik karbon içeriği arasında bir korelasyon vardır. (Schobel, 1993) Bor,

1) Killerin ve demir ile alüminyumun sulu oksitlerinin yüzeylerine adsorbe edilmiş şekilde,

2) Organik maddelere ester biçiminde bağlanmış olarak,

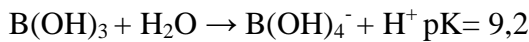
3) Kayalar ve mineraller şeklinde,

4) Toprak çözeltisinde bağımsız iyonize olmamış borik asit( $H_3BO_3$ ) ve  $B(OH)_4^-$  iyonları şeklinde bulunur (Kacar ve Katkat, 1998).

Lav kayalarından çıkarılan topraklar genelde dünyanın tropikal bölgelerinde bulunur. Bu topraklar sediment kayalarından oluşan topraklara göre daha az bor içeriğine sahiptirler. Sediment kayaları kurak ya da yarı kurak bölgelerde bulunur.

#### 1.2.6.3.(2). pH

Toprağın pH'sı bitkilerin topraktan boru alımlarına etki eden faktörler arasında en önemlilerinden biridir. Topraktaki çözünmüş bor içeriği pH ile sıkı bir korelasyon verir. Eğer toprak çözeltisinin pH'sı yüksekse bor bitkiler tarafından alınmaz hale gelir. Bu nedenle kireç uygulaması bazen bitkilerde bor eksikliğine yol açar (HO., 2000). pH değeri 7'nin altına düşerse borun tamamı disosiyasyon olmadan  $B(OH)_3$  şeklinde bulunmaktadır. Yüksek pH değerinde ise aşağıdaki eşitliğe göre  $B(OH)_4^-$  iyonları oluşmaktadır:



pH değeri 7 olduğunda ise toprak çözeltisindeki çözülmüş borun % 99'u  $B(OH)_3^0$  ve % 0,9'u  $B(OH)_4^-$  şeklindedir.

Bitkiler topraktan boru  $B(OH)_3^0$  şeklinde almaktadırlar. Toprak çözeltisindeki ya da doygunluk ekstratındaki B içeriği ve sıcak su ile ekstrakte edilebilen B, bitkilerin yararlanabileceği bor içeriğinin ölçüsü olarak kabul edilmektedir (Schobel, 1993).

#### **1.2.6.3.(3). Ortam Nemi**

Bitkilerin topraktan bor alımı kuru topraklarda daha azdır. Bu nedenle kurak bölgelerde bor eksikliği daha sık görülmektedir. Sulama ve kuruma döngüsü bor fiksasyonunu artırmaktadır (HO., 2000). Nemin bitkilerin topraktan bor alımına etkisi, sera ve tarlalarda yapılan pek çok çalışma ile de doğrulanmıştır( Kacar ve Katkat, 1998).

#### **1.2.6.3.(4). Sıcaklık**

Yüksek sıcaklıklarda toprağın bor adsorpsiyonu yüksektir. Bu durum toprağın nemi ile sıcaklığı arasındaki ilişkiyi de yansıtır. Bu nedenle kuru yaz sıcaklarında bitkilerde bor eksikliği oldukça sık rastlanan sorunlardan biridir.

#### **1.2.6.3.(5). Organik madde**

Sıcak su ile ekstrakte edilebilen bor ile toprağın organik madde içeriği arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır.

#### **1.2.6.3.(6). Element etkileşimleri**

Bor ve kalsiyum ilişkisi bitkilerin topraktan boru alımındaki çok önemli bir husustur. Diğer elementlerin topraktaki konsantrasyonu bor alımını kalsiyum kadar etkilemezler. Bor uygulaması bitkilere azot uygulamasını kolaylaştırır. Bor bitkilerin



verimini artırmak için uygulanan azot bileşiklerinin bitkiye geçişini sağlar.

Bor ile potasyum arasında da önemli bir ilişki bulunmaktadır. Eğer ürüne aşırı potasyum uygulaması yapılmışsa ürünün verim düşüşünü önlemek için bor uygulaması yapılması gerekmektedir (HO., 2000).

Kalsiyum, magnezyum ve bor arasında önemli bir korelasyon bulunmaktadır. Topraktaki kalsiyum ve magnezyumun düşük yüzdeleri bitki tarafından barındırılırken, bor bitkilerde akümüle edilmektedir. Düşük konsantrasyonlarda çinkonun ve yüksek konsantrasyonlarda fosforun bitkilerde bor birikmesini artırıcı etkide buldukları tespit edilmiştir. Bundan dolayı çinko bitkilerde borun aşırı birikerek toksik etki oluşturmasını da önlemektedir (HO., 2000)

#### **1.2.6.3.(7). Bitkisel Faktörler**

Bitkiler topraktan bor alımlarına göre farklılıklar göstermektedirler. Bu farklılığın sebebi büyümeleri için farklı miktarlarda bora ihtiyaç duymalarıdır. Bor eksikliği kuru ağırlığının kilogramı başına mg B olarak belirtilir. Buğdaygiller (gramineler) için kritik değer 5-10 mg B'dur. Çift çenekli bitkiler (dikotiller) için 20-70 mg B'dur. Özsuyu süt benzeri olan bitkiler için ise 80-100 mg B'dur. Bitki türlerindeki bu farklılık, hücre duvarı yapılarının farklılığından kaynaklanır. Buğdaygillerde hücre duvarları çok az pektik materyal içerir ve ayrıca daha az kalsiyuma gereksinim duyarlar. İlginç olarak bu iki bitki türünün silisyum alım kapasiteleri de farklılık göstermektedir. Silisyum alımının bor ve kalsiyum gereksinimi ile ters ilişkisi vardır. Bu üç element de hücre duvarının yapısında temeldirler. Bor ve kalsiyumun ilişkisi fizyolojik temellidir. Bu iki element hücre duvarında benzer yapısal fonksiyonlar gösterirler. Bu benzerlik, bor ve kalsiyum eksikliği belirtilerinin de benzer olacağı anlamına gelmektedir (HO., 2000).

#### **1.2.6.4. Bitkilerde Bor Eksikliği**

Bor eksikliği, bütün dünyada ılıman bölgelerin alkali topraklarında ve aynı zamanda kurak bölgelerin alkali topraklarında yaygındır. Bunun nedenleri; asit

topraklarda  $B(OH)_3$ 'ün adsorpsiyonunun düşük olması nedeniyle kuvvetli bor yıkanmasının olması ve alkali topraklarda ise  $B(OH)_4^-$ 'in adsorpsiyon sonucunda kuvvetli bor fiksasyonunun gerçekleşmesidir. Ilıman bölgelerde bor eksikliği özellikle kurak ve sıcak geçen yıllarda kumlu topraklarda, aynı şekilde kurak yerlerdeki kilce zengin topraklarda ortaya çıkmaktadır ( Schobel, 1993).

Bor eksikliği öncelikle büyüme noktalarına zarar verdiği için bitkilerde büyümenin yavaşlamasına neden olur. Genç yapraklar büzülüp kıvrılır, çoğu zaman kalınlaşır ve koyu mavi, yeşil bir renk alır. Boğum araları kısalır, büyüme bodurlaşır, bitki çalılışmış bir görünüm kazanır. Transpirasyondaki düzensizliğin bir yansıması olarak yapraklar ve dallar kolay kırılabilen gevrek bir yapı alır. Bor eksikliğinin ileri aşamalarında büyüme noktaları ölür, genelde büyüme olumsuz şekilde etkilenir. Tomurcuk, çiçek ve meyve gelişimi azalır ya da tamamen durur. Olgun yapraklarda damarlar arası kloroz oluşur ve yaprak ayasında şekil bozukluğu görülür. Yaprak sapları ve gövde kalınlaşır. Yumru köklü bitkilerde yumruların depolanmaları sırasında öz çürüklüğü meydana gelir ve Pazar özelliklerini yitirmiş olurlar ( Kacar ve Katkat, 1998).

#### 1.2.1.5. Borun bitkilerdeki zararlı etkileri

Ilıman iklim kuşaklarındaki bitkilerde bor toksisitesi ender görülmekle beraber genelde yüksek miktarda bor gübresi kullanımından ileri gelmektedir. Bor toksisitesi kurak ve yarı kurak bölgelerde büyük öneme sahip olmaktadır. Buralarda doğal olarak tuz akümülayonu veya yüksek miktarda sulama sularının kullanılması ile toprağın bor bakımından zenginleşmesine yol açılmaktadır.

Bunların dışında topraklarda bor birikmesi atık suların ve arıtma çamurlarının kullanılmasından ileri gelmektedir. Atık sularda ve arıtma çamurlarındaki borun temel kaynağı evlerde kullanılan deterjanların içerdikleri beyazlatıcı madde olan %10-25 perborattır. Atık sular içinde bulunan bor bileşikleri yüksek çözünürlükleri nedeniyle atık suların arıtılması sırasında tutulamazlar ve büyük kısmı sulara karışırlar. Borla kirlenmemiş yüzey suları 0,05-0,1 mgB/L içermeleri yanında borla zenginleşmiş sulama sularında 0,6 mgB/L'ye kadar ölçüm yapılmıştır. Bu

konsantrasyonda suda yetişen duyarlı bitkilerde bor toksisitesi beklenebilir ( Schobel, 1993).

Bor toksisitesine en duyarlı bitkilerin başında asma, incir ve fasulye gelir. Orta derecede duyarlı bitkiler arpa, bezelye, mısır, patates, yonca ve domates bitkileridir. Şalgam, şeker pancarı ve pamuk bor toksisitesine en dayanıklı bitkiler arasındadır.

Bor fazlalığında yaşlı yapraklarda yaprak uçları sararır ve nekrozlar oluşur. Daha sonra belirtiler yaprak kenarlarına ve orta damara doğru yayılır. Yapraklar yanık bir görünüm alır ve erken dökülür (Kacar ve Katkat, 1998).

Bor elementinin gerçek işlevi ne olursa olsun, en belirgin özelliği kök gelişiminde ortaya çıkmaktadır. Bu da Brown ve Ambler (1969)'ün yapmış oldukları araştırmada (Çizelge 1.7 ) besin çözücündeki bor elementi yoğunluğuna cevaben soya fasulyeleri köklerinin gelişimi üzerine ortaya koyan verileri ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Kök gelişiminin yavaşlaması genelde besin ile birlikte alınan bor elementinin 24 saat içerisinde tutumu ile gerçekleşir. Bu net bir şekilde bor elementinin hücre formasyonu ve gelişiminin ilk basamağındaki hücresel süreçlere etki eder. Aynı zamanda gelişen kökler, bor elementi çevrede yokken bir depo olarak görev yapan bor rezervlerini biriktiremediğini gösterir. Bor elementi, bol miktarda bor elementi içeren besin çözücündeki kök ucundan bor elementi olmayan aynı kök sisteminin bir diğer ucuna aktarılamaz.

Çizelge 1. 7.Besin çözücündeki bor elementi yoğunluğuna karşı soya fasulyesi köklerinin miktarı (Brown ve Ambler, 1969).

Bor elementi (uygulanan) mg/L	0	0.035	0.105	0.140
Yeni köklerin miktarı wt. (g)	10.6	10.7	16.2	17.5

Bitki kökleri görünüşe bakılırsa normal bir gelişim için sürekli olarak bor elementine ihtiyaç duyar. Gelişen köklerde bor eksikliğine karşı aşırı hassasiyet bitki içerisindeki bor elementinin genellikle yerinin sabit olmasını gerektirir. Bu olay, bor elementinin, bol miktarda, bor içeren kök ucundan, bor elementi olmayan aynı kök

sisteminde bir başka kök ucuna aktarılmadığını saptayan Albert ve Wilson (1961), tarafından kök sistemlerinde kanıtlanmıştır.

### 1.3. Bitkisel Arıtım (Phytoremediation)

Son yıllarda kullanılmaya başlanan fizikokimyasal arıtma tekniklerinin çoğu, aşırı derecede kirlenmiş suların yerinde veya başka bir yerde gerçekleştirilen arıtımlarında yararlanılan ana yöntem olmaktadır. Bu yöntemler, düşük kirletici içeriğine sahip ve kirleticilerin yapay ve dağınık olarak bulunduğu geniş kirlenmiş alanların iyileştirilmesi için yeterince uygun olmayan tekniklerdir (Rulkens ve ark., 1998). Bu durumda diğer yöntemlere kıyasla bitki ile iyileştirme ucuz bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Daha düşük maliyet, insan popülasyonu ve ekosistem için risk faktörünün kabul edilebilir sınırlarda olması durumunda, iyileştirme sürecinin nispeten daha uzun bir süreyi kapsamamasına karşın bitki ile iyileştirme yöntemlerinin kullanıldığı uygulamalar, bir problem olarak görülmeyecektir (Rulkens ve ark., 1998). Bu bağlamda bitki anlamındaki “*phyto*” ile ıslah anlamındaki “*remediation*” kelimelerinden türetilen ve 1991’de terminolojiye giren “*phytoremediation*”, “*bioremediation*”, “*botanical remediation*” ve “*green remediation*” olarak da anılmaktadır (EPA, 2000). Türkçe’de “Yeşil Islah” olarak kullandığımız bu ifade bitki temel alınarak çevreyi ıslah etme teknolojileridir. Bu teknoloji ile organik ve inorganik maddeler bitki kullanılarak kirlilik oluşturduğu alandan bertaraf edilebilmektedir (Henry, 2000). Atıksu iyileştirmede kullanılan yeni bir yöntemdir.

Yeşil ıslahın çeşitli olumlu ve olumsuz yönleri vardır (EPA, 2000; Farrell ve ark., 1999; Henry, 2000; Sutherson, 1999). Yeşil ıslahın fizikokimyasal teknolojilerden çok daha kolay uygulanabilirliği ve bir çok organik ve inorganik kirleticide etkili olması, bu sistemlerin kuruluşu ve ıslah maliyetinin diğer teknolojilere göre çok (4-1000 kat) daha ucuz olması önemli olumlu yönleridir (Sadowsky, 1999). Sistem doğal ve yapay ortamlarda kullanılabilir. Yani kirlilik etmeni, bulunduğu yerde veya başka bir ortama taşınarak bertaraf edilebilir. Bu amaçla kurulmuş alanlar eğitim ve rekreasyon gibi çeşitli amaçlarla kamuya açık

yeşil alanlar olarak hizmet verebilen ve sempati ile karşılanan alanlardır. Bitkilere bakım işlemleri, yenileme dahil düzenli yapıldığında sistem çok uzun ömürlüdür. Yerinde yapılan uygulamalarda kirlilik etmeninin alandan taşınma oranı çok düşük (yaklaşık % 5) olup, çevreye (hava ve su) yayılması da çok zayıftır. Bu teknolojinin en önemli olumsuz yönü ise; çok ağır düzeylerde kirlenmiş alanlarda bitkilerin kısa sürede etkinliğini gösterememesidir. Bu nedenle ancak düşük düzeylerde kirlenmiş alanlarda kullanılır. Sistemin etkinliği kök derinlikleri ve iklim koşulları ile sınırlıdır. Doğal olmayan bitkilerin bu amaçla kullanılması biyolojik çeşitliliği olumsuz yönde etkileyebilir. Yeşil ıslahın farklı kategorileri vardır.

### 1.3.1. Bitkisel Özümleme (Phytoextraction)

Bazı bitkilerin topraktaki organik veya inorganik kirlilik etmenlerini kök veya sürgünlerine almasından yola çıkılarak oluşturulmuş bir teknik olup, genelde ağır metallerle kirli toprakların ıslahı amacıyla kullanılmaktadır. Dağınık olarak kirli alanların iyileştirilmesi için çok geçerli bir yöntem olup, bulaşık alana dikilen arıtım yeteneği olan bitkinin budanması veya sökülmesi ile kirlilik etmenleri alandan uzaklaştırılır. Biçilen veya budanan bu kısımların yeniden kullanılabilmesi önemli bir avantajdır. Çünkü bu bitkiler diğer bitkilere oranla bünyelerinde 100 kata kadar daha fazla kirlilik etmeni biriktirebilir. Hasat edilen kısımlar gübre olarak kullanılabilirdiği gibi, içindeki ağır metaller yeniden elde edilebilir.

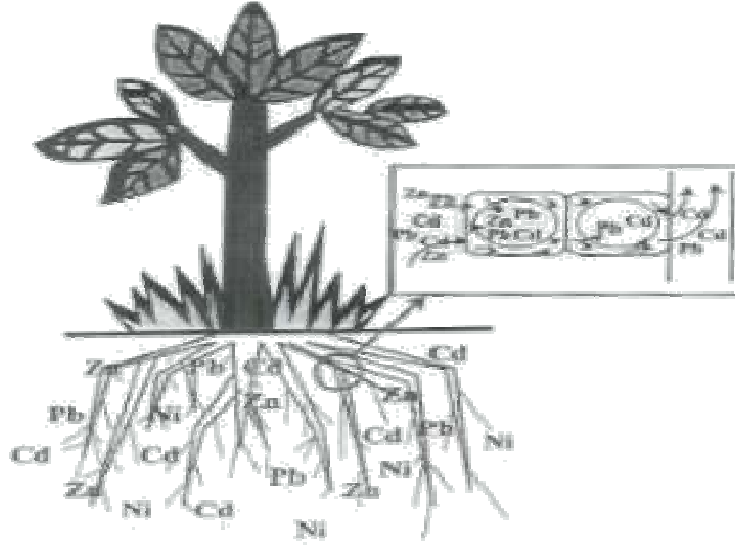
Bitkisel madencilik (*phytomining*) denilen bu yöntem; işlenerek çıkarılması ekonomik olmayan maden cevherlerinin elde edilebilmesi yolunu açmaktadır. ABD’de bu yolla altın ve nikel gibi elementler geri kazanılmaktadır (EPA, 2000: Pivetz, 2001: Sutherson, 1999). Bu yöntem için uygun ve çoğu *Brassicaceae*, *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae* ve *Scrophulariaceae* familyalarından olmak üzere bünyesinde ağır metal biriktirebilen 400 kadar tür saptanmıştır. Bunlar arasında *Alyssum wulfenianum*, *Brassica juncea*, *Eichornia crassipes*, *Helianthus*, *Hibiscum cannabinus*, *Medicago sativa*, *Morus rubra*, *Nicotiana tabacum*, *Oryza sativa*, hibrit *Populus*’lar, *Salix nigra*, *Streptanthus polygaloides* ‘Gray’, *Taxodium distichum* bazı *Thlasi* türleri, *Typha*, *Festuca arundinacea* gibi bazı çim türleri ve algler bulunur.

Bitkilerin kirli topraklarda yetişebilmesi için toprak pH'sının ayarlanması gibi bazı önlemlerin alınması da gerekebilir. Kirlilik taban suyuna geçmişse bitki köklerinin ulaşabileceği derinlik dikkate alınmalıdır (EPA, 2000; Garbisu ve Alkorta, 1997; Hossner ve ark., 1998; Jhee ve ark.1999; Pivetz, 2001).

### 1.3.2. Köklerle Süzme (Rhizofiltration)

Köklerde süzülme, biyotik ve abiyotik işlemlere bağlı olarak kirleticilerin köklerin içine alınması veya bitki köklerin üzerinde yapışıp kalmasıdır(*adsorpsiyon*). Bu işlemlerin oluşu sırasında kirleticiler bitkiye alınabilir ve taşınabilir. Burada temel olan kirleticilerin bitki üzerinde veya içinde hareketsizliğinin sağlanmasıdır. Kirleticiler daha sonra çeşitli yollarla bitkiden alınabilir. Bu yöntem yer altı suları, yüzey suları ve atıksularda uygulanmaktadır. Karasal ve sucul bitkilerin kullanılmasına olanak tanınması sistemin avantajıdır. Ayrıca sistem doğal ortamlarda uygulanabilirliğinin yanı sıra havuz, tank, gölet gibi yapay alanlarda da uygulanabilir. Yani kirlilik kaynağında veya uzakta bertaraf edilebilir. Kirli suyun kirleticilerin bitki tarafından alınmasına olanak tanıyacak pH düzeyine getirilmesi, su akış hızının kontrol altına alınması ve bitkilerin belirli aralıklarla yenilenmesi için iyi bir mühendislik sistemi gerektirir.

Kirleticiler bazı bitkilerce başarıyla alınarak atıksudan arındırılmaktadır. Örneğin *Brassica juncea* (Pb, Cd, Cu, Ni, Zn, Cr, Cs, Sr), *Myriophyllum spicatum* (Pb, Cd, Cu, Ni, Zn) ve *Helianthus annuus* (U, Co, Cs, Sr, Cr, Mn, Cd, Ni, Cu, Pb, Zn), *Eichornia crassipes*, *Hydrocotyle umbellata* ve *Lemna minor* türleri birçok kirlilik etmenine karşı kısa sürede başarılı olmuştur (EPA, 2000). Bu teknolojiye karasal bitkilerin kullanılabilmesi için ince bir toprak tabakasının olduğu yüzen platformlar gerekir. (Henry, 2000). Çernobil yakınlarında oluşturulan bir küçük havuzdaki platformlarda yetiştirilen *Helianthus annuus* dört ve sekiz haftada bünyesinde çok fazla miktarda Cs<sup>137</sup> ve Sr<sup>90</sup> biriktirmiştir (Pivetz, 2001).



Şekil 1. 1 Bitki Köklerindeki Metal Alımı

### 1.3.3. Köklerle Sabitleme (Phytostabilization)

Bu yöntem doğal ortamda toprağın stabil hale getirilmesi için uygulanır. Burada bitkinin yetiştiği toprağın içindeki kirlilik etmenlerinin kökler çevresinde veya içinde biriktirilmesi ya da tutulmasının yanı sıra kirleticilerin rüzgar, su erozyonu, yıkanma ve toprak dağılması ile taşınmasının engellenmesidir. Bitkinin kök çevresi mikrobiyolojisi ve kimyası ile yakından ilişkili olan sistemde bitki kirletici etmenin yapısını suda eriyemez-taşınmaz şekilde değiştirebilir.

Köklerle sabitleme toprak, sediment ve çamurda uygulanabilir. Toprak taşınmasını gerektirmemesi önemli bir avantajdır. Ayrıca alan bitkilendirildiği için ekosistemi zenginleştirilir. En önemli dezavantajı kirlilik etmenlerinin alanda kalarak uzun zaman içindeki değişikliklerle taşınabilmesi veya yıkanarak taban suyuna karışabilmesidir. Sistemde gübreleme ve toprak ıslahı çalışmalarına maksimum stabilizasyon etkisini sağlamak için gerek vardır. Kök derinliği sistemin etkinliği bakımından çok önemlidir. Örneğin kavak kökleri 150-300 cm derinlikler için düşünülebilir. Stabilizasyon bitkiye bağımlı olup, bu amaçla *Populus* (As, Cd, Ca, Zn), *Brassica juncea* (Cr, Pb), *Andropogon gerardii*, *Festuca arundinacea* ve *Glycine max* kullanılmaktadır (EPA, 2000). Hibrit bir kavak Güney Dakota

(ABD)'daki bir çalışmada ilk yıl 12 m büyüme kaydederek bünyesinde tahmin edilenden çok daha yüksek miktarlarda As ve Cd biriktirmiştir (Pivetz, 2001; Sutherson, 1999). *Agrostis tenuis* cv. Goginan (asidik Pb ve Zn), *Agrostis tenuis* cv. Parys (Cu) ve *Festuca rubra* cv. Merlin (kalkerli Pb ve Zn) çeşitleri İngiltere'de (Liverpool) yapılan bir alan çalışmasından sonra ticari ölçekte uygun olarak saptanmıştır (Henry, 2000).

#### 1.3.4. Köklerle Bozunum (Rhizodegradation)

Köklere bozunum, kök çevresindeki mikroorganizmaların zenginleştirilerek organik kirleticilerin toprakta bozulması işlemidir. Kök çevresinde mikrobiyal aktiviteleri etkileyen ve köklerden bırakılan şeker, amino asit, organik asit, yağ asitleri, sterol, büyüme etmenleri, *nükleotid*, *flavanon* ve enzimler bulunur. Kirlilik yaratan organik bileşikler de bu çevrededir. Kökle bozunumun en önemli yararı kirleticilerin doğal ortamda yok olmasıdır. Ancak bunlar bitki veya atmosfere az da olsa taşınır.

Köklere bozunum petrol artıkları, *polycyclic aromatik* hidrokarbonlar, *benzen*, *toluene*, *ethylbenzen*, *xylene*, pestisitler, klorlu çözücüler, *pentachlorofenol*, *polychlorinated bifeniller* gibi kirlilik etmenlerine karşı uygulanabilir. *Morus rubra*, *Malus fusca*, ve *Maclora pomifera* bitkisi fenolik bileşiklerin bozulmasında etkilidir. Bu amaçla ayrıca *Andropogon gerardi*, *Agropyron desertorum* (*penta chlorofenol*), *Agropyron smithii*, *Bouteloua curtipendula* ve *B. gracilis* (*polycyclic aromatik hidrokarbonlar*), *Elymus canadensis*, *Festuca arundinacea*, *F. ovina duriuscula*, *F. rubra* (*polycyclic aromatik hidrokarbonlar* ve *pentachlorofenol*), *Glycine max* (klorlu çözücüler), *Kochia* sp. (herbisitler), tek yıllık *Lolium* (petrol artığı hidrokarbonlar), *Lespedeza cuneata*, *Maclura pomifera* ve *Malus fusca* (fenolik bileşikler), *Medicago sativa*, *Mentha spicata* (fenolik bileşikler), *Morus rubra* (fenolik bileşikler), *Oryza sativa* (*propanil*, *Pinus taeda*, *Populus deltoides* x *nigra* DN-34, *Populus* x *canadensis* (*benzene*, *toluene*, *ethylbenzene*, *xylene*), *Schizachyrium scoparius*, *Sorghastrum nutans*, *Sorghum vulgare*, *Stenotaphrum secundatum* (petrol artığı hidrokarbonlar) ve *Thypha latifolia* (surfactanlar) başarıyla kullanılmıştır. Bu bitkiler



kök çevrelerinde uygun bakteri gelişimini sağlayarak da bozunmayı etkiler (EPA, 2000; Pivetz, 2001; Sutherson, 1999).

### 1.3.5. Bitkisel Bozunum (Phytodegradation)

Bitkisel bozulum, olarak da bilinen *phytodegradation* kirletici etmenlerin bitki bünyesine alınarak metabolizma işlemleri sırasında değiştirilmesidir. Bozunma işlemi bitkinin dışarıya bıraktığı bileşiklerle bitki dışında da olabilir. *Phytodegradation* işleminde bitkinin kirletici etmeni bünyesine alması gerekir. Bu işlem genellikle kök bölgesi ile hatta en uç kök kısımları ile sınırlıdır.

Organik bileşiklerin bitki bünyesine alınabilmesi eriyebilirliği, bitki tipi, kirlilik etmeninin toprakta kalma süresi veya eskiliği ile toprağın fiziksel ve kimyasal yapısına bağlıdır. Hemen eriyebilen bileşiklerin bitki tarafından alınması zordur. *Phytodegradation* toprak, sediment, çamur ve yer altı sularında uygulanabilir. Yer altı suları pompalarla yüzeye de alınabilir. Yöntemin en önemli avantajı indirgenme veya bozulmanın fizyolojik olaylar doğrultusunda bitki içinde olması ve mikroorganizmalara bağlı olmamasıdır. Yöntemin dezavantajı ise bozulma sırasında zehirli ara ve son ürünler oluşabilmesi ve bunların çok zor tespitidir. Örneğin kavak derin kökleri ile taban suyundaki azotu (nitrat) almakta, bitkide azot proteinlere veya azot içeren bileşiklerin yapısına girmekte ve bir kısmı da gaz olarak atmosfere bırakılmaktadır(Pivetz, 2001).

Nellessen ve Flatcler,(1993) yaptıkları çalışmada 70 organik bileşiği bünyesine alarak onların bozulmasını sağlayan 88 bitki türü saptamışlardır (EPA, 2000). Bu yöntemde kullanılan türler arasında kavak hibritleri-*Populus deltoides x nigra* DN34 (klorlu çözücüler, *atrazine*, savaş gereçleri), *Myriophyllum*, *Salix nigra*, *Liriodendron tulipifera*, *Taxodium distichum*, *Betula nigra* ve *Quercus virginiana* türleri (herbisit-bentazon) ile bazı algler ve eğrelti otları da bulunur (EPA, 2000; Pivetz, 2001).

### 1.3.6. Bitkisel Buharlaştırma (Phytovolatilization)

Bitkisel buharlaşma, organik (klorlu çözücüler) ve inorganik (Hg, Se) kirletici etmenlerin bitki bünyesine alınarak, yapısının atmosfere verilecek şekilde değiştirilmesi ve atmosfere verilmesidir. Yöntemin en önemli avantajı çok zehirli bileşiklerin (örneğin civalı bileşikler) daha az zehirli formlara dönüşmesidir. Ancak çok zararlı-zehirli materyallerin atmosfere bırakılabilmesi de bir dezavantajdır. Bu sistemde kök derinliği çok önemlidir. Yer altı suları konu ise bitki köklerinin derin olması gerekir. Kirlili yer altı suları pompalarla yüzeye çıkarılarak suyun daha sık bitki köklerine alınması da sağlanabilir. Kullanılan bitkiler arasında hibrit kavak (klorlu çözücüler), *Medicago sativa*-alfalfa (klorlu çözücüler), *Brassica juncea* ve *B. napus* (Se), *Hibiscus cannabinus* cv. Indian (Se), *Festuca arundinacea* (Se) ve *Arabidopsis thaliana* (Hg) sayılabilir.

### 1.4. Suyu Dayanıklı Bitkiler

Suyu kullanarak tohumlarını dağıtan bitkiler kendi ağırlıklarını azaltıcı ve yüzey alanlarını arttırıcı bir yapıya sahiptir. Havayla dolu, su üzerinde yüzen bu yapı genellikle meyvelerde ve tohumlarda bulunur. Yüzen dokunun birkaç değişik şekli olabilir. Havayla dolu olan hücrelerde içi boşluklu süngerimsi bir yapı olabildiği gibi hücre aralarındaki boşlukları yok edecek şekilde tohumun içine hava hapsolmuş bir yapıda olabilir. Tohumlar işte bu yapılar sayesinde yüzerler. Bundan başka yüzen dokunun hücre duvarları, suyun içeriye girmesini engelleyecek bir yapıya sahip olmalıdır. Ayrıca bitkinin bilgilerinin saklandığı embriyoyu korumak içinde bir iç katman vardır.

Çizelge 1. 8 Bor Konsantrasyonuna Dayanıklı Bitkiler

Dayanıklı Grup (2.0-4.0 mg/l)	Orta Dayanıklı Grup (1.0-2.0 mg/l)	Hassas Grup (0.5-1.0 mg/l)
Soğan	Ayçiçeği	Ceviz
Şeker Pancarı	Patates	Enginar
Bakla	Pamuk	Fasulye
Şalgam	Domates	Erik
Lahana	Bezelye	Armut
Marul	Zeytin	Elma
Yonca	Arpa	Üzüm
Hurma	Buğday	İncir
Kuşkonmaz	Biber	Kiraz
Havuç	Mısır	Limon

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışmayla ilgili olarak yapılan literatür taramasında konu ile ilgili yapılan çalışmalar bitkisel gelişim, verimlilik ve bitkinin bor alımı şeklinde derelenerek konuyla ilgili deneyimlerden yararlanılmıştır.

### 2.1. Bitkisel Gelişim ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Erdal ve ark. (1996), sera koşullarında yetiştirilen buğday bitkisine artam dozlarda bor ve amonyum nitrat vererek bitki gelişimini incelemiştir. Perlitte Ruakura besin çözeltisiyle yetiştirilen buğday bitkisine artan miktarlarda uygulanan B dozlarında buğday bitkisinin kuru made miktarını ve nitrat kapsamı azalırken B kapsamının arttığı görülmüştür. Yüksek dozlarda N uygulaması bitkide B toksisitesini hafiflettiği görülmüştür. Düşük B düzeylerinde ise bitkide nitrat biriktiği belirlenmiştir.

Eyüpoğlu (2000), tarafından ülkemiz topraklarında yapılan araştırmada B kapsamı yüksek olan toprakların Fosfor, Potasyum, Organik Madde, tuz ve kireç miktarının da yüksek olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada, toprakların B kapsamları kumlu topraklardan killi topraklara doğru artış göstermiştir. Toprak pH'sının asit tepkimeli olduğu durumlarda topraktaki B kapsamı en yüksek bulunmuş, pH 7.0-7.5'e doğru toprak B kapsamı düzenli olarak azalmış ve en düşük ortalama değer saptanmış, pH 7.5'den sonra ise toprak B kapsamı düzenli olarak yükselmiş ve pH'nın 8.0'den büyük olması halinde en yüksek B değerleri belirlenmiştir.

Akçam-Oluk ve Demiray (2004), Bor elementinin eksikliği ve fazlalığının tarımı yapılan Ayçiçeği bitkisi Sambro No:3 çeşidi kullanılarak büyüme üzerine etkileri araştırılmıştır. Bitki tohum olarak bor içeren besi ortamına ekilmiştir. Borsuz 6 mg/l ve 12 mg/l olan 3 farklı konsantrasyonda yapılan çalışmalar sonucunda bor eksikliğine bağlı bitki köklerinde uzamayı sağlamasına karşılık bitkinin pigment miktarı ve gövde boyunda indirgemeye yol açmıştır. Bor fazlalığı ise kök boyunda azalma meydana getirmişken bitkinin pigment miktarında ve gövde boyunda artış meydana getirmiştir. Yapılan çalışmada değerler arasındaki farkın az olması bitkinin

Bor noksanlığını ve/veya Bor fazlalığını tolere edebildiğini göstermektedir.

Demiray ve Dereboylu (2005), Bu çalışmada bir tarım bitkisi olan *Daucus carota* L. cv. Nantes çeşidinin büyümesi üzerine bor elementi ve niasinin eksikliği ve fazlalığı araştırılmıştır. Bitkinin tohumları doğrudan borsuz (0), 6 mg/l bor ve 0,5 mg/l niasin (kontrol,K) ve 31 mg/l (5B) bor ve niasinsiz (0N), 2,5 mg/l niasin (5N) ve 31 mg/l bor ve 2,5 mg/l niasini birlikte içeren Murashige- Skoog besi ortamına ekilmiştir. Sekiz hafta sonunda gelişen fidelerde kök-gövde uzunluğu, IAA hormonu ve fotosentetik pigment ve karotenoid ölçümleri yapılmıştır. Sonuçlara bakıldığında, bor eksikliğinin kökte uzamayı sağlamasına karşılık, bitkinin pigment miktarı, gövde boyunda indirgemeye yol açtığı; bor ve niasin fazlalığının ise kök boyunda bir azalma meydana getirmekle beraber, bitkinin pigment miktarı ve özellikle gövde boyunda bir artış sağladığı anlaşılmıştır. Havuç bitkisi bor ve niasini eşit oranda fazla olarak içeren ortamlarda yetiştirildiğinde, kök ve gövde boyunun birbirine eşit olduğu ve IAA ve pigment miktarının ve ayrıca karotenoid miktarının da kontrol bitkiye nazaran arttığı saptanmıştır. Bu sonuçlar ışığında niasinin (nikotinic asit) havuç bitkisinin Nantes çeşidinde bor toksisitesine karşı başarıyla kullanılabileceği yargısına varılmıştır.

## 2.2. Bitkisel Verimlilik ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Taner ve ark.(2003), Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Merkez deneme tarlasında 2001-2002 ekim sezonunda yapılan çalışmada bünyesinde yüksek bor (12,92 mg kg-1) içeren; Kunduru 1149, Altıntaş, Altın 40/98, Kızıltan 91, Ç-1252, Selçuklu 97, Çakmak 79, Ankara 98 ve Yılmaz 98 makarnalık buğday çeşitlerinin bor uygulamasız ve bor uygulamalı (0,9 kg/da) parsellerde verim ve bazı verim öğelerindeki değişimin üzerinde çalışılmıştır.

Bor uygulaması ile bitki çıkışlarında artışlar olurken, tane veriminde kontrole göre önemli düşüşler olmuştur. Bor uygulamasının, metrekarede başak sayısı, bitki boyu ve bayrak yaprak bor miktarı üzerine etkisi istatistiki olarak önemli olmadığı bulunmuştur.

Ele alınan tüm özelliklerde çeşitler arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Tane verimi yönüyle ilk üç sırayı alan Kızıltan 91, Yılmaz 98 ve Altıntaş makarnalık buğday çeşitlerinin metrekarede daha fazla başak sayısı ve bayrak yaprakta daha düşük bora sahip oldukları belirlenmiştir.

Korelasyon analizi sonuçlarına göre; bayrak yapraktaki bor miktarı ile tane verimi arasında, negatif önemli ilişkiler belirlenmiştir ( $r=-0.460^{**}$ ). Ayrıca, bayrak yaprak bor miktarı ile metrekarede başak sayısı ve bitki boyu arasında negatif önemli ilişkileri (sırasıyla;  $r= -0.273^{*}$ ,  $r= -0.289^{*}$ ) belirlenmiştir.

Araştırmadan; deneme alanında toksik düzeyde borun varlığı dikkate alındığında Kızıltan 91, Yılmaz 98 ve Altıntaş makarnalık buğday çeşitlerinin bor toksik alanlarda daha başarılı olarak yetiştirilebilecekleri sonucu kanısına varılmıştır.

Gülümser ve ark.(2005), Bu çalışmada fasulyeye (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg/ha) verim ve verim unsurlarına etkileri araştırılmıştır. Denemeler 2002–2003 yıllarında Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yürütülmüş, ana parselde uygulama şekli, alt parsellere bor dozları gelecek şekilde bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Bor olarak (% 66.14) solubor ve fasulye olarak Efsane çeşidi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda fasulyeye borun yapraktan ve topraktan uygulama şekilleri etkili olmazken farklı dozdaki bor uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur. Varyans analizi sonucu bor dozlarının ilk bakla yüksekliğine, tanenin bor içeriğine, çimlenme oranına, 1000-tane ağırlığına ve tane verimine önemli düzeyde etkisi görülmüştür. Fasulyeye yapraktan veya topraktan uygulanan 1.11 kg/ha bor, en fazla kuru tane verimi (247.88 kg/da) sağlamıştır.

### 2.3. Bitkinin Bor Alımıyla İlgili Yapılan Çalışmalar

Güneş ve ark. (1998), Mısır çeşitleri üzerine yapılan çalışmada 8 farklı mısır çeşidinin B zehirliliklerine olan duyarlılıkları incelenmiştir. Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker çeşitleri sera ortamında toprağa 0,10 ve 30 mg/kg B verilerek uygulanmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre yaş ve kuru ağırlık bakımından bitkilerin B zehirliliğine duyarlılıkları yüksekte düşüğe

doğru Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743, Betor şeklinde sıralanmıştır.

Taban ve Erdal (1999), Bor uygulamasının buğday çeşitlerinin ve üst aksamdaki dağılımı üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanan bu çalışmada sera ortamında 4 ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitleri ile yürütülen denemede toprağa 0,1 ve 10 mg/kg Borik asit verilmiştir. Buğday çeşitlerinin bor uygulamasına olan tepkileri ayrımlı olmuştur. Makarnalık çeşitler ekmeklik çeşitlere göre bordan daha fazla etkilenmiştir. Buğday çeşitlerinde en fazla Bor yaprak ucunda belirlenmiş ve bunu yaşlı yaprak takip etmiştir.

Atalay ve ark. (2003), Bu araştırma, ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry) ile buğday (*Triticum durum Desf.*) ve arpa (*Hordeum vulgare L.*) in vitro fidelerinin bor (B) alımı ve biriktirme durumlarını belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Tohumlar; 200 ml'lik cam kavanozlarda, %0.7 agar, %3 sakaroz ve sirasiyla; 0.0, 6.2, 18.6, 55.8, 111.6 mg/l H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> içeren 50 ml MS besin ortamında, her kavanozda 5 adet tohum olacak şekilde kültüre alınmıştır. Yirmi günlük fidelerin kurutulmuş kök ve gövde kısımları (0.1-1 g) ile yetistirme ortamları (5.0-6.0 g) mikrodalgada (CEM-Mars x 5) 10 ml HNO<sub>3</sub> ile 170 PSI basınçta 200°C'de 40 dak. yakılmış ve numunelerde ICP-AES ile bor analizi yapılmıştır. Kiziltan-91'de köklerde en az B birikimi 2.2 µg/g kuru madde olarak kontrol ortamından elde edilirken, en çok kök B içeriği ise 15.1 µg B/g ile 111.6 mg/L H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> içeren ortamdan elde edilmiştir. Gövdede B birikimi en az 4.9 µg B/g ile kontrolde, en çok 67.6 µg B/g ile 111.6 mg/l H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> içeren ortamında olmuştur. Tokak-157/37'de en düşük kök B konsantrasyonunun 0.53 µg B/g ile yine kontrol ortamında, en yüksek birikimi ise 17.3 µg B/g ile 111.6 mg/l H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> de olmuştur. Arpada en düşük gövde B konsantrasyonunun 0.74 µg B/g ile 0 mg/l H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> da, en yüksek 100.5 µg B/g ile 111.6 mg/l H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> da yetistirilen fidelerin gövdelerinde biriktiği belirlenmiştir.

Peker (2005), yaptığı araştırmada Isparta ilinin kiraz ve elma üretiminin yoğun olarak yapıldığı Eğirdir, Gelendost, Yalvaç, Senirkent, Atabey, Uluborlu ve Keçiborlu ilçelerinde yürütülmüştür. Bu çalışma ile Isparta ilindeki kiraz ve elma bahçelerinin B beslenme durumlarının toprak ve yaprak testleri ile belirlenmesi

amaçlanmıştır. Ayrıca topraktaki B konsantrasyonları ile bitki B konsantrasyonları ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler irdelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yöreyi temsilen seçilen kiraz ve elma bahçelerinden 0-20 cm ve 20-40 cm derinlikten alınan topraklarda ve yaprak örneklerinde B analizleri yapılmıştır. Toprak analiz sonuçlarına göre, kiraz bahçelerinin 0-20 cm derinliğinden alınan örneklerinin % 60'ının yeterli (0.5-2.0 ppm) % 40'ının yetersiz (<0.5 ppm) düzeyde yarayışlı B içerdiği görülürken, 20-40 cm derinlikten alınan örneklerin % 23'ü yeterli, % 77'si ise yetersiz düzeyde yarayışlı B içermektedir. Elma bahçelerinden alınan toprak analiz sonuçlarına göre ise 0-20 ve 20-40 cm deki toprakların sırasıyla % 79 ve % 54'ü yeterli düzeyde (0.5-2.0 ppm) yarayışlı B içerirken % 31 ve % 46'sı yetersiz düzeyde (<0.5 ppm) yarayışlı B içermektedir. Yapılan yaprak analiz sonuçlarına göre ise her iki bitkiye ait örneklerin tamamında B içeriğinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir (>20ppm). Sonuç olarak toprak analizlerine göre bahçelerin yaklaşık yarısında (0-40 cm için genel ortalama) B eksikliği belirlenmiş olmasına rağmen, yaprak analiz sonuçlarına göre bahçelerin tamamında B eksikliği belirlenmemiştir.

Uygan ve Çetin (2004), Eskişehir Kırka Boraks İşletmesinin yer aldığı Seydisuyu su toplama havzasında 2001 - 2003 yılları arasında yapılan araştırmada havzanın sulama şebekesinin ana su kanalları olan ÇatıÖren ve Kunduzlar Baraj suyu ile derin kuyu (40 adet) sularından sulama mevsimi boyunca her ay su örnekleri alınarak, 12 farklı noktada toprak profili ve bitkilerdeki bor birikimi ve dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Yüzey sularından alınan örneklerin bor düzeylerinin derin kuyu sularının bor düzeylerinden çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Zorunlu durumlarda bu suların sulamada kullanılmasına devam edilmesi ile zamanla toprakta bor birikimi olacağı bilinen bir husustur.

Bu sonuçlar, düşük düzeyde de olsa yer altı suyunda da bor kirliliği olduğunu göstermektedir.

Şaylı ve ark. (2004), Balıkesir'in Bigadiç ilçesinde Bor elementi üzerine Bigadiç ilçesi İskele beldesi kadınlarının osteoporoz özelliklerinin tespitine yönelik yapılan bir çalışmada, yaş ortalaması 59-70 olan 98 kadından 49'u normal, 27'si osteopenik ve 22'si de osteopenik olarak rapor edilmiştir.



Del - Campo Marin ve Oron (2007), yaptıkları çalışmada Bor konsantrasyonu yüksek olan sulardan Lemna Minör (Su Mercimeği) kullanarak giderim etkisini bulmaya çalışmışlardır. Çalışma süresi 12 gün sürmüş ve 12 gün boyunca besin solusyon içinde bulunan bitkiye 0,3 – 10 mg/l bor uygulamışlardır. Buna göre araştırma sonucunda lemna minörlerin bor içeriği 930 – 1900 mg/kg arasında olduğu görülmüştür. En verimli bor gideriminin 2 mg/l konsantrasyonda olduğu bulunmuştur.

Hamurcu ve ark. (2008), kontrollü sera koşullarında farklı seviyelerde uygulanan bor dozlarına yabancı buğday türlerinin tepkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulan denemede, 19 adet yabancı buğday genotipine bor üç farklı seviyede(0, 2.5 ,10 mg kg-1) uygulanmıştır. Anadolu kaynaklı yabancı buğday türlerinin yüksek dozlarda bora toleransları ele alınmış ve B birikimi bakımından çok geniş bir varyasyonun varlığı gözlenmiştir. B toleransında bugün hakim olan bilimsel anlayışa göre toleransı yüksek olan genotip boru daha az almakta ve biriktirmektedir. Bu bağlamda, D genomu progenitörü olan *Triticum tauschii*'nin ekmeçlik buğdaya B toleransı kazandırabilecek genetik mekanizmaya sahip yabancı buğday genetik kaynağı olduğu görülmektedir. Bu türün ayrıca birçok biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklı olduğu da bilinmektedir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. (Borik Asit) $H_3BO_3$

Ham Borun başlıca rafine ürünleri; Boraks Pentahidrat, Boraks Dekahidrat, Susuz Boraks, Borik Asit ve Sodyum Perborattır. Borik Asit, Ham Bor'un rafinasyonu sonucunda elde edilen bir ürün olup katı beyaz renk görünümündedir. Borik asitin kullanım alanları, Antiseptikler, göz damlaları, yangın geciktirici, fotoğrafçılık, tekstil, gübre, nikel kaplama, cam, cam elyafı vb sektörlerdir (Güyagüler, 2001).



Şekil 3. 1. Borik Asit

Boric acid GR for analysis ACS,ISO,Reag. Ph Eur Merck Kodu: 1.00165.1000

1 kg borik asit Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Laboratuvarında 5 farklı konsantrasyonlarda hazırlanmıştır.

Çalışmada kullanılan konsantrasyonlar;

- 0,5 ppm borik asit çözeltisi
- 2 ppm borik asit çözeltisi
- 7 ppm borik asit çözeltisi
- 15 ppm borik asit çözeltisi
- 25 ppm borik asit çözeltisi

### 3.1.2. Lactuca Sativa

Çalışmada kullanılan bitki Suyu seven ve Bor konsantrasyonlarına dayanıklı bir bitki olan Yedi kule Cinsi Marul (*Lactuca Sativa- Longifolia*) kullanılmıştır. Bu bitkinin seçilme nedenlerinden birisi ise ticari olarak sıklıkla yetiştirilmesi, kolay elde edilmesi ve iklimsel koşullara uygunluktur.

Marul bitkisi Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), Çevre Koruma Örgütü (EPA) ve ABD İlaç ve Gıda İdaresi (USFDA) tarafından çevre araştırmalarında test bitkisi olarak kabul edilmektedir. Marul bütün yıl boyunca açık ve örtü altı koşullarında ticari olarak, ev bahçelerinde ise amatör yetiştiriciler tarafından rahatlıkla yetiştirilebilen, salata ve taze yeşillik olarak tüketilen önemli sebze türlerinden biridir ve bu önemi giderek artmaktadır. Zira son yıllardaki sebze fiyatları göz önüne alındığında salata ve marulun en yüksek gelir sağlayan sebzeler grubunda yer aldığı belirlenmiştir (Vural ve ark. 2000). Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre ülkemizde 239.495 ton göbekli, 151.164 ton kıvrıkcık olmak üzere toplam 390.659 ton marul üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2008).

Yedi kule cinsi marul, dik büyüyen, açık yeşil, orta sert yapraklara sahiptir. Göbek teşekkülü kuvvetlidir. Soğuğa dayanıklı olup, sığağa fazla dayanıklı değildir. Normal yetiştirme döneminde bitkide acılık yoktur. Baş ağırlığı ortalama 800 – 1000 gr. civarındadır. En uygun yetiştiği pH aralığı 6,5-7,5 arasındadır.

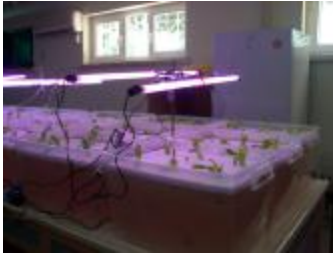
Bitkinin fide olarak temin edilmesi su içerisinde kolay yetişmesini sağlamak içindir.



Şekil 3. 2.Fide halinde Lactuca Sativa

### 3.1.3. Bitki Besin Elementi

Yapılan çalışmada bitki su ortamında yetiştirildiğinden topraktan alması gereken besin elementlerini dışarıdan 3 farklı bitki solüsyonu ile giderilmeye çalışılmıştır. Deneysel çalışma boyunca bitkiye verilen besin elementleri; Bitkisel büyüme ve yapısal büyümede etkili olan Azot, Fosfor, Potasyum, mikro besin elementleri, fosfor, potasyum, magnezyum ve kükürt.



Şekil 3. 3.Bitki Besin Solüsyonlarının eklenmiş hali

### 3.1.4. Bitki Besleme Kabı

Çalışmada 50 x 40 x 35 cm ebatlarında plastik sıcaklığa dayanıklılık aralığı yüksek 18 adet saklama kapları kullanılmıştır.

### 3.1.5. Hava Pompası

Bitki yetiştirme kaplarının içerisine konulacak olan hava motoru sudaki oksijen ihtiyacını sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Hava motoru bir hortum yardımıyla saklama kabının tam ortasına yerleştirilmiştir. Böylelikle suyun her tarafına eşit şekilde hava dağılımı olması amaçlanmıştır.



Şekil 3. 4. Hava Pompası ve Motoru

### 3.1.6. Gün Işığı Lamba

Çalışmada kullanılan Güneş ışığı bitkilerin ihtiyaç duyduğu ışığın tüm tayflarını içermektedir. Kullanılan floresanın özellikleri; Renk mor, 6000 Kelvin, 100 cm olarak seçilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere her 3 bitki kabını 1 gün ışığı lambası aydınlatacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 3. 5. Gün Işığı Floresan Lamba

### 3.1.7. Strafor

Çalışmada bitkilerin suda dik durmasını sağlamak amacıyla strafor malzemesi kullanılmıştır. Straforlar sakalama kablarına yerleşecek biçimde 34 x 48 cm ebatlarında kesilmiştir. Kök kısmı su içerisinde üst kısmı su yüzeyinde kalacak şekilde marullar yerleştirmiştir.

Strafor ile aynı zamanda suyun buharlaşmasını önleyerek aşırı su kaybına engel olmasını amaçlanmıştır.



Şekil 3. 6. Strafor ve Bitki Dizimi

### 3.1.8. Nitrik Asit $HNO_3$

DeneySEL çalışmalar sonunda B analizleri için numunelerin ön işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle öğütülen numunelerin yakma işleminden önce nitrik asitle muamele edilmesi gerekmektedir. % 65 saflıkta  $HNO_3$  , mezür yardımıyla tatbik edilmiştir.

## 3.2. Metod

### 3.2.1 Çalışma Düzenineğinin Oluşturulması

Çalışma düzenineği Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü araştırma Laboratuarında kurulmuştur. Çalışma koşullarının sıcaklıktan etkilenmemesi için laboratuar ortamı tercih edilmiştir. Çalışma boyunca sıcaklık 18 ila 20 °C arasında tutulmuştur.Çalışmada 50 x 40 x 35 cm 'lik plastik kaplar kullanılmış olup sökümler aralığı göz önünde bulundurularak 6 adet bitki ekilmiştir.

Çalışma düzenineği 1 kontrol ve 5 farklı konsantrasyon grubu olacak şekilde planlanmıştır. Fide halinde gelen 7 kule cinsi marullar köklerindeki topraklarından su yardımıyla arındırılarak bitki kaplarına yerleştirilmiştir. Yerleştirme esnasında 34 x 48 cm ebatında strafor kesilip orantılı delikler açılarak, marullar bu deliklere yerleştirildi. Orta noktasında hava pompasının hortumu geçecek şekilde delik

açılmıştır. Her 3 saksıda bir 2 adet floresan lamba yerleştirilmiştir. Hava pompasının ucuna hava taşı konularak havanın suyun her tarafına eşit şekilde dağılması sağlanmıştır. En son olarakta Bitki besin elementi ilave edilerek bitkinin adaptasyonu sağlanmıştır. Çalışma toplam 25 gün sürmüştür.

### 3.2.2. Çalışmanın Yürütülmesi

Bitkiler suya yerleştirildikten sonra bitki besin elementleri ilave edilmiştir. Çalışma boyunca haftada bir kere yapısal besin elementinden 20 mL, Mikro besin elementinden 20 mL verilmiştir. Bitkiler suya yerleştirildikten sonra suyun pH ve Çözünmüş Oksijen konsantrasyonlarının seviyeleri izlenmiştir. pH sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Çözünmüş Oksijen seviyesi arttıkça pH değeri artacağından suya oksijen sağlayan hava pompaları orta seviyede tutulmuştur.

Çizelge 3. 2.Ph Ölçüm Değerleri.

Ph Değerleri	Başlangıç	1. ölçüm	2. ölçüm	3. ölçüm	4. ölçüm	5. ölçüm	6. ölçüm
Kontrol	8,61	7,35	7,36	7,21	6,79	6,65	6,4
0,5 ppm	8,38	7,39	7,32	7,31	6,87	6,38	6,31
2 ppm	8,66	7,36	7,35	7,23	6,89	6,62	6,46
7 ppm	8,65	7,42	7,39	7,15	6,79	6,69	6,41
15 ppm	8,62	7,58	7,47	7,41	7,23	7,3	7,34
25 ppm	8,44	7,48	7,51	7,46	7,27	7,15	6,9

Borik asit çözeltileri eklendikten sonra 1 kere söküm yapılmıştır.

### 3.3. Analitik Metot

Çalışma sonunda bitkiler sökülerek numune alınmıştır. Tüm bitkilerin sökülmesinden sonra bitkiler kök ve üst aksam olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Bitki sökümünde kök ve üst aksamlar yaprak adeti ve boy ölçümleri yapıldıktan sonra hassas terazide yaş ağırlıkları alınmıştır.

Bitki kök ve üst aksamaları ısıya dayanıklı zarflara yerleştirilmiş ve sabit ağırlığa ulaşmasını sağlamak üzere 103 °C ye ayarlanmış etüvde 2 gün boyunca bekletilmiştir. İki günün sonunda bitkilerin kuru ağırlıkları yine hassas terzide ölçülmüştür.

Numuneler Perkin Elmer marka Optima 2100 DV OES (Optical Emission Spectrometer) cihazı ile B analizlerine hazırlanmak için standart metodlar kitabındaki SM 3030 K metoduna uyularak ön işleme tabi tutulmuştur. Numuneler seramik havanda dövülerek toz haline getirilmiş ve tartılmıştır. 0,3 g numuneye 9 mL % 65 saflıkta HNO<sub>3</sub> eklenmiş ve parçalanmaya bırakılmıştır. Parçalanmış numuneler etiketlenip şişelere konulmuştur. Numunelerin içerisinde kalan inorganik maddeleri uzaklaştırmak için süzme işlemi yapılmıştır. Süzme işlemi için Selülozik Whatman 0,45 mm filtre kağıdı kullanılmıştır. Süzülen numuneler saf su eklenerek 30 mL,'ye tamamlanmıştır.

Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümüne ait olan kimya Laboratuvarında Perkin Elmer Marka Optima 2100 DV OES (Optical Emission Spectrometer) cihazı ile SM 3120 B Methoduna uyularak, SM 3030 K Methodu ile hazırlanmış numunelerin içindeki B muhtevası ölçülmüştür.





#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

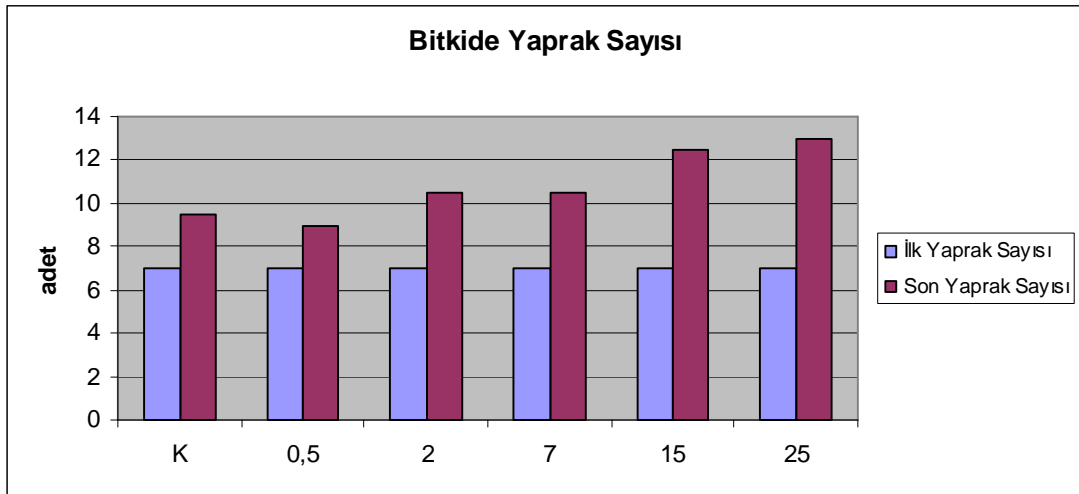
Yapılan çalışmada üç yönlü değerlendirme yapılmıştır. Bunlar;

- Bitkisel gelişim,
- Bitkisel verimlilik,
- Bitkinin Bor alımının tespiti,

olarak belirlenmiştir.

##### 4.1. Bitkisel Gelişim

Yapılan çalışma boyunca bitkilerin boy değişiklikleri ve yaprak sayıları başlangıçta ve sökümlerde ölçülmüştür. Elde edilen veriler grafiklerle gösterilmektedir.

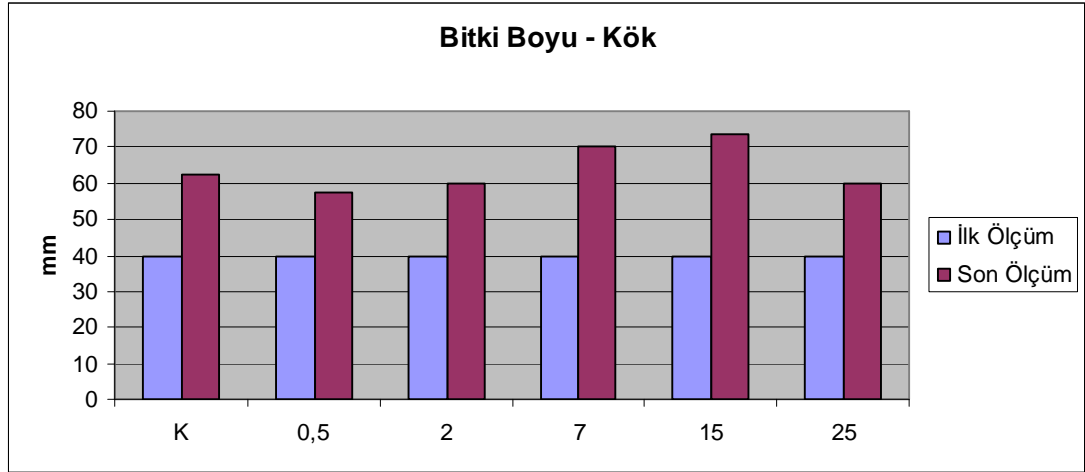


Şekil 4. 1. Bitkide yaprak sayısındaki değişiklik

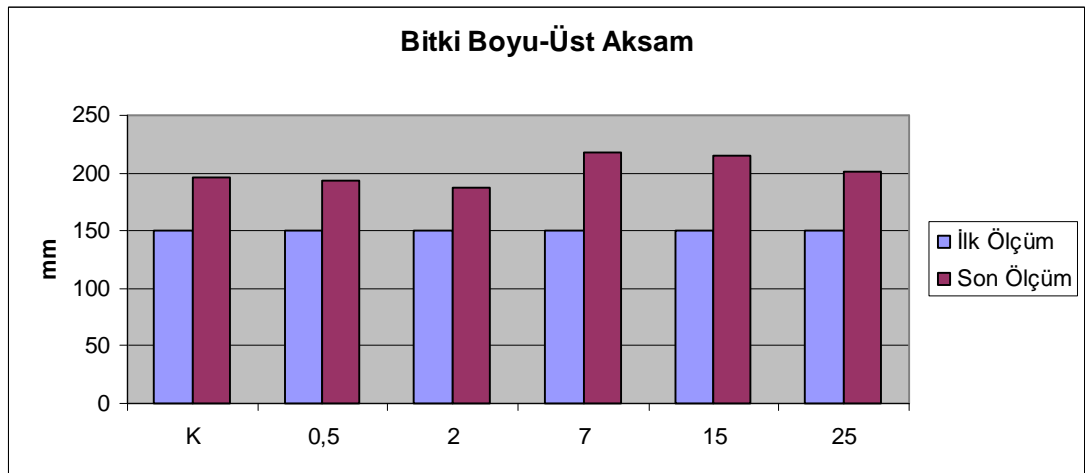
Bitkisel gelişimi izleyebilmenin bir yolu olan bitki yaprak sayısının zamana bağlı grafiksel değişimi Şekil 4.1 'deki gibidir. Bor konsantrasyonundaki artış ile bitki gelişiminin etkilenmediği ve bitkiye toksik bir etki yaratmadığı şekilde görülmektedir.

Bitkisel gelişimde rol oynayan bir diğer faktör bitkinin boy uzunluğunun ölçülmesidir. Yapılan çalışma boyunca her sökümden bitki kök ve üst aksam olmak

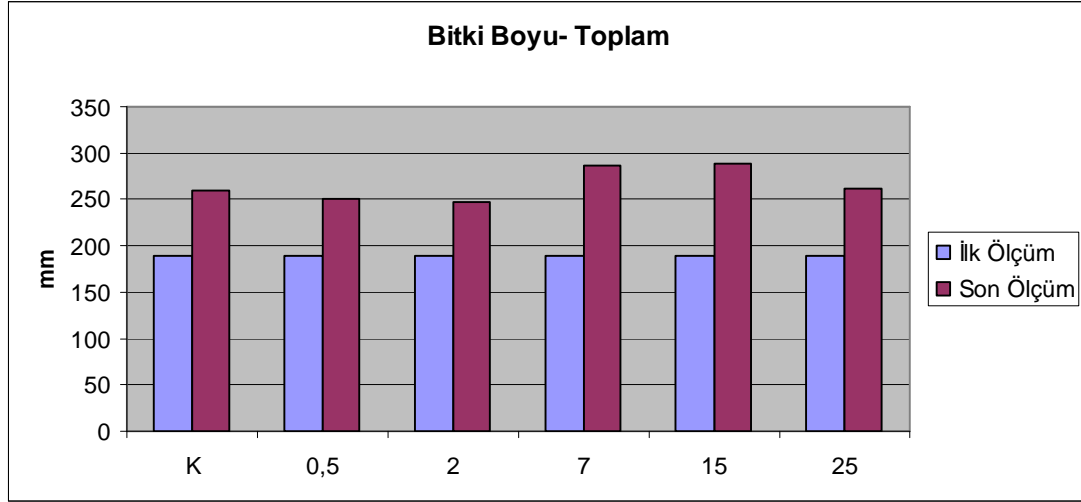
üzere ikiye ayrılmış ve boy uzunlukları ölçülmüştür. Bitkilerin kök- üst aksam ve toplam boy uzunluklarının zamana göre değişimini gösteren şekiller Şekil 4.2, Şekil 4.3., Şekil 4.4 'de verilmektedir.



Şekil 4. 2. Bitki Boyu - Kök



Şekil 4. 3. Bitki Boyu - Üst Aksam



Şekil 4. 4. Bitki Boyu - Toplam

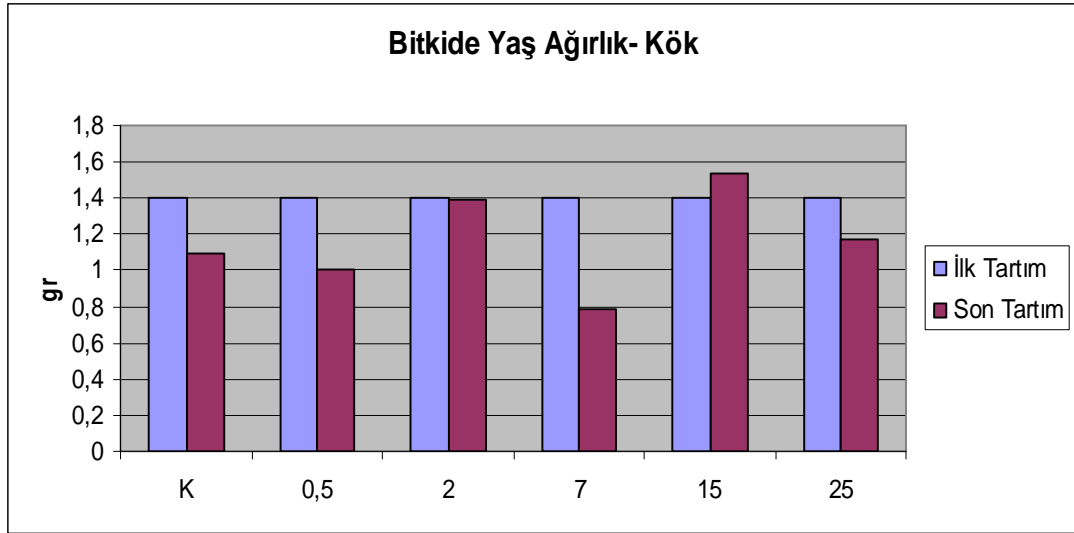
Bitkilerin boy uzunlukları birbirleri ile karşılaştırıldığında kök ve üst aksamda en çok boy uzunluğu 7 ppm ve 15 ppm konsantrasyon Bor verilen bitkide olması bitki gelişiminde marul bitkisinin toleranslı bitki sınıfında olduğunu doğrulamaktadır.

Örneğin Akçam Oluk ve Demiray (2004), yaptıkları çalışmada bor elementinin 0 (K), 6 mg/L ve 12 mg/L olmak üzere 3 farklı konsantrasyonlarda bor ilave ederek kök ve gövdede bor Ayçiçeği çeşidinin büyümesi üzerine yaptıkları etkiyi incelemişlerdir. Bor fazlalığı kök boyunda bir azalma meydana getirirken gövde boyunda artış sağladığı anlaşılmıştır. Böylelikle yüksek dozda borun bitki boyunda toksik etki yaratmadığı ortaya çıkmaktadır.

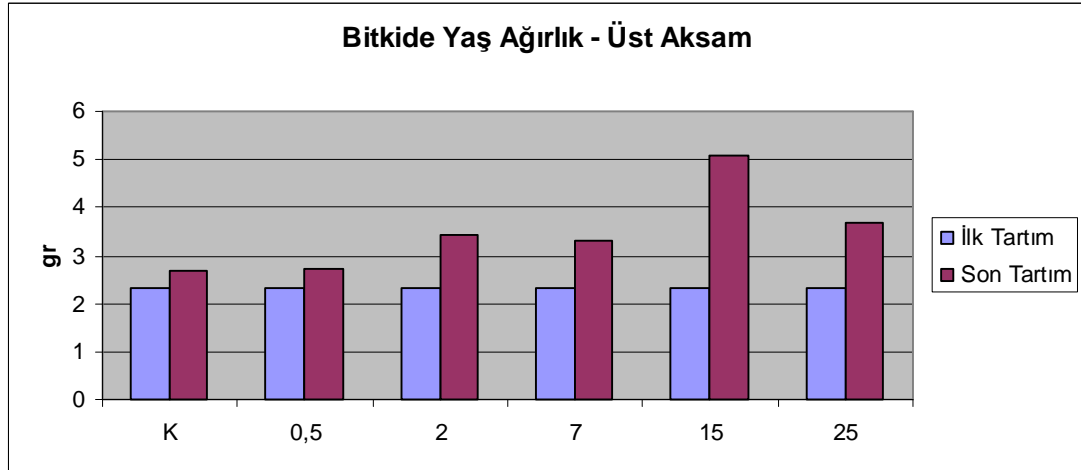
#### 4.2. Bitkisel Verimlilik

Yapılan çalışmada bitkilerin kök ve üst aksam olmak üzere numuneler analiz için alındığında tartılmış ve yaş ağırlıkları kaydedilmiştir. Aynı şekilde numuneler etüvde iki gün boyunca kurutulmaya tabi tutulmuş ve bu işlemeden sonra tekrar tartılarak kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Elde edilen verilerin ortalamaları alınarak grafiklendirilmiştir.

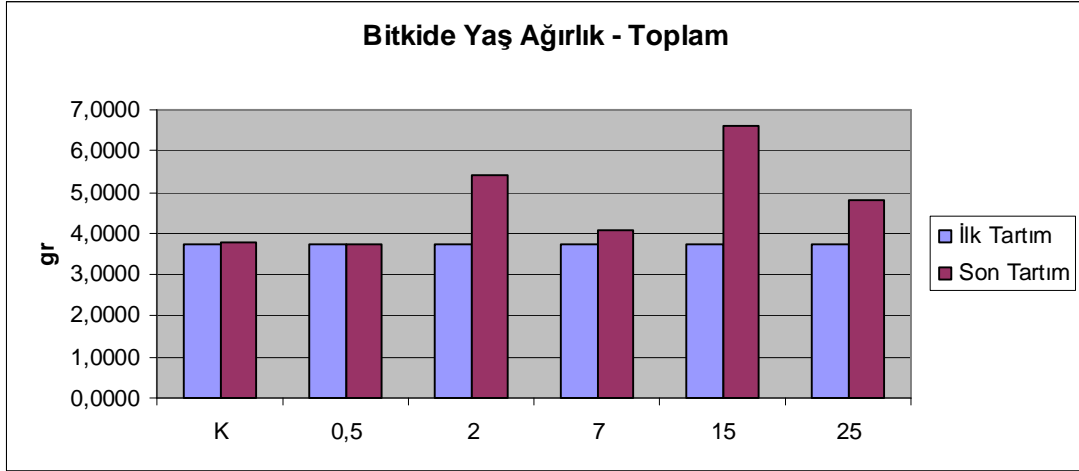
Bitkilerin Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 daki yaş ağırlıkları kök ve üst aksam olarak incelendiğinde; yaş ağırlıkta en fazla ağırlık artışının 15 ppm'de en az ağırlık artışının ise 0,5 ppm bor konsantrasyonu verilen suda olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 5. Bitkide Yaş Ağırlık- Kök

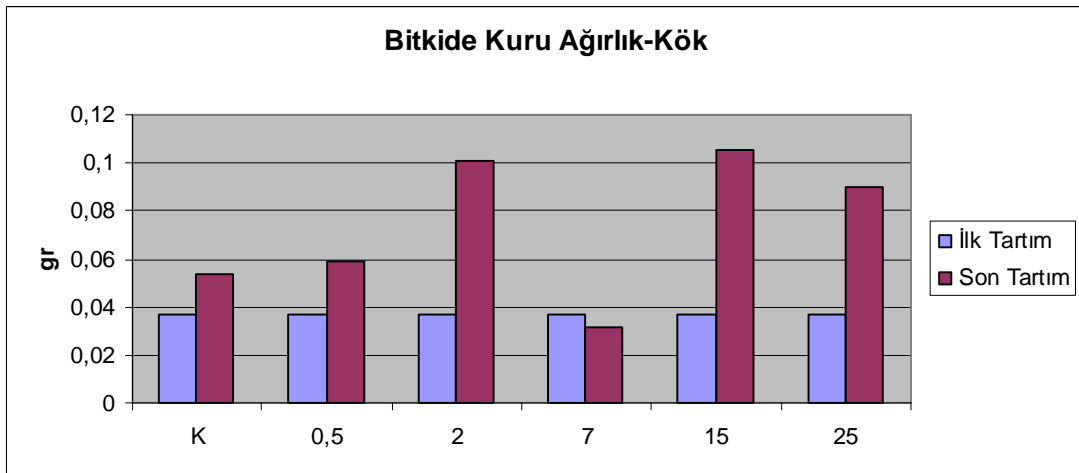


Şekil 4. 6. Bitkide Yaş Ağırlık – Üst Aksam

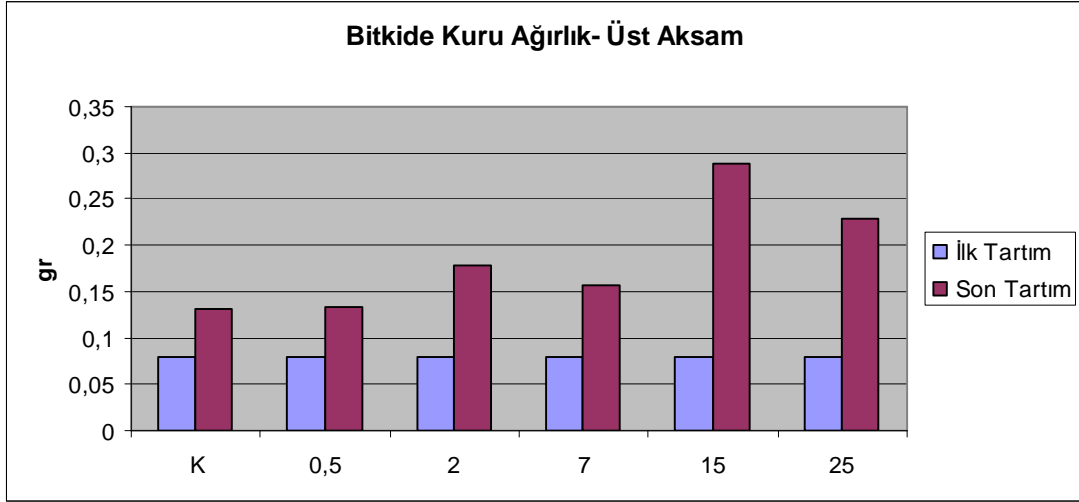


Şekil 4. 7. Bitkide Yaş Ağırlık – Toplam

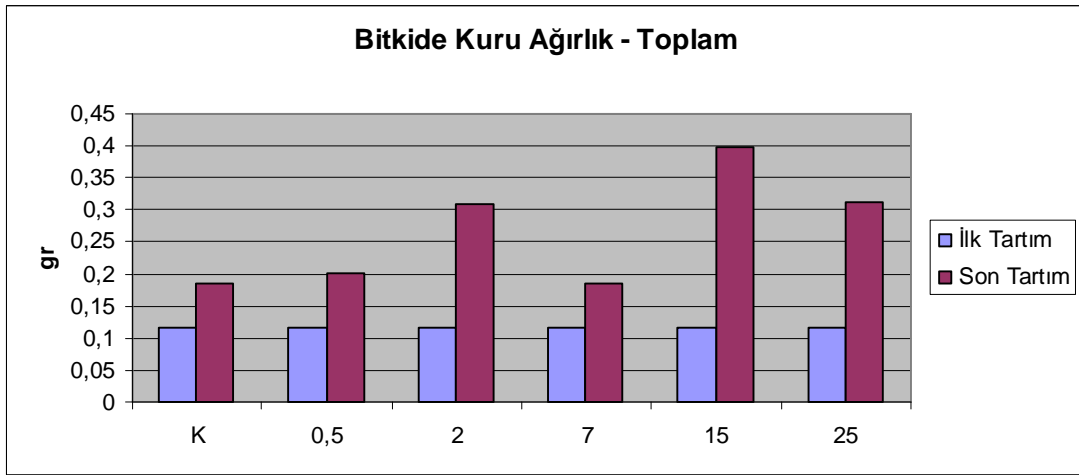
Lactuca Sativa cinsi marulların yaş ağırlıkları tartıldıktan sonra etüvde kurutulmasıyla beraber tartıldığında Şekli 4.8 ve Şekil 4.9 ‘daki değerler elde edilmiştir. Yine en fazla artışın 15 ppm’de en az ağırlık artışının 7 ppm ‘de olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 8. Bitkide Kuru Ağırlık – Kök



Şekil 4. 9. Bitkide Kuru Ağırlık – Üst Aksam



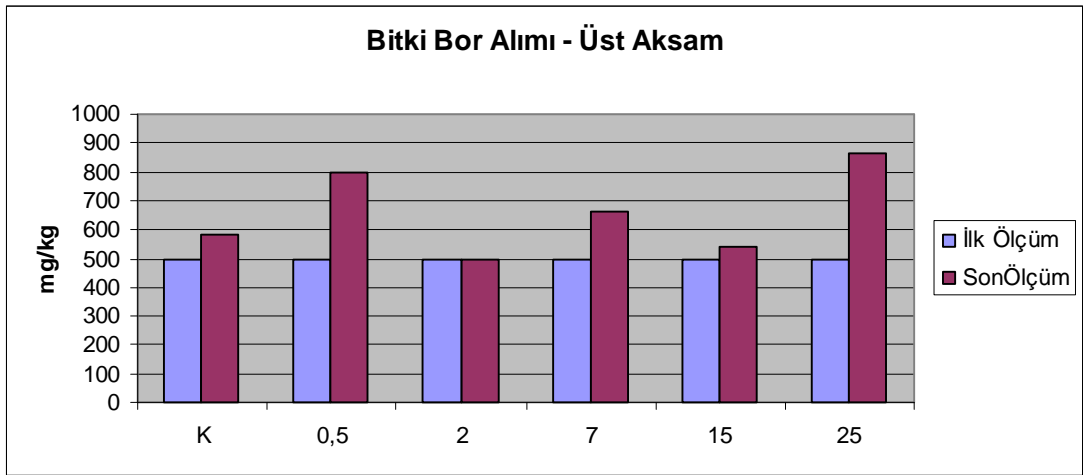
Şekil 4. 10. Bitkide Kuru Ağırlık - Toplam

Güneş ve arkadaşları (2000), yaptıkları çalışmada bazı mısır çeşitlerinin B konsantrasyonlarına olan duyarlılıklarını incelemiş ve yaş ve kuru bitki ağırlıkları ile bitkilerin Bor konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada yetiştirilme ortamına K, 10 mg/kg ve 30 mg/kg düzeylerinde bor uygulanmış ve elde edilen sonuçlara göre bor toksisitesine dayanıklı çeşitlerin kuru ve yaş ağırlıkları yüksek çıkmıştır. Bir başka çalışma olan Gülümser ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada fasulyeye uygulanan dört farklı bor dozlarında (K, 0,5 kg/ha, 1 kg/ha, 1,5 kg/ha, 2 kg/ha) verim incelenmiş ve yapılan analizler sonucunda en fazla

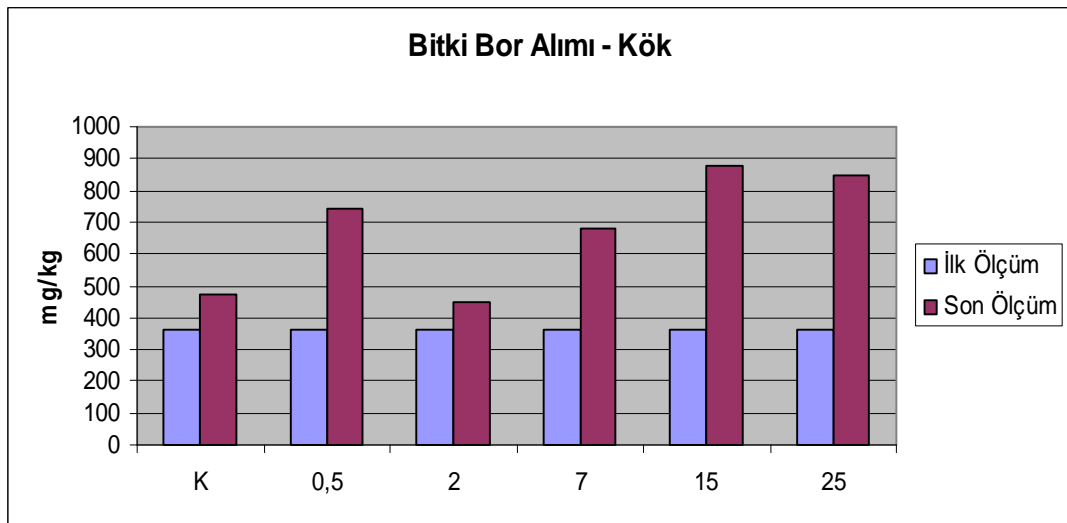
kuru tane verimi 1,5 kg/ha alanda uygulanan Bor dozunda bulunmuştur.

### 4.3. Bitkinin Bor Alımının Tespiti

Bu araştırmada her bir bitkinin zamana bağlı olarak B alımı belirlenmeye çalışılmış ve Şekil 4.11 ile Şekil 4.12'de elde edilen sonuçlar grafiklerle gösterilmiştir.



Şekil 4. 11. Bitki Bor Alımı – Üst Aksam



Şekil 4. 12. Bitki Bor Alımı – Kök



Bitkinin suda bor alımı üst aksam ve kök olarak incelendiğinde, borun kökte 15 ppm konsantrasyonunda en fazla aldığı üst aksamda ise bu değerin 25 ppm 'de olduğu görülmüştür.

Bitkide bor alımının incelendiği diğer çalışmalara bakıldığında örneğin Del-Campo Marin ve Oron (2007)'un yaptıkları çalışmada, Lemna Minör (Su Mercimeği) kullanılarak sudan bor giderimi incelenmiştir. Bitki bulunan kaba 0,3 – 1,0 mg/L arasında bor konsantrasyonunda bor verildiğinde bitkinin bünyesine aldığı bor miktarı 930 – 1930 mg/kg aramda olduğu görülmüştür. En verimli bor gideriminin 2 mg/L 'de bor verilen bitkilerde olduğu sonucuna varılmıştır. Yine başka bir bor çalışmasında Atalay ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2003), buğday ve arpanın fide lerinde bor alımı ve bünyesindeki biriktirdiği bor konsantrasyonlarında en düşük bor birikimi kuru madde olarak kontrol ortamında sağlanırken en yüksek bor birikimi en yüksek dozda bor verilen ortamda meydana gelmiştir.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bor alımını etkileyen faktörleri; bitki, su ortamı ve çevre etmenleri şeklinde gruplayabiliriz. Deneysel olarak şartları kontrol edilen besi ortamı üzerinde yapılan çalışmada elde edilen bulgulara göre, deney ortamında kullanılan suya verilen bor deneysel materyal olan Lactuca Sativa bitkisi bünyesine bir miktar geçerek sudan giderimi sağlamıştır. Elde edilen sonuçları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz ;

### Ø Bitkisel Gelişim ;

Bitkisel gelişim ile bitkideki yaprak sayısı ile bitkinin kök ve üst aksam olarak boyları ölçülmüştür.

Bitkinin yaprak sayısındaki artışın bor konsantrasyonundaki artışa bağlı olmadan artması bitki gelişiminde marul bitkisinin toleranslı bitki sınıfında olduğunu doğrulamaktadır.

Bitki boyları kıyaslandığında, kök gelişiminde en fazla 15 ppm düzeyinde ve üst aksamda en fazla 7 ppm ve 15 ppm bor konsantrasyonları verilen ve toplamda da 15 ppm de bor konsantrasyonu verilen saksıda en yüksek boya ulaşmıştır.

### Ø Bitkisel Verimlilik;

Bitkisel verimlilik ile yaş ve kuru ağırlıkları incelenmiştir. Buna göre kuru ağırlıkta bitki 15 ppm bor verilen konsantrasyonda en yüksek seviyede yaş ağırlıkta en yüksek seviye yine 15 ppm bor verilen konsantrasyonda çıkmıştır.

### Ø Bitkinin Bor alımının tespiti;

Bitkinin kök ve üst aksam olarak bor alımının tespitinde bitkinin üst aksamı incelendiğinde bor alımı 25 ppm de en yüksekken bitki 2 ppm de bünyesine hiç bor almadığı görülmektedir. Yine bitkideki bor alımı kök olarak incelendiğinde en yüksek bor alımı 15 ppm bor konsantrasyonu verilen saksıda olurken en düşük bor alımı 2 ppm bor konsantrasyonu verilen saksıda olduğu görülmektedir.

Marul bitkisinin seçiminde yüksek Bor konsantrasyonlarını tolere etmesi ve suda yetişen bir bitki olması tercih sebebi olsada normal ortam koşullarına kolay adapte olamadığı belirlenmiştir.

Bor rezervlerinin işletilmesi sırasında yer altı ve yer üstü sulara ortaya çıkan bor düzeyinin yükselmesi ile bu suların sulama suyu olarak kullanılmasında

fitormediasyon yöntemi biyolojik kullanım olarak daha uygundur.

Özellikle ülkemizde bor maden yataklarının çevresinde meydana gelen su ve topraklarda bor birikiminin gideriminde *Lactuca Sativa* bitkisinin kullanımı daha sonra ortamdaki alınan borun bu bitkilerle borca fakir olan bölgelerde kullanılması yönünden önem teşkil etmektedir.

Yapılacak olan çalışmalarda borca zengin olan sulardan bitki yardımı ile giderim bakıldığında maliyetin düşük olması, uygulanabilir bir metod olması ve ıslahının diğer yöntemlere göre daha kolay olması yönünden tercih sebebi olabilir. Buna karşın yapılacak çalışmalarda kullanılan deneysel ortamın daha kontrollü olarak yapılması bitki kabinlerinin tercih edilmesi önerilmektedir.

## KAYNAKLAR

- ACARKAN, N., 2002. Bor ürün çeşitleri ve kullanım alanları , 1. Uluslararası Bor Sempozyumu Kitabı, s 1-3
- ADDEMİR, O., 2002. Bor Ürünlerinin Teknolojileri ve Türkiye'nin Durumu" 1. Uluslararası Bor Sempozyumu Kitabı, s. 15-21
- ALBERT, L. S., WILSON, C. M., 1961. Effect of Boron on Elongation of Tomato Root tips. Plant Physiology, 36, 312-315.
- AKÇAM-OLUK E., DEMİRAY, H., 2004. Bor Elementinin Sambro No:3 Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Çeşidinin Büyümesi Üzerine Etkileri Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 41(1):181-190
- ANDERSON, D.L., CUNNINGHAM, W.C., LINDSTROM, T.R., 1994, Concentrations and Intakes of H, B, S, K, Na, Cl and NaCl in Foods. Journal of food composition and analysis, 7:59-82
- ANONYMOUS, 2000. Boron and Uealı complete handbook of İnformation the World Wide Web <http://www.informatik.uni-trier.de/~ley/db/journals/jasis/jasis51.html>
- \_\_\_\_\_, 2008. Türkiye İstatistik Kurumu
- \_\_\_\_\_, 2010. [http://tr.wikipedia.org/wiki/Bor\\_\(element\)](http://tr.wikipedia.org/wiki/Bor_(element))
- ARTHUR, L. T., QUILL, K., 1992. Commercial Flame Retardant Applications of Boron Compounds, Proc. of the Flame Retardant's 92 Conference, Wesminster, London 22-23, Jan. Elsevier Applied Science, London and NewYork, pp. 223-237
- BARTLETA, R.J., PICARELLI, C.J., 1973. Availability of Boron and Phosphorus as Affected by Liming On Acid Potata Soil. Soil Sci. 116:77-83.
- BENNETT, O.L., MATHIAS, E.L., 1973. Growth and Chemical Composition of Crownvetch as Affected by Lime, Boron, Soil Source and Temperature Regime. Agron. J. 65: 587-593.
- BENTLİ, İ., ÖZDEMİR, O., ÇELİK, M.S., EDİZ, N., 2002. Bor Atıkları ve Değerlendirme Stratejileri, 1. Uluslararası Bor Sempozyumu Kitabı, s 250-255.

- BROWN, J. C., AMBLER, J. E., 1969. Characterization of Boron Deficiency in Soybeans. *Pysologia Planlarum*, 22, 177-185.
- BÜYÜKGÜZEL, K., BÜYÜKGÜZEL, E., 2004. İnsan Çevre ve Tarımsal Açından Borik Asitin Zararlı Böceklerin ve Diğer Artropodların Mücadelesindeki Önemi, II Bor Çalıştayı. 6 Mayıs Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Zonguldak
- DEL-CAMPO MARÍN C.M., ORON G., 2007. Boron Removal By The Duckweed Lemna Gibba: A Potential Method For The Remediation Of Boron – Polluted Waters, *İsrael, Water Resarch* 41 (2007) 4579-4584
- DOĞAN, M. Z., KAYLAZ, Y., ONAL, G , PEREK, KT., 1997. Bigadiç ve Kestelek bor atıklarının ısıtılma işlemi, elektrostatik ayırma ve flotasyon ile zenginleştirme olanaklarının araştırılması. I.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. TMMOB Maden Mühendisleri Odası. Eds Köse ve Arslan İzmir:76-85.
- DSİ, 1983. Kırka Yöresi Bor Kirliliği Araştırması Raporu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı , DSİ İçme Suyu ve Kanalizasyon Daire Başkanlığı/ Ankara
- EPA, 1987. Toxic au pollutant/source uosswalk A screening toolfor locating possible sources emitting toxic an pollutants Reseaich Trinangle Park, NC US Environmental Protection Agency, Oltce of Air Quality Planning and Standards ÜPA-4MW4-87-023a
- ERDAL, İ., ALPASLAN, M., TABAN, S., İNAL, A. ve KÜTÜK, C., 1996. Besin Çözeltilerinde Yetiştirilen Buğday Bitkisinde Bor-Azot İlişkisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 2, Sayı 3: 215-219.
- EYÜPOĞLU, F., 2000. Orta Anadolu Topraklarının Bitkiye Yararlı Bor Bakımından Genel Durumu, Ankara (Yayınlanmamış)
- FAO, 1976. Water quality for agriculture, Jrrig and Dramege. pp 29. Rome. 81
- GRAEDEL, T. F., 1978. Inorganic elements, hydrides, oxides and carbonates. In Chemical compounds in the ainospheie, NY Academic Pres, New York, pp 35-49
- GREGORY, S., KELLY, N.D., 1997. Boron: Areview of its nutritional interacations and therapeutuc uses, *Alternative Medicine Review*, 2(1):48-56
- GÜNEŞ, A., ALPASLAN, M., ÖZCAN, H., ÇIKILI, Y.,1998. Türkiye’de yaygın

- olarak yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Duyarlılıkları, Tubitak, Ankara
- HAFIZOĞLU, H., YALINKILIÇ, M.K., YILDIZ, Ü.C., BAYSAL, E., PEKER, H., DEMİRCİ, Z., 1994. Türkiye Bor Kaynaklarının Odun Koruma (Emprenye) Endüstrisinde Değerlendirilme İmkanları, Tübitak-Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Projesi Kod No:, TOAG- 875, Trabzon
- HAMURCU, M, GEZGİN, S.,TOPAL, A.,BABAOĞLU, M., HAKKI, E., 2008. Ekmeklik Buğdayda Bor Toksisitesine Dirençlilik Kazandırabilecek Genetik Kaynakların Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 22(46):43-47
- HO, S.B, 2000. Boron Deficiency of Crops in Taiwan, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, 106: 1-15.
- HUNT, C. D., 1996. Biochemical Effects of Physiological Amounts Of Dietary Boron, J Trace Elem Med., Voi 9. pp 185-213
- KACAR, B., KATKAT, A.V., 1998. Bitki Besleme, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Vipaş Yayınları, 441s.
- KALAFATOĞLU, E., ORS, N, SAİN, S., YÜZER, H., ERBİL, A. Ç., 1997. Bor Bileşikleri İçeren Atık Suların Arıtılması. TUBITAK Marmara Araştırma Merkezi, 1-9. Gebze- Kocaeli
- KARADENİZ, M., 1996. Cevher Zenginleştirme Tesis Artıkları Çevreye Etkileri Önlemler. MTA MAT Daire Başkanlığı. Ankara: 332 s.
- KAYTAZ, Y.T ÖNAL, G., GÜNEY, A., 1986. Bigadiç Kolemanit atıklarının değerlendirilmesi. I .Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu. Ed Aytekin, C. 1. İzmir. 238-249.
- KELLING, K. A., 2003. Soil and Applied Boron ([www.Liwix.com/ccs/puhs.05/0-1/2003](http://www.Liwix.com/ccs/puhs.05/0-1/2003))
- KÖSE, M., ERTEKİN. S., GÜNDÜZ. M.. ÖZTOPRAK. M.. 1989. Emet Konsantralör Alık Barajındaki Arsenik ve Kolemanitlen Seçimli Olarak Kazanma İmkanları Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik II. Kongresi. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Ankara: 407-415.
- KÖSE, H., EDİZ, N., ERDOĞAN, N., 2002. Dünya Bor Stratejisi ve Borun Türkiye

- için Önemi 1. Uluslararası Bor Sempozyumu Kitabı, s 275-284.
- LOOMIS, W. D., DURST, R. W. , 1992. Chemistry and Biology of Boron Bio Fact Vol 3. pp 229-239
- MASTROMATTEO, E., SULLIVAN, F., 1994. Summary International Symposium on Health Effects of Boron and its Compounds Environ Health Respect, Vol 102(7). pp 139-141
- MEACHEM, S. L., HUND, C. D., 1998. Dietary Boron Intakes of Selected Populations in The United States, Biol Trace Elem Res. Vol 66. pp 65-78
- MOSEMAN, RF, 1994. Chemical disposition of boron in animals and humans. Environ Health Perspect., 102:113-117 (Abstr.)
- MURPHY, R.J., 1990. Historical Perspective in Europe, Proc. of First Int. Conf. On Wood Protection with Diffusible Preservatives 28-30 Nov. Nashville Tennessee, 9-13
- MURRAY, F.J., 1998. A human health assessment of boron, Biol Trace Elem Res, 66:331-341.
- NIELSEN, FH., HUNT, CD., MULLEN, LM., HUNT, JR., 1987. Effect of dietary boron on mineral, estrogen, and testosterone metabolism in postmenopausal women, FASEB J, 1:5, 394-7.
- OZGUL, Ş , 1974. Tuzluluk ve Sodalık. Uluslar arası Sulama ve Drenaj Komisyonu Turk Milli Komitesi, Teknik Rehber. 04.02-02 Neşriyat Vol 2. s 18-34. Ankara
- PEKER, M., 2005. Isparta Yöresi Elma ve Kiraz Ağaçlarının Bor Beslenme Durumlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, s 92
- PROVIN, T.L., PITT, J.L., 2002. Description of Water Analysis Parameters. Soil and Crop Science Department, The Texas A&M University.
- RAINEY, C.J., NYQUIST, L.A., CHRISTENSEN, R.E., STRONG, P.L., CULVER, B.D., COUGHLIN, J.R., 1999. Daily Boron Intake From the American Diet. J Am Diet Assoc. , Mar;99(3):335-40.
- RICHARDS, L. A., 1954, Diagnosis and Impravement Saline and Alkali Soils. U. S. Dept. Agr. Handbook. 60.
- RULKENS, W. H., TICHY, R., GROTENHUS, J.T.C., 1998. Remediation of

- Polluted Soil and Sediment: Perspectives and Failures. Water Sci. Technol. 37, 25-35
- SAMMAN, S., NAGHII, M.R., LYONS, WALL P.M., VERUS, A.P., 1998. The Nutritional and Metabolic Effects of Boron in Humans and Animals, Biol Trace Elem. Res., 66(1-3): 227-35.
- SCHOBEL, S.S., 1993. Toprak Bilimi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, 12. Baskı, 73.
- SÖNMEZ, E, AYTEKİN, Y, 1992. Kırka tıncal cevherinden doğrudan çözeltme ve üç kademeli ilokülasyon yoluyla B<sub>2</sub>O<sub>1</sub> kazanılması. 4. Uluslararası Cevher Hazırlama Sempozyumu. Ed Özbayoğlu. C 2 Antalya 751-764.
- ŞAYLI, B. S., 2002. Bor Mineralleriyle Temasın İnsan Sağlığına Olumsuz Etkilerinin Gösterilemediği Araştırmalarımız I. Bor Çalıştayı. 20-22 Haziran, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir
- ŞAYLI, U., KORKMAZ, M., ŞAYLI, B.S., 2004. Bor Kentlerinden İskele de Postmenopozal Osteoporoz Özelliklerinin Kontrollerle Karşılaştırılması, Aktüel TIP (Artrit ve Osteoporoz Özel Sayısı), 9(4) 11-14.
- TABAN, S., ERDAL, İ., 1999. Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Toprak Üstü Aksamda Bor Dağılımı Üzerine Etkisi, Tubitak
- TANER,S., SADE, B., KAYA, Y., ÇERİ, S., GEZGİN, S., 2003. Bor Miktarı Yüksek Topraklarda Yetiştirilen Makarnalık Buğday (Triticum durum L.) Çeşitlerine Uygulanan Borun Verim ve Bazı Verim Ögelerine Etkisi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, Konya, s 1-12
- THEVENON, M.F., PIZZİ, A., HALUK, J.P.,1997. Non Toxic Albumin and Soja protein Borates as Ground Contact Wood Preservatives, Holz. Roh-Werkstoff 55, s. 293-296
- T.C. BAŞBAKANLIK DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI MÜSTEŞARLIĞI, 1995. YAYIN NO:DPT : 2414 – ÖİK: 474.
- US PUBLIC HEALTH SERVICE., 1992. Toxicological Profile for Boron and Compounds. <http://www.ar.sdi.ctif.aov/toxpronji's/jp> 26.
- UYGAN, D., ÇETİN, Ö., 2004. Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri Seydisuyu Su Toplama Havzası, II.Uluslararası Bor Sempozyumu. 23-25 Eylül. Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.



- YALINKILIÇ, M.K., SU, W.Y., DEMİRCİ, Z., BAYSAL, E., TAKAHASHİ, M., İSHİHARA, S., 1997. Oxygen Index Levels and Thermal Analysis of Wood Treated With Melamine Formaldehyde – Boron Combinations, The Int. Research Group on Wood Preservation, Document , No: IRG/WP 97-30135
- YALINKILIÇ, M.K., 2000. Improvement of boron immobility in the borate-treated wood and composite materials, Ph.d Thesis , Kyoto University
- YAMIK, A., TOSUN, I.Y., GÜNEŞ, N., TOPAL, E., 1995. Kırka Boraks Atıklarının Soda Liçi. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu TMMOB Maden Mühendisleri Odası Eds Köse ve Kızıl İzmir 43-48
- VELİOĞLU, S., ŞİMŞEK, A., 2003. İnsan Sağlığı ve Beslenme Açısından Bor. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, Vol.:4(2). s. 123-130.
- VELİOĞLU, S., ŞAYLI, B.S. ve ALTINSOY, S., 1999. Bor Madeni Havzalarında Üretilen Bazı Gıdalarda Bor Miktarının Belirlenmesi Üzerine bir Araştırma. Gıda. Vol: 24 D.s. 13-19
- VURAL, H., EŞİYOK, D. ve DUMAN, İ., 2000. Ekolojik Sebze Tarımı: Üretim ve Satış Aşamasında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. 3. Sebze Tarımı Sempozyumu, 11-13 Eylül. Isparta.
- WHO, 1998. Boron, Environmental health criteria. A WHO Monograph., World Health Organization. No: 204, Geneva-Switzerland, 201 p.
- WILLIAMS, L.H., 1980. Potential Benefits of Diffusible Preservation For Wood Protection: An Analysis With Emphasis on Building Protection Proc. Of First Int. Conf. On Wood Protection with Diffusible Preservatives, 28-30 Nov. Nashville, Tennessee, s 29-34
- YAMAN, C., MARAŞOĞLU, M., 1998. Bor Minerali Atılarından Üretilen Camsı Maddenin Olası Kullanım Alanları., 4.Seramik Kongresi. Anadolu Üniversitesi. Eskişehir, s 97-102.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1984 yılında Hatay'ın İskenderun ilçesinde doğdu. Lise öğrenimini İbni Sina Anadolu Lisesinde tamamladı. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimine ve 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2007 yılından beri Delta Petrol Ürünleri ve Ticareti A.Ş.'nde Sağlık Emniyet Çevre Uzmanı olarak çalışmaktadır.