

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Besime KARAÖMERLİOĞLU

***MEDİCAGO SATİVA* L. VE *VİCİA SATİVA* L. BİTKİLERİ
KULLANILARAK TOPRAKTAN BOR GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2011

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***MEDİCAGO SATİVA L. VE VİCİA SATİVA L. BİTKİLERİ
KULLANILARAK TOPRAKTAN BOR GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI***

Besime KARAÖMERLİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez .../.../2011 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği 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 Çukurova Üniversitesi Projeleri Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No:

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEDİCAGO SATİVA L. VE VİCİA SATİVA L. BİTKİLERİ KULLANILARAK TOPRAKTAN BOR GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

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

Danışman : Doç. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU
Yıl: 2011, Sayfa: 77
Üye : Doç. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU
: Doç. Dr. Fuat BUDAK
: Yrd. Doç. Dr. Emel YILDIZ

Bu çalışmada, *Medicago Sativa* (Yonca) ve *Vicia Sativa* (Fiğ) bitkileri kullanılarak farklı konsantrasyonlarda $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (sodyum tetra borat) çözeltisi ile kirletilen topraklarda bitkilerin duyarlılıkları araştırılmıştır. $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (sodyum tetra borat) toprağa 0, 2, 10, 20, 30, 40 ve 50 ppm düzeylerinde uygulanmıştır. Deneme sonunda bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki bor konsantrasyonları belirlenmiştir. Bitkilerin bünyelerine aldıkları B konsantrasyonlarından yararlanılarak *Medicago Sativa* ve *Vicia Sativa* bitkilerinin bora karşı duyarlılıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda *Medicago sativa* bitkisinin uygulanan 50 ppm bor konsantrasyonunda yaşamını devam ettirdiği, *Vicia sativa* bitkisinde ise 30, 40 ve 50 ppm lik bor konsantrasyonunda toksik etki yarattığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yonca, Fiğ, Bor Toksisitesi

ABSTRACT

MSc THESIS

RESEARCH ON BORON REMOVAL FROM SOIL USING *MEDICAGO SATIVA* L. AND *VICIA SATIVA* L. PLANTS

Besime KARAÖMERLİOĞLU

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

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Zeynep ZAIÑOĞLU
Year: 2011 Pages: 77
Jury : Assoc. Prof. Dr. Zeynep ZAIÑOĞLU
Assoc. Prof. Dr. Fuat BUDAK
Asst. Prof. Dr. Emel YILDIZ

In this study, *Medicago sativa* (alfa alfa) and *Vicia sativa* (common vetch) plants sensitivity was investigated at polluted soils with different concentration of $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (sodium tetra borate). $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (sodium tetra borate) was applied to the soil as 0, 2, 10, 20, 30, 40 and 50 ppm levels. At the end of the experiment in the plants of roots, stem and leaves B concentrations are determined. B concentration, which is taken into the structure of plants, is being utility the sensitive of *Medicago sativa* (alfa alfa) and *Vicia sativa* plants to the B to be determined was worked. At the results of experiment *Medicago sativa* plant continue to live in 50 ppm B concentration which was applied, *Vicia sativa* plant, 30, 40, 50 ppm B concentrations which the effect of toxic to the plant had been observation.

Key Words: Alfa Alfa, Common Vetch, Boron Toxicity

TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca değerli fikirlerinden ve yardımlarından faydalandığım ve bu tezi hazırlamamda bana büyük destek veren, beni bilgi ve tecrübesiyle destekleyen çalışmamda gösterdiği ilgi ve sabrından dolayı, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Zeynep ZAIMOĞLU' na, hocam Sayın Doç. Dr. Fuat BUDAK' a, rahat bir çalışma ortamının oluşmasını sağlayan hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet YÜCEER' e ve diğer bütün Çevre Mühendisliği Bölümü hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmamda kullandığım çözeltilerin hazırlanmasında bilgi ve yardımları ile katkıda bulunan Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü hocalarından Sayın Yrd. Doç. Dr. Emel YILDIZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım esnasında benden yardımlarını esirgemeyen doktora öğrencisi Çevre Yüksek Mühendisi Gökhan YAMAN'a, Çevre Mühendisi Betül ÇOŞKUN' a, Çevre Mühendisi Oya ÖZEL' e, Çevre Yüksek Mühendisi Nihal BAŞÇI'ya, numunelerin okunma aşamasında bilgi ve yardımları ile katkılarından dolayı Arş. Gör. İ. Orkun DAVUTLUOĞLU' na teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tezin tamamlanmasında bana yardım eden ve hep yanımda olan nişanlım Soner HALAÇLAR' a sonsuz teşekkür ederim.

Bu yoğun süreçte desteklerini benden esirgemeyip maddi manevi hayatımın her döneminde bana yardım eden annem Ayten KARAÖMERLİOĞLU' na ve babam Sefa KARAÖMERLİOĞLU' na ve kardeşlerim Raziye Merve KARAÖMERLİOĞLU' na, İrem KARAÖMERLİOĞLU' na ve Yunus KARAÖMERLİOĞLU' na gösterdikleri sabırdan dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Bor Elementi ve Kullanım Alanları	2
1.1.1. Bor Kullanımının Tarihçesi	4
1.1.2. Bor Mineralleri.....	5
1.2. Dünya’da ve Türkiye’de Bor rezervleri	7
1.3. Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları.....	11
1.3.1. Ham Bor Ürünleri.....	11
1.3.2. Rafine Bor Ürünleri.....	11
1.3.3. Uç Ürünler	12
1.4. Borun Çevresel Etkileri	17
1.4.1. Havaya Etkisi	17
1.4.2. Toprağa Etkisi.....	17
1.4.3. Suyu Etkisi	18
1.5. Borun Canlılar Üzerine Etkisi	19
1.5.1. Borun İnsanlara Etkisi	19
1.5.2. Borun Hayvanlara Etkisi.....	20
1.5.3. Borun Bitkilere Etkisi.....	20
1.6. Bor Kirliliği	27
1.6.1. Türkiye’de Bor Kirliliği.....	28
1.6.2. Bor Toksisitesi	29
1.7. Yeşil Islah (Phytoremediation)	31
1.7.1. Fitoremediasyon Mekanizmaları.....	32
1.7.2. Fitoremediasyonun Avantajları Dezavantajları.....	33
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	35
3. MATERYAL VE METOD	45

3.1.	MATERYAL	45
3.1.1.	Kullanılan Bitkiler ve Özellikleri	45
3.1.2.	Bitki Yetiştirme Ortamı ve Özellikleri	47
3.2.	METOT	48
3.2.1.	Çalışma Düzenineğinin Oluşturulması	48
3.2.2.	Sistemde Kullanılan Bitkilerin Temin Edilmesi	48
3.2.3.	Sistemde Bitki Yetişme Ortamlarının Hazırlanması	48
3.2.4.	Bitki Örneklerinin Hazırlanması	49
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	51
4.1.	İklimsel Şartlar.....	51
4.2.	Bitkisel Gelişim	51
4.3.	Bitkisel Verimlilik	53
4.4.	Bitkinin Bor Alımının Değerlendirilmesi.....	57
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	61
	KAYNAKLAR.....	63
	ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.2.1. Bor rezervlerinin ülkelere göre dağılımı (Roskill, 2010)	8
Çizelge 1.2.2. Türkiye Bor Rezervlerinin Maden Sahalarına Göre Dağılımı, 2010	9
Çizelge 1.3. Bazı temel kayalardaki bor miktarları (Schobel, 1993)	23

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Perkin Elmer Marka Optima 2100 DV OES (Optical EmissionSpectrometer)Cihazı	50
Şekil 4.1. <i>Medicago sativa</i> Bitkisi Boy Ölçümleri.....	52
Şekil 4.2. <i>Vicia sativa</i> Bitkisi Boy Ölçümleri	52
Şekil 4.3. <i>Medicago sativa</i> Bitkisinin Kök Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	54
Şekil 4.4. <i>Medicago sativa</i> Bitkisi Üst Aksam Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	54
Şekil 4.5. <i>Vicia sativa</i> Bitkisi Kök Yaş ve Kuru Ağırlıklarının karşılaştırılması	55
Şekil 4.6. <i>Vicia sativa</i> Bitkisi Üst Aksam Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Karşılaştırılması.....	55
Şekil 4.7. <i>Medicago sativa</i> Bitkisi Aksamlarının Bor Alımının Karşılaştırılması....	57
Şekil 4.8. <i>Vicia sativa</i> Bitkisi Aksamlarının Bor Alımının Karşılaştırılması.....	58

1. GİRİŞ

Bor, bitki büyüme ve gelişmesi için gerekli olan besin elementlerinden bir tanesidir. Bor, toprakta 20-200 mg/kg olmak üzere değişen konsantrasyonlarda bulunur (Anonymous, 2003). Bu borun büyük bir çoğunluğu bitkiler tarafından kullanılamaz, çünkü toprakta bor 4-8 pH aralığında çözülmez. Toprak solüsyonunda çözülebilir halde borik asit olarak bulunur. Bu yüzden bor, toprakta bulunan diğer besin elementlerinden ayrılır.

Bor toksisitesi ülkemizin özellikle kurak ve yarı kurak bölge topraklarında lokal olarak görülen bir mikro besin elementi problemidir (Kalaycı ve ark., 1998; Gezgin 2003). Bor eksikliğine göre B' ca zengin olan topraklar daha az yaygın olmasına rağmen çoğu zaman dünyanın farklı bölgelerinde görülen verim düşüklüğünün başta gelen nedenleri arasında gösterilmektedir (Cartwright ve ark., 1986) .

Dünya topraklarında genellikle kıtlığı gözlenen bor elementinin, Türkiye topraklarında bolluğu gözlenmektedir. Ancak, topraklarda gereğinden fazla miktarda bulunan borun, toksik etkileri nedeniyle bitki büyüme ve gelişmesini sınırlandırıcı etkisi görülmektedir. Bu nedenle B toksisitesine dayanıklı bitki tür ve çeşitlerinin seçilmesi ve yetiştirilmesi, bu yönden sorunlu alanlarda büyük önem taşımaktadır. Bor toleransı düşük olan bitki türleri veya çeşitlerinin B konsantrasyonları genel olarak bora dayanıklı bitki genotiplerinden daha yüksek olmaktadır. Bor fazlalığında, ilk olarak yaşlı yaprakların kenar kısımlarında koyu kahverengi, hatta siyah lekeler oluşmakta, daha sonra bu lekeler iç kısımlara doğru ilerleyerek yaprak kenarlarını içten kuşatmaktadır (Çelik ve ark. 1998). Bu sorunun çözüm yollarından bir tanesi bölgede yetişen ana ürünlerin bor toksitesine dayanıklılığını arttırmaktır.

Bor, topraktaki toksiklik ve eksiklik düzeyleri birbirine çok yakın olan besin elementlerinden birisidir. Bu nedenle topraktaki yeterli B düzeyini korumak son derece güç olup yakın takip gerektirir.

Son yıllarda yapılan fizyolojik ve genetik çalışmalarla bitkilerin yüksek bor konsantrasyonuna tepkilerinde genetik varyasyonların anlaşılması sağlanmış ve bu

çalışmalar yüksek bor içeren topraklarda tolerant genotiplerin kültüvasyonunu kolaylaştırmıştır (Brown ve Hu, 1997).

Bütün bitkilerin normal gelişmeleri için az bir miktar bora ihtiyaçları vardır. Ancak borun bitkilere gerekli miktarı ile zehirlilik seviyesi arasında çok dar bir sınır vardır ve bu sınır bitki türlerine göre değişmektedir. Toprakta veya sulama suyunda kritik sınırların üstünde bor bulunması bitki yapraklarında sararma, yanma ve yarılmalara, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve büyüme hızının yavaşlaması ile verimde azalmaya neden olmaktadır.

Yem bitkilerinden *Medicago sativa* (Yonca)'nın besin değeri, verimlilik ve adaptasyon gibi özellikleri bakımından diğer bitkilerden çok üstündür. Nitekim bu bitkiye sahip olduğu özellikler nedeniyle yem bitkilerinin kraliçesi denilmiştir. Geniş bir uyum (adaptasyon) kabiliyetine sahiptir. -50 °C'den 60 °C'ye kadar değişik iklim ve toprak şartlarında yetişebilmektedir. Yonca bora toleranslı bitki sınıfında olduğundan dolayı bor gideriminde kullanılmak üzere seçildi.

Ülkemizde yetiştiriciliği fazla olan *Vicia sativa* (Fiğ) yem bitkisi bitler tek yıllık olmaları, yazlık ve kışlık olarak ekilebilmeleri nedeniyle ekim alanları daha da artmaktadır. Gelişmelerini sonbahar, kış ve ilkbaharda gerçekleştirerek geç ilkbahar ya da yaz başlangıcında olgunlaşırlar. Fiğler diğer türlerde olduğu gibi hemen hemen her türlü toprakta yetiştirilebilir. Ancak verim kalkerli, killi ve verimli topraklarda daha yüksek olmaktadır.

Bazı bitkiler kendilerine hiç zarar vermeden bünyelerine oldukça fazla bor biriktirebilmektedirler. Bunlar hiperakümülatör bitki grubundadır (Hakkı ve ark., 2005).

Bu çalışmanın amacı farklı konsantrasyonlarda bor ile kirletilen topraktan *Medicago sativa* ve *Vicia sativa* bitkileri kullanılarak topraktan bor gideriminin ve iki bitkinin kök, gövde ve yapraklarında bor birikim kapasitelerinin araştırılmasıdır.

1.1. Bor Elementi ve Kullanım Alanları

Bor, dünya petrol rezervlerine en fazla 50 yıl ömrün biçildiği ve küresel ısınmanın boyutlarının her geçen gün arttığı dünyamızda, “geleceğin petrolü” olarak da adlandırılmaktadır. Ülkemiz açısından büyük stratejik öneme sahip doğal

kaynaklarımızdan biri olan bor minerali, ham olarak kullanılabildiği gibi genel olarak rafine bor bileşiklerine ve uç ürünlere dönüştürüldükten sonra da kullanım alanı bulabilmektedir. Cam endüstrisinden sabun ve deterjanlara, gübre ve tarımsal ilaçlardan aleve dayanıklı malzemelere, elektronik ve uzay teknolojilerine, tarım ve hayvancılık sektörüne kadar uzanan geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çeşitli alanlarda ticari olarak kullanılan bor mineralleri ve ürünlerinin kullanım alanları da giderek artmaktadır (Penland,1998).

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 ± 20 °C'dir. İzotopları B_{10} %19.57, B_{11} %80.43, kristal yapısı tetragonal-hegzagonaldir.

Yoğunluğu kristal ise 2.33 g/cm^3 , amorf ise 2.34 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 izole edilmiştir. 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, adenosin-5-fosfat, piridoksin, riboflavin, dehidroaskorbikasit 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).

1.1.1. Bor Kullanımının Tarihçesi

1850’li yılların başında, Bebek’te mermer isleri ile uğraşan Polonya’lı mülteci Henri Groppler eski ortağı Fransız mühendis Camille Desmazes’e alçı taşından yapıldığını sandığı heykeller hediye eder. Heykellerde yüksek oranda boraks olduğunu anlayan Fransız Camille Desmazes, ortağı ile birlikte Türkiye’de boraks aramaya başlar ve Balıkesir ili Susurluk ilçesi yakınlarındaki Sultançayırı mevkiinde bulurlar. Buldukları “pandermite” adı verilen bir bor minerali türüdür. Fransızlar, pandermiteyi işletilmesi için 1856 yılında Sultandan 37 donum arazi üzerine “alçıtaşı” madeni çıkarmak üzere 20 sene süreli işletme izni alırlar. Bor Osmanlı döneminde yabancı firmalar tarafından “alçıtaşı” olarak işletilmiştir. Bor içeren tuzlar, yani boratlar, 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.

Türkiye’de ilk işletmenin 1861 yılında çıkartılan Maadin Nizannamesi uyarınca 1865 yılında bir Fransız şirketine 20 senelik işletme imtiyazı verilmesiyle başladığı bilinmektedir. 1950 yılında Bigadiç ve 1952 yılında Mustafa Kemal Pasa yöresindeki kolemanit yatakları bulunmuştur. 1956 yılında Kütahya Emet kolemanit, 1961 yılında Eskişehir Kırka boraks yataklarının bulunması ve işletilmeye başlanmasıyla Türkiye dünya bor üretimi içinde 1955 yıllarında %3 olan payını 1962’de %15, 1977’de %39 düzeyine yükseltmiş ve giderek artan üretimi sayesinde de günümüzde ABD’nin en önemli rakibi haline gelmiştir (Ademdir, O, 2002).

Bor doğada serbest olarak bulunmaz, oksijenle birleşerek bor tuzları şeklinde veya silikatlar halinde bulunur. Amorf bor siyah, yeşilimsi-sarı kristalli ve parlak renktedir.

Bor doğada saf halde bulunmaz ve oksijen ile kolayca reaksiyona girer. Belli koşullarda çok yüksek yanma özelliğine sahiptir. Yanması ekzotermik bir reaksiyon olup, reaksiyon sonucunda zararlı gaz emisyonu yoktur. Borun bu özelliğinden dolayı, alternatif motor yakıtı olarak kullanılabilmesi konusunda 1950’lerden bu yana ABD, Fransa, Almanya, Kanada, Rusya gibi ülkelerde çalışmalar devam

etmektedir (Erarslan ve Karakoç, 2002). Borun gelecekte önemli bir motor yakıtı olacağı düşünülmektedir (Demirbaş, 2005; Balat, 2007).

1.1.2. Bor Mineralleri

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

Renksiz ve saydam olarak bulunur. İçindeki çeşitli materyal karışımı ile pembe, sarımsı gri renklerde bulunabilir. Sertliği 2-2.5, özgül ağırlığı 1.7'dir. B_2O_3 içeriği % 36.5'dir. Tinkal suyunu kaybederek kolaylıkla tinkalkonite dönüşebilir. Kille arakatlı tinkalkonit ve üleksit ile birlikte bulunur. Ülkemizde Eskişehir-Kırka yataklarından üretilmektedir.

1.1.2.2. Kernit ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)

Tabiatta renksiz, saydam uzunlamasına iğne şeklinde küme kristaller halinde bulunur. Sertliği 3, özgül ağırlığı 1.95 gr/cm^3 ve B_2O_3 içeriği % 51'dir. Soğuk suda az çözünür. Kırka'da Na-borat kütlelerinin alt kısımlarındadır. Dünya'da ise Arjantin ve ABD' de bulunur.

1.1.2.3. 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. B_2O_3 içeriği % 43'tür. Ülkemizde Kırka, Bigadiç ve Emet yörelerinde, dünyada ise Arjantin'de bulunmaktadır.

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

Kirli beyaz, açık sarımsı renklerde olup ışınsal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunur. Kristal boyutları 5 mm ile 5 cm arasında değişir. B_2O_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.

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

Monoklinik sistemde kristallenir. Sertliği 4–4.5, özgül ağırlığı 2.42'dir. B_2O_3 içeriği % 50.8' dir. Suda yavaş, HCl asitte hızla çözünür. Bor bileşiklerinde en yaygın olanıdır. Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında, dünyada ABD' de bulunur.

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

Bir merkezden ışınsal ve iğne şeklindeki kristallerin rasgele yönelmiş ve birbirini kesen kümeler halinde bulunur. Lifsi bir dokuya sahiptir. B_2O_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.

1.1.2.7. Pandemit ($\text{Ca}_2\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)

Beyaz renkte ve yekpare olarak teşekkül etmiş olup kireçtaşına benzer. Ülkemizde Sultançayırı ve Bigadiç yataklarında gözlenmektedir. B_2O_3 içeriği % 49.8' dir.

1.2. Dünya’da ve Türkiye’de Bor rezervleri

Bor, yeryüzünde toprak, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Toprağın bor içeriği ortalama 10-20 ppm olmakla birlikte ABD’nin batı bölgeleri ve Akdeniz’den Kazakistan’a kadar uzanan yörede yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Deniz suyunda 0.5-9.6 ppm, tatlı sularda ise 0.01-1.5 ppm aralığındadır. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik boyutlardaki bor yatakları, borun oksijen ile bağlanmış bileşikler olarak daha çok Türkiye ve ABD’nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesinin yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır.

Ø Dünyadaki bor mineral rezervleri oluşumu başlıca üç kuşaktır:

1. Amerika Bileşik Devletleri’nin Güneybatı bölgesinde, Mojave Çölü bölgesindedir. Bu bölge şu anda dünyanın en büyük üreticilerinden biri olan US Borax’ın işlettiği rezervlerin bulunduğu bölgedir.
2. Türkiye’nin de yer aldığı Güney Orta Asya Alp kuşağı denilen bölgedir. Bu kuşaktaki bor rezervleri Çin’den başlayıp Kazakistan, Kuzeydoğu Rusya, Türkiye özellikle iç Ege ve Marmara Bölgesinde değişik tuzlar halinde dünyanın en büyük bor rezervleri bulunmakta, eski Yugoslavya ve Sırbistan’dadır. Burada bu bölgeden sonra bor rezervleri bitmektedir.
3. Güney Amerika And kuşağı rezervidir.

Dünyada en büyük bor rezervleri Türkiye’de Emet, Kırka, Bigadiç bölgeleri ile ABD’de Kaliforniya’da bulunmaktadır. Dünyada en fazla bor rezervine sahip ülke Türkiye’dir (Uslu, 1996). Dünyadaki toplam bor rezervi B_2O_3 bazında 1,176 milyar tondur (Eti maden, 2006). Türkiye 851 milyon ton rezerv ile %72,2 paya sahiptir (Eti maden, 2006). Dünya toplam yıllık üretim 4 400 000 ton mertebesinde olmuştur. Önemli üretici ülkelerin bu üretimdeki payları sırasıyla, Türkiye % 33, ABD % 28, Rusya % 23 ve diğer ülkeler % 16 düzeyindedir. DIE, İstatistikler Dünyanın çeşitli bölgelerindeki bor rezervleri ve % oranları aşağıda görülmektedir.

Çizelge 1.2.1. Bor rezervlerinin ülkelere göre dağılımı (Roskill, 2010)

Ülke	Toplam Rezerv (Bin ton B ₂ O ₃)	Toplam Rezerv (% B ₂ O ₃)
Türkiye	885.000	71.3
A.B.D.	80.000	6.5
Rusya	35.000	2.8
Çin	47.000	3.8
Arjantin	9.000	0.7
Bolivya	19.000	1.5
Şili	41.000	3.3
Peru	22.000	1.8
Kazakistan	102.000	8.2
İran	1.000	0.1
Toplam	1.241.000	100

Bor elementinin yer kabuğundaki dağılımı çok az olmasına karşın, belli alanlardaki B konsantrasyonunun çok fazla olması ve olağanüstü artışı ekonomik B yataklarının oluşumunu sonuçlar. Türkiye’de bilinen B yataklarının tümü Batı Anadolu’da; Marmara Denizi’nin güneyinde, doğu-batı doğrultusunda yaklaşık 300 km’lik ve kuzey-güney doğrultusunda ise 150 km’lik alan içinde Bigadiç ve Sultançayır (Balıkesir), Kestelek (Bursa), Emet (Kütahya) ve Kırka (Eskişehir)bölgelerinde bulunmaktadır (Gök ve ark., 1979).

Bor madeni Türkiye’nin özellikle kuzey batı bölgelerinde bulunmaktadır. Türkiye’deki bor yataklarının bulunduğu yerler Emet-Kütahya (Kolemanit), Kırka-Eskişehir (Tinkal), Bigadiç-Balıkesir (Kolemanit ve Üleksit) ve Kestelek- Bursa (Kolemanit)’dır (Acarkan, 2002). Türkiye’de bor madeni bor mineralleri ve kimyasallarının tek üretici ve ihracatçısı olan Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilmektedir. Bor minerali üretiminin %40’ı ham ve konsantre cevher olarak ihraç edilmekte olup, geri kalanı borik asit, boraks pentahidrat, boraks dekahidrat, sodyum perborat ve susuz boraks gibi rafine ürünlere dönüştürülmektedir (İGEME, 2006).

Kırka'daki tinkal cevheri yaklaşık %25–26 civarında B_2O_3 ihtiva etmekte, çıkarılan cevher Kırka'daki 1.150.000 ton/yıl cevheri isleyecek kapasitedeki konsantratör tesislerinde zenginleştirilerek B_2O_3 oranı %32-33'e yükseltilmekte ve tane büyüklüğüne göre klasifiye edilmektedir. Kırka Konsantratör Tesisi 1975 yılından beri faaliyettedir. Emet'te bulunan ve yaklaşık %28 ile %37 arasında B_2O_3 ihtiva eden kolemanit yataklarından çıkarılan cevher ise toplam 1.200.000 ton/yıl cevheri isleyecek kapasitedeki konsantratör tesisinde yıkanarak B_2O_3 oranı %43-45'e yükseltilmekte ve ürün klasifiye edilmektedir. Bor ürünleri üreten tesisler, Bandırma ve Kırka'da bulunmaktadır. Toplam bor konsantresi ürünü üretimi 1.760.000 ton/yıldır.

1978 yılından itibaren Türkiye'deki bor madenlerinin işletilmesi ve pazarlanması Eti Holding A.Ş. tarafından yürütülmektedir. 2004 yılında Eti Maden İşletmelerinin bor üretimi brüt bazda; 1. 697. 000 ton konsantre cevher ve 715. 000 ton rafine bor'dur (Eti Maden İşletmeleri, 2010).

Çizelge 1.2.2. Türkiye Bor Rezervlerinin Maden Sahalarına Göre Dağılımı, 2010

Maden Sahası	Tabii Borat	Toplam Rezerv (Bin Ton)	% B_2O_3
Bigadiç, Balıkesir	Kolemanit,Üleksit	623.459	29-31
Emet, Kütahya	Kolemanit	1.682.562	28-30
Kestelek, Bursa	Kolemanit	6.995	29
Kırka, Eskişehir	Tinkal	750.620	26

Türkiye'nin bor madeni kullanım miktarı ancak dünya üretiminin % 1-2'si civarında gerçekleşmektedir. Dolayısıyla Türkiye dünya çapında bor üreticisi olmasına rağmen, bora dayalı ya da bor kullanan endüstrilerde tamamen dışa bağımlıdır. Sahip olduğu yüksek miktar ve kalitedeki bor madeni rezervlerinden yeterince yararlanamayan Türkiye, gelişmiş ülkelere ham bor ihraç ederken, boraks, sodyum perborat gibi katma değerleri yüksek bor ürünleri piyasasını rakip ülkelere bırakmaktadır. Türkiye'nin, 2002 yılında 186 milyon \$ olan bor ve bor ürünleri ihracatı, 2005 yılında, 2002 yılına nazaran % 61 artarak 299 milyon \$'a yükselmiştir.

Öte yandan, Türkiye 2004 yılı itibariyle dünya bor üretiminin % 33'ünü karşılarken, ABD ise bu üretimin ancak % 27'sini karşılamıştır. Buna rağmen Türkiye 1.5 milyar \$'lık dünya bor pazarından yalnızca 250 milyon \$ ihracat geliri elde ederken, ABD ise 650 milyon \$ gelir elde etmiştir. Bu durum büyük ölçüde Türkiye'nin dünya bor madeni pazarını yeterince kontrol edememesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca ABD pazarda sadece katma değeri yüksek rafine bor ürünleri satarken, Türkiye'nin bor madeni ihracatı katma değeri düşük ham bor şeklinde gerçekleşmektedir. Öte yandan, Türkiye bor madeninin % 86'sını ham, % 14'ünü ise bor ürünü olarak ihraç etmektedir. Bu nedenle 1.5 milyar \$ olan dünya bor ürünü piyasasından, ham bor madeni hariç, Türkiye ancak % 7 pay alabilmektedir. Dolayısıyla bor madenlerimizin GSMH içindeki payı ise sadece % 0.5 olarak gerçekleşmektedir (Polat, 2006).

Türkiye sahip olduğu bor mineralleri ve rezervlerinin büyüklüğü, minerallerin dünya pazarlarında aranılan nitelikleri ve çeşitliliği açısından önemli bir konumda olup, dünya rezervlerinin yaklaşık %62'sine sahiptir (Poslu ve Arslan,1995).

Türkiye'nin bilinen bor yataklarını Bigadiç-Balıkesir {kolemanit, üleksit), Kırka-Eskişehir (tinkal), Emet-Kütahya (kolemanit) ve Kestelek- Bursa (kolemanit, üleksit, probertit) oluşturmaktadır. Türkiye'nin 800milyon ton dolayında olan rezervinin, %64,4'ünü kolemanit, %31,8'ini tinkal, %3,7'sini üleksit mineralleri oluşturmaktadır (DPT, 2000).

Türkiye'nin geniş bor rezervlerinin yanısıra, üretim açısından da avantajları bulunmaktadır. Bor cevherlerimiz nispeten dar bir sahada büyük yataklar halinde konuşlanmıştır ve açık ocak yöntemleriyle üretim yapılabilir. Aynı zamanda, bor cevherlerimizin zenginleştirilmesi de nispeten kolaydır. Borun çeşitli bor türevi 250'i aşkın alanda kullanılmaktadır. En önemli kullanım alanlarımız deterjan, cam, seramik, tarım, tekstil sanayi oluşturmakta ve bu alanlardaki tüketim toplam tüketimin yaklaşık %80'nini kapsamaktadır (Güyağüler, 2001; Uncu, 2001; Özpeker, 2001).

1.3. Bor Ürünlerinin Başlıca Kullanım Alanları

Endüstride kullanılan bor ürünleri, Üretim aşamaları ve prosesleri ile kullanım alanları dikkate alınarak, ham bor, rafine bor ürünleri ve uç ürünler şeklinde 3 gruba ayrılmıştır.

1.3.1. Ham Bor Ürünleri

Dünyada üretilen bor cevherlerinin hemen hemen tamamı bir zenginleştirme İşleminden sonra, ya parça ya da öğütülmüş konsantre halinde pazarlanır ve kullanılır. Bu tür ürünler ham bor olarak tanımlanabilmektedir.

Ham bor ürünleri % 90 dolayında borik asit, boraks penta ve dekahidrat gibi rafine bor ürünleri üretiminde kullanılmaktadır (Güyagüler, 2001). Bunun yanı sıra, çeşitli amaçlara yönelik cam elyafı (fiberglas), borosilikat cam, nükleer uygulamalar ve metalürjide kullanılmaktadır. Özellikle, borlu çelik yapımında kolemanit, çelik üretiminde fluorit yerine üleksit ve kolemanit tercih edilmeye başlanmıştır.

Türkiye tinkal, üleksit ve kolemanit konsantreleri üretip, Dünyaya satmaktadır. Türkiye bu satışlar ile Dünya konsantre satışlarının (387.000 ton B_2O_3) yaklaşık 80'nini karşılamaktadır. Diğer bir ifadeyle, Dünya üleksit ve kolemanit konsantresi talebinin hemen hemen tamamını Türkiye karşılamaktadır ve bu satışlar ile 85-90 milyon US \$ gelir elde edilmektedir (Sapmaz, 2001).

1.3.2. Rafine Bor Ürünleri

Rafine bor ürünlerinin temel kullanım alanları olarak, cam ve cam elyafı, sabun ve deterjan, seramik, yangın geciktirici gereçler, taran, nükleer uygulamalar, metalürji, ilaç ve kozmetik, elektronik ve bilgisayar sanayi dalları sayılabilir.

Rafine bor ürünleri borun en çok tüketilen türevlerini oluşturmaktadır. Bu kullanım alanlarıyla ilgili daha detaylı bilgi izleyen bölümde verilecektir. Rafine boraks ürünleri (Boraks penta ve dekahidrat, susuz boraks) üretim tesislerinin toplam Dünya kurulu kapasitesi 1.600.000 ton dolayında olup, bunun 452.000 tonu

Türkiye'de bulunmaktadır. Türkiye'nin boraks penta ve dekahidrat üretimi ise yıllık 135.000 ton B_2O_3 düzeyindedir; bu üretim düzeyi Dünya üretiminin % 23'ünü oluşturmaktadır.

Dünya borik asit üretim kapasitesi ise 800.000 ton dolayındadır. Kurulu kapasitenin %25'i US Boraks' a, % 1 ' i Eti Holding AŞ'ye aittir. Türkiye'nin borik asit üretimi 30.000 ton B_2O_3 dolayında olup, Dünya üretiminin, ancak, %11'ini oluşturmaktadır (Güyagüler, 2001; Sapmaz, 2001; Roskill, 1999).

1.3.3. Uç Ürünler

Uç ürünler, daha önce belirtilen ham ve rafine ürünlerden üretilirler. En Önemli özelliklerini ileri teknoloji gerektiren yöntemler ile üretilmeleri oluşturmaktadır. Ham ve rafine bor ürünlerine göre üretilen uç ürün sayısı daha fazladır. Burada, nispeten, daha büyük oranda üretilip, tüketilen uç ürünlere yer verilmiştir. Belli başlı uç ürünler arasında elementer bor, bor karbür, bor nitrür ve bor alaşımları (demirli, nikelli ve kobalt) sayılabilir (Güyagüler, 2001; Addemir, 2001).

Elementel bor, günümüzde askeri faaliyetler sırasında, aydınlatma amacıyla kullanılmaktadır. Bor karbür, uç ürünler içinde en çok kullanılanlardan biridir. Bu malzemenin en önemli özelliklerinden biri, elmaştan sonra ikinci en yüksek sertliğe sahip olmasıdır. Yüksek sıcaklığa dayanıklıdır ve nötron absorpsiyon yeteneği vardır. Bu özellikleri sayesinde askeri araçları zırhlanmasında ve nükleer reaktörlerde kullanılır. Bor nitrür, hegzagonal ve kübik sistemde kristaleşen bir bileşiktir. Hegzagonal bor nitrür, beyaz grafit olarak da tanımlanır.

Oksidasyon direnci olan ve yüksek ısıya dayanan bir bor türevidir. Toz halindeki hegzagonal bor nitrür yüksek sıcaklıklarda yağlama malzemesi olarak geniş bir alanda kullanılmaktadır. Kübik bor nitrür ise elmas sertliğinde bir üründür. Suni elmas diye tanımlanabilmektedir. 1320°C'ye kadar özelliklerini korur (Addemir, 2001). Çeşitli tür aşındıcılarda elmasın yerini almaya başlamıştır. Ferrobor, çeliği bor ile alaşımlandırma ve trafo çekirdeklerinde amorf malzeme olarak kullanılması en önemli kullanım alanını oluşturmaktadır. Nikelli ve kobaltlı bor alaşımları da yüksek frekanslı trafo çekirdeklerinde kullanılmaktadır. Bu alaşımlardan üretilen

teller EKG gibi cihazların sensörlerinin üretiminde tercih edilmektedir. Sıcak preste üretilen T1B2, BN, B4C kompozitleri başka malzemelerin sert TiBCN kompozitiyle kaplanması kullanılmaktadır.

Son zamanlarda borun otomobil yakıtlarında kullanılmasıyla ilgili olarak birçok duyum alınmaktadır, Bor hidrür ya da sodyum bor hidrür ile yapılan yakıtların otomotiv endüstrisinde kullanılacağı ve bu araştırma projelerinin kısa zamanda yaşama geçeceği haberleri internet ortamında yer almaktadır.

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.

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

1. Cam ve cam elyafı sanayii
2. Temizleme ve beyazlatma sanayii
3. Seramik ve emaye sanayii
4. Tekstil sanayii
5. Metalurji sanayii
6. Tarım
7. Nükleer sanayii

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

1.3.3.1. Cam ve Cam Elyafı Sanayi

Günümüzde üretilen borun % 40'ı cam ve fiberglas sanayinde tüketilmektedir (Özpeker, 2001). Cam sanayinde yararlanılan belli başlı bor özellikleri aşağıda verilmiştir:

- Hammaddenin ergime noktasını düşürür.
- Ergimiş ortamın viskozitesini düşürür.
- Camın termal genleşme katsayısını düşürür.

- Canım kırılma indisini büyütür.
- Camın saydamlığını ve parlaklığını artırır.

Her türlü yalıttımdan bilişim sektörüne kadar çok çeşitli alanlarda, farklı amaçlar için kullanılan cam elyafının (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; mikrociplerde, fiber optik kablolarda, yan iletken elemanların üretiminde ve buna benzer birçok elektronik parçanın üretiminde kullanıldığı gibi, diğer bor türevleri de elektronik sanayinde kullanılmaktadır.

1.3.3.2. Temizleme ve Beyazlatma Sanayi

Dünya bor tüketiminin yaklaşık %20'si sabun, deterjan gibi temizlik ürünlerinin üretimine yöneliktir (Özpeker 2001). 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 kumaşı çok az yıpratır; renklerini soldurmaz. Düşük sıcaklıkta bile etkin sonuç verir. Çamaşırın yıkanma süresini düşürür. Su tüketimini azaltır. Makinelerdeki çeliğin aşınmasını ve matlaşmasını azaltır. Deterjanların % 20-25'ini sodyum Perborat oluşturur.

1.3.3.3. Seramik ve Emaye Sanayi

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

- Sinin kıvamlılığını düşürür.
- Sinin yüzey gerilimini düşürür.
- Parlaklığı ve saydamlığı artırır.

1.3.3.4. Tekstil Sanayi

Yanmayı geciktirici özelliğinden dolayı, cam elyafı halinde, tekstil üretiminde kullanılır. Bunun yanı sıra, kumaş boyalarını koruduğu için kumaş boyalarında ve aprelemede kullanılmaktadır.

1.3.3.5. Metalürji Sanayi

Ø Metalürjide yararlanılan özellikler:

- Ergime sıcaklığını düşürür.
- Cürufun akışkanlığını artırır.
- 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 aşındırır ve kesici aletlerde kullanılır.

Son dönemlerde manyetik ayırıcılarda kullanılmasıyla devrim yaratan, sürekli yüksek manyetik alan şiddeti oluşturan magnetlerin içinde nadir metallerin yanı sıra bor da bulunmaktadır. Bor, kaplama sanayinde kullanılan elektrolitlerin oluşturulmasında ve lehimleme işlemlerinde de kullanılmaktadır.

1.3.3.6. Tarım Sanayi

Borun tarım ürünleri üzerinde zıt yönlü etkisi vardır. Çok az miktardaki bor bitkilerin gelişmesine yardım eder. Bu neden ile gübrelere katılır. Fakat borun fazlası bitkiler üzerinde öldürücü etki yapar. Bu özellikten yararlanılarak, yabancı otlar ile mücadelede kullanılmaktadır.

1.3.3.7. Nükleer Sanayi

Bor izotopları nükleer reaksiyonların denetlenmesine yardımcı olur. Çünkü B ve B11 izotoplarının nötron absorblama tesir kesiti yüksektir. 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 (Öztürk,1994).

Yukarıda belirtilen kullanım alanlarının yanı sıra, bor, tıpta, antibakteriyel ve dezenfektan olarak, antiseptiklerde, diş macunlarında, parfümlerde, şampuan ve lens solüsyonlarında kullanılmaktadır. Kimya sanayinde, çeşitli tür boyalarda, elektrolitik işlemlerde, korozyon önleyicilerin üretiminde bordan da yararlanılmaktadır. Dünya yıllık bor tüketiminin (1,5 milyon ton B_2O_3) yaklaşık % 43'ü cam ve cam elyafı sektöründe (640.000 ton/yıl B_2O_3), %19'u sabun ve deterjan sektöründe (270.000 ton/yıl B_2O_3), % iri seramik sektöründe (166.000 ton/yıl B_2O_3) gerçekleşmektedir. Sektörel bazda bor tüketim payları yörelere göre değişmektedir. ABD'de bor tüketiminin % 69'u cam ve cam elyafı sektöründe gerçekleşirken; Avrupa Ülkelerinde sabun ve deterjan sektörü % 35 oranıyla başta gelmektedir. Avrupa'da yıllık bor tüketiminin % 23'ü cam ve cam elyafı sektöründe, % 10'u sır ve emaye sektöründe gerçekleşmektedir (Roskill, 1999).

Yıllık bor tüketiminin Yaklaşık % 75'i Avrupa ve Kuzey Amerika'da gerçekleşirken, Türkiye'nin yıllık bor tüketimi Dünya tüketiminin % 3,6'sı düzeyindedir. Türkiye'nin yıllık ham bor üretiminin % 15-20'si, rafine bor üretiminin ise, ortalama % 30'u yurtiçinde tüketilmektedir (Kılınç, 2001). Son dönemlerde, Türkiye bor tüketiminin % 27'si demir-çelik, % 12'si cam ve cam elyafı, % 38'i

seramik, % 12'si sabun ve deterjan ve % 5'i kimya sektöründe yapılmıştır. Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi, Türkiye'nin yıllık bor tüketimi düşük seviyelerde bulunmaktadır. Aynı zamanda, tüketim alanları da gelişmiş ülkelere farklıdır.

Özellikle, Türkiye'nin cam elyafı üretim ve tüketim çok düşük düzeydedir. Oysa farklı amaçlar için kullanılan cam elyafı tüketimi gelişmiş ülkelerde gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye bu ihtiyaca cevap verecek yatırım ve üretimi yapması ülke menfaati icabıdır.

1.4. Borun Çevresel Etkileri

1.4.1. Havaya Etkisi

Bor, havaya, doğa ve endüstriyel kaynaklardan yayılmaktadır Graedel'e (1978) göre doğal kaynakları okyanusları, volkanları ve jeotermal buharları içermektedir, EPA'ya (1987) göre ise bor bileşikler antropojenik (insan etkinlikleri sonucu) kaynaklar şeklinde havaya karışmaktadırlar (US Public Health Service 1992).

1.4.2. Toprağa Etkisi

Bor toprakta özellikle borik asit veya borat olarak bulunur. Bor, toprak parçacıklarının üzerine absorbe edilmiş olabilir, serbest anyon olarak toprak çözeltisinde bulunabilir veya silikatların bir yapı taşı oluşturabilir (Uygan ve Çetin 2004). Topraklar genel koşullar için doygun çözeltilerindeki bor durumlarına göre az borlu orta borlu yüksek borlu, çok yüksek borlu topraklar olarak dört grup altında sınıflandırılmaktadır. Az borlu toprakları 0,7 ppm'e kadar bor içermekle ve hiçbir bitki için sorun teşkil etmemektedir. Orta borlu topraklar 0,7 -1,5 ppm bor içermekte ve bazı bitkiler için sorun yaratmadığı tespit edilmiştir. Yüksek borlu topraklar 1,5–3,75 ppm bor içermekte ve çoğunlukla bitkiler için tehlikeli, çok yüksek borlu topraklar ise 1,75 ppm den fazla bor içermekte olup bitkiler için tehlikelidir (Özgül, 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 değişebilir iyonların tipi, topraktaki 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 ark., 2003; Velioğlu ve ark., 2003).

1.4.3. Suya Etkisi

Borun suya etkisi iki açıdan olur. Birincisi, içme sularına etkisi, diğeri ise tarımsal sulama olan etkisidir. Yapılan araştırmalara göre, bilhassa içme sularının yüksek oranda bor içermemesi insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. İçme sulan için, farklı bor sınır değerleri verilmektedir. 1968'de Su Kalitesi Kriterleri Komitesi (Committee on Water Quality Criteria) tarafından verilen sınır 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, 1997; Uygan ve Çetin 2004). Buna göre Bigadiç İskele kasabası, Bigadiç-Osmanca köyü ve Eskişehir- Seyitgazi' de tespit edilen değerler (İskele 674 mg/L, Osmanca 245 mg/L ve Seyitgazi 149 mg/L) üst limiti oldukça aşmaktadır ve söz konusu yönetmeliğe göre içme suyu olarak kullanılmaları sakıncalıdır (Velioğlu ve ark., 2003).

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. Evsel nitelikli atıksular hariç sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksuların da bu kimyasal kriterleri sağlaması gerekmektedir. Atıksuların araziye verilmeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için incelenmesi

gereken en önemli parametrelerden biri de bor konsantrasyonudur. Toprakta veya sulama suyunda kritik sınırların üstünde bor bulunması bitki yapraklarında sararma, yanma ve yarılmalara, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve büyüme hızının yavaşlaması ile verimde azalmaya neden olmaktadır (AAT Teknik Usuller Tebliği,2010).

1.5. Borun Canlılar Üzerine Etkisi

Borun doğrudan proton verici rol oynayarak ve hücre zarı yapısı ve fonksiyonlarına etki ederek canlı sistemlere katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bor, bitkilerin büyüme ve gelişmesinde gerekli olan bir elementtir. Hayvanlarda ve insan dokularında ise küçük konsantrasyonlarda bulunur (Gregory ve Kelly, 1997). Siyano bakterilerin azot döngüsünde borda kullandıkları bilinmektedir (Ho, 2000).

1.5.1. Borun İnsanlara Etkisi

Bor bileşikleri; vücuda solunum ve sindirim yollarıyla veya mukoz membranlar (sindirim ve solunum organlarının iç yüzeyini kaygan bir madde ile örten zar) aracılığı ile girer. Çözünen bor bileşikleri alınmasından sonra, beyin omurilik sıvısının derişimi artar, en yüksek derişimlere beyin, karaciğer ve yağ dokularında rastlanır. En fazla kemiklerde birikir. Genellikle üre, dışkı, süt ve ter ile vücuttan atılır. İnsan üzerinde borik asit ve boraks etkisi, mide bulantısı, şiddeti kusma, karın ağrısı ve ishal ile akut zehirlenmenin belirtilerini gösterir. Karakteristik diğer bir belirtide deri döküntüleri ile sonuçlanan kızartılı isiliktir. Ciddi durumlarda taşikarti ve akteriyal basınçta düşme ile şok olabilir. Öldürücü doz çocuklar için 5-6 g, yetişkinler için ise 10-25 g'dır (Baykut ve ark., 1987).

İnsanların beslenmesi açısından bor ise başta meyve ve sebzelerden olmak üzere yiyecek ve içecekler yoluyla günde 10-20 mg bor vücuda alınabilmektedir, içme suyunda bor için sınır değeri 5 mg/L olarak önerilmektedir (FAO, 1985). Vücuda nasıl girerse girsin, % 90-95 kadarı vücutta birikmeden hemen üre ile dışarı atılmaktadır. Yani vücutta pek tutulmamaktadır. Yalnızca, kemik, tırnak ve kıllarla

karaciğer ve dalak gibi organlarda biraz birikmektedir. Bazı kaynaklarda bor tozlarıyla temas eden işçilerin sperm sayısında düşüklük, cinsel hayatlarında gerileme olduğu iddia edilmiştir. Ancak ülkemizde ve dünyada yapılan pek çok araştırmada borun kısırlığa yol açmadığı sonucuna varılmıştır (Cantürk, 2002).

İnsanlar için borik aside maruz kalınabilecek en düşük doz 640 mg/kg vücut ağırlığı ağız yoluyla, deri yoluyla 8600 mg/kg vücut ağırlığı ve damar enjeksiyonu yoluyla 29 mg/kg'dır (Stokinger, 1981) . Borik asit ve borax yüzyılların başında ilaçlarda tedavi amaçlı kullanıldı. Borik asit, epilepsi ve bulaşıcı hastalıklar gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanıldı (Kliegel, 1980) .

1.5.2. Borun Hayvanlara Etkisi

Borik asitin hayvanlar için öldürücü dozu, hayvanın türüne bağlı olarak hayvanın her kg'ı için 1.2-3.45 g arasında değişmektedir. Hayvan içme suyunda 2500 mg/L borik asit bulunması büyümeyi engellediği için zararlıdır. Alabalık üzerine yapılan bir araştırma sonucuna göre 2000 mg/L borik asit derişiminin balığa herhangi bir zarar vermediği, 5000 mg/L' nin ise balığın derisinde koyulaşmaya neden olduğu ortaya koyulmuştur (DSİ, 1983). Küçük deniz balıklarının 20 °C de 6 saat süreyle damıtık suda 18-19 g/L veya sert suda 19.0-19.5 g/L bor iyonu ile teması öldürücü doz olarak tespit edilmiştir. Bir süt ineğine 40 gün boyunca 16-20 g/gün borik asit verilmesi durumunda herhangi bir etki gözlenmemiştir (Cantürk, 2002). Ağız yoluyla birim kg vücut ağırlığına 3000-4000 mg gibi çok yüksek dozlar sığanlarda kısa sürede depresyon ve titremeler yaratmakta ve hayvanı ölüme götürmektedir. Ayrıca farelerde ishal, köpeklerde ise kusma gibi belirtilerde gözlenmektedir.

1.5.3. Borun Bitkilere Etkisi

Borun bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli bir element olduğu ilk olarak 1923'te Warington tarafından kanıtlanmıştır (Ho., 2000). Bitkilerdeki bor içeriği topraktan alabildiği kadardır. Aynı bitkinin büyüme değişimi bulunduğu topraktaki bor miktarına göre farklılıklar göstermektedir.

En iyi bilinen bor kaynağı bitkiler; yapraklı sebzeler, turuncgil dışındaki meyveler, kuruyemişler, baklagiller, tahıllar ve su bitkileridir. Avusturalya topraklarının kumlu olmasından kaynaklanan bor eksikliği nedeniyle burada yetişen bitkilerdeki ve birtakım gıdalardaki bor içeriği diğer bölgelere göre oldukça düşüktür. Örneğin Fındık bitkisinin bor içeriği Türkiye’de (Karadeniz Bölgesinde) ortalama 15 ppm iken (Şimşek ve ark., 2003) Avusturalya’da 0.277 ppm , üzümdeki bor içeriği Türkiye’de (İç Anadolu Bölgesinde) 5-6 ppm iken Avusturalya’da 0.451 ppm’ dir (Gregory ve Kelly, 1997).

1.5.3.1. 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 (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3: Bor gereksinimlerine göre bitkilerin gruplandırılması (Kacar ve Katkat, 1998)

Bor gereksinimi az olan bitkiler	Bor Gereksinimi orta olan bitkiler	Bor Gereksinimi fazla olan bitkiler
Buğday	Çayır Üçgülü	Elma
Yulaf	Kırmızı Üçgül	Yonca
Arpa	Ak Üçgül	Kırmızı Pancar
Kara Buğday	Taş Yoncası	Şekerpancarı
Soya Fasulyesi	Tütün	Şalgam
Bezelye	Domates	Lahana
Yeşil fasulye	Mısır	Karnabahar
Lima Fasulyesi	Marul	Kuşkonmaz
Patates	Şeftali	Ayçiçeği
Çilek	Kiraz	Turp
Ahududu	Zeytin	Kereviz
Yassı Salkım Otu	Pamuk	
Brom Otu	Tatlı Patates	
Keten	Yer Fıstığı	
	Havuç	
	Soğan	
	Armut	

1.5.3.2. 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 bileşikler 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.

1.5.3.3. Bitkilerde Bor Alımına Etki Eden Faktörler

a) Ana Materyal:Topraklarda 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)

Ø Toprakta 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).

Borun az bir kısmı da suda çözünür durumda bulunur(Schobel, 1993). Temel bazı kayalardaki bor seviyeleri aşağıda görülmektedir (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4. Bazı Temel Kayalardaki Bor Miktarları (Schobel, 1993)

Kaya Sınıfı	Kaya Türü	Bor Konsantrasyonu (mg/kg)
Lav	Granit	15
	Bazalt	5
Metamorfik	Kireç taşı (mermer)	20
Sediment	Kumtaşı	35
	Tortullu şist	100

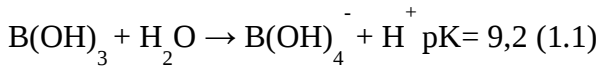
Lav kayalarından çıkarılan topraklar genelde dünyanın tropikal bölgelerinde bulunur. Bu topraklar sediment kayalarından oluşan topraklara göre daha az bor içeriğine sahiptirler. Sediment kayaları kurak ya da yarı kurak bölgelerde bulunur. Bunlar sıcaklığın etkisi ile çatlayan kayalardır. Deniz kumu tortulları çok yüksek miktarlarda bor içermektedir. Asit granit ve diğer lav kayalarından oluşan topraklar ile düşük organik madde içeren toprakların bor içerikleri oldukça düşüktür.

Ø Bor eksikliğine yol açan temel toprak koşulları:

1. Borca fakir olan, asit granit kayaları ve diğer lav kayalarından oluşan topraklar tatlı su sediment topraklar,
2. Doğal asidik toprakları,
3. Hafif yapılı killi topraklar ve çakıllı topraklar,
4. Alkalın topraklar, özellikle de kalkerler,
5. Bor içeriği düşük olan sulama suyu ile sulanmış topraklar ile tuz ve karbonat depolanmış sulama suyu ile sulanmış topraklar,
6. Organik madde içeriği az olan topraklar,
7. Yağmur sezonu bitmiş, kuraklık geçiren topraklardır.

b) 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 alınamaz hale gelir. Bu nedenle kireç uygulaması bazen bitkilerde bor eksikliğine yol açar (HO., 2000). PH değeri 7'nin altına düşerse borun tamamı disosiye olmadan $B(OH)_3^0$ şeklinde bulunmaktadır. Yüksek pH değerinde ise

aşağıdaki eşitliğe göre $B(OH)_4^-$ iyonları oluşmaktadır:



PH değeri 7 olduğunda ise toprak çözeltisindeki çözünmüş borun % 99'u $B(OH)_3^0$ ve % 0,9'u $B(OH)_4^-$ şeklindedir. Bitkiler topraktan boru $B(OH)_3$ 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).

- c) **Toprak 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).
- d) **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.
- e) **Organik Madde:** Sıcak su ile ekstrakte edilebilen bor ile toprağın organik madde içeriği arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır.
- f) **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 bulundukları tespit edilmiştir. Bundan dolayı çinko bitkilerde borun aşırı birikerek toksik etki oluşturmasını da önlemektedir (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 bulundukları tespit edilmiştir. Bundan dolayı çinko bitkilerde borun aşırı birikerek toksik etki oluşturmasını da önlemektedir (HO., 2000).

g) 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).

1.5.3.4. 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 $B(OH)_4$ 'ün 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).

Organik ve kimyasal gübreler bor kaynağı olarak başarılı bir şekilde kullanılabilir. Ahır gübresi 17.4 mg B/kg içerir. Bor içeren kimyasal gübreler toprağa uygulandığı gibi yapraklara püskürtülerek de uygulanabilir. Boraks ve sodyum tetraborat en çok tanınan ve uygulanan borlu gübrelerdir. Kullanılma yönünden bunları sodyum pentaborat ile solubor izler. Solubor dışında diğer sodyum boratlar toprağa doğrudan uygulandığı gibi yüksek çözünme özellikleri nedeniyle püskürtülerek de başarılı bir şekilde kullanılabilirler. Borik asidin uygulanması sınırlıdır. Doğal olarak oluşan ve bir kalsiyum bor bileşiği olan kolemanit az çözünme özelliği nedeniyle özellikle kumlu topraklarda uygulanmakta ve sodyum boratlara göre daha az yıkanarak yitirilmektedir. Suda çözünmesi çok az olan bor frits'den özellikle ince öğütülerek uygulanması durumunda yarar sağlanabilmektedir.

1.6. Bor Kirliliği

Potansiyel toksik iz elementler toprakların kirlenmesine neden olan önemli kirleticiler olarak dikkate alınmaktadır. Bu elementler doğada tolerans değerlerini aşan bir konsantrasyona ulaştıklarında hızlı bir şekilde ekosisteme yayılarak bitkiler-hayvan ve insan için toksik etkilere neden olurlar. Yaşayan organizmalara zarar veren, küçük miktarlarda dahi doğal sistemi bozan bu elementler Adriano, (1986) tarafından iz elementler olarak tanımlanmıştır. Esas olarak iz elementler toprak ana materyalinde oluşurken insan aktiviteleri sonucu topraklara katılım ile birlikte miktarları devamlı olarak artmaktadır. Bu katılımlar kimyasal gübreler, endüstriyel atıklar, maden kalıntıları ve otomobil emisyon gazları ile olabilmektedir. İz element kirliliğinin ana bir kaynağı da belediye kaynaklı atıklardır (arıtma atık çamuru, lağım pisiği). Başlıca toksik iz elementleri belirtecek olursak; Arsenik(As), Bor(B), Krom(Cr), Kadmiyum(Cd), Bakır(Cu), Kurşun(Pb), Mangan(Mn), Cıva(Hg), Molibden(Mo), Nikel(Ni), Selenyum(Se) ve Çinko(Zn) olarak belirtebiliriz (Adriano, DC, 1986).

Borun yüksek konsantrasyonları toprakta ve yeraltı sularında doğal olarak oluşabilir veya toprak gübreleriyle, sulama sularıyla, endüstriyel atıksularla ve maden atıklarıyla sonradan karışabilir. Bor fazlalığı genellikle toprakta jeolojik genç depozitlerden, çorak topraklardan, marine sedimetlerinden elde edilmiş topraklardan ve madencilik faaliyetleri gibi kirletici kaynaklar tarafından kirlenen topraklardan oluşur (Sprague, 1972).

1.6.1. Türkiye’de Bor Kirliliği

Ülkemizde atık sularla kirlenmiş akarsuların sulama amaçlı kullanılmaları sonucu yaygın olarak bazı yöre topraklarımızda bor kirliliği ve buna bağlı olarak bu yörelerde yetiştirilen bitkilerde B zehirlenmesi sorunları ile karşılaşılmaktadır (Silanpaa, 1990).

Türkiye’de özellikle Batı Anadolu Bölgesi’nin Dünyadaki B rezervlerinin %61’ine sahip olduğu ve bölgede B kirlenmesinin su kaynaklarının ve tarım alanlarını etkileyen önemli bir problem olduğu bilinmektedir (Nebiler, 1999; Özkurt, 2000).

Ülkemizde boraks işletmelerinin bulunduğu bölgelerde ve jeotermal amaçlı kuyulardan çıkan atıkların karıştığı yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının bor konsantrasyonu yüksek olabilmekte ve sulama açısından tehlikeli sorunlar yaratacak durumdadır. Buna örnek olarak Sındırgı, Bigadiç, Balıkesir ovalarını sulayan Simav çayının memba tarafında bulunan boraks işletmelerinin suyu ile kirlenmesi ve bor içeriğinin 7 ppm'e kadar yükselmesi gösterilebilir. Ayrıca B. Menderes havzasının yukarı kısımlarında Germencik ve Sarayköy'de açılmakta olan jeotermal amaçlı kuyuların atıklarının B. Menderes nehrine karışması geniş tarım alanlarında borla kirlenmeye neden olabilecektir. Ege bölgesinde, buna benzer örneklerle, Balçova ovasının yeraltı sularının borla kirlenmesi, Eskişehir Kırka yöresindeki boraks madenleriyle kirlenme katılabilir (Boncukçuoğlu ve Kocakerim, 2003).

Türkiye’de başlıca bor üretimi, Kütahya ile Balıkesir il merkezleri arasında 200 km uzunlukta ve 70–120 km enindeki bir kuşak boyunca yer alan Bigadiç, M. Kemalpaşa, Emet ve Kırkı yörelerinde yapılmakta, bu maden üretim merkezleri

Simav, Kirmastı ve M. Kemalpaşa su toplama havzaları içinde bulunmaktadır. Üretim sırasında su kaynaklarına boşaltılan borlu drenaj ve yıkama suları, hem Simav Çayı'nı hem de Uluabat Gölü ile Marmara Denizi'ni kirletmektedir. Yöredeki tarım topraklarının sulanmasında Simav Çayı kollarından başka önemli bir seçenek bulunmamaktadır. Bu sebeple Simav, su toplama havzası içindeki 117274 hektar tarım alanından 94358 hektarı bor kirliliğinden etkilenmektedir (Ural, 1995).

Ayrıca bor içeriği yüksek sular sebebiyle Afyon, Aksaray, Bigadiç, Burdur, Konya-Ereğli, Eskişehir, Germencik Ömerbeyli, Iğdır, Karasaz, Kayseri, Yüksekova ve Salihli yörelerindeki topraklarda yüksek düzeyde B kirliliği görülmektedir.

Açık ocaklarda bor cevheri elde edilirken, cevherin üzerinde bulunan borca zengin örtü tabakası tıraşlanarak atılmaktadır. Borca zengin olan ve pasa adı verilen bu artıklar erozyon ve yağışların etkisiyle hem akarsulara ulaşmakta, hem de geçtiği yerlerdeki toprakları kirletmektedir (Anonymous, 2003).

Dünyada sucul ortamlardaki bor kirliliğinin kaynakları, ikinci kullanım atık sular olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'de ise sucul ortamlardaki bor kirliliği direk olarak bor üretimi yapan işletmelerden artık ve yıkama suları yoluyla olmaktadır (Çengel, 1989).

1.6.2. Bor Toksisitesi

Bor toksisitesi dünyanın hemen her yerinde kurak ve yarı kurak bölgelerin tarım topraklarında bitki yetiştiriciliğini sınırlandıran bir beslenme sorunudur (Cartwright ve ark. 1986). Bor toksisitesi topraklarda doğal olarak oluşabildiği gibi, özellikle yüksek B içeren suların (Nable ve ark. 1997), ya da kompost gübrelerinin kullanılması sonucunda veya linyit kömürü kullanan termik santrallerin civarında yetiştiricilik yapılması durumunda yaygın olarak ortaya çıkabilmektedir (Bergmann 1992; Marschner 1995; Güneş ve ark. 2002).

Bitkisel üretimi sınırlandıran temel beslenme sorunlarının başında topraktaki besin maddelerinin bitkilere yararlılığının yetersiz olması gelmektedir. Kurak ve yarı kurak bölge topraklarında yetişen bitkilerde bor toksisitesinin bitkisel üretime zarar verdiği bilinmektedir (Gupta, 1985; Nable, 1997).

Bor toksisitesi önemli bir düzensizliktir ki bitkilerin arid ve semid topraklarda büyümelerinde sınırlayıcı olabilir. Toprak genellikle bitkiler için iz elementlerin temel kaynağıdır. Her nasılsa, belirli hücrelerden suya direkt kalıntı olabilen veya drenaj sularının araziye indirekt uygulanan ve toprağın yüksek B ile kullanılabilirliği gibi durumlar bitkilerde iz elementlerin toksik konsantrasyonları olduğu istisnai durumlar vardır (Kubata, 1980).

Tarımsal üretimi ciddi boyutlarda kısıtlayan B kirlenmesi ve zehirliliğine karşı B duyarlılıkları yüksek olan çeşitlerin kullanılması ve bunların seçimi büyük önem taşımaktadır ve sera koşullarında pek çok bitki çeşidinin aynı anda B'a duyarlılıklarını belirlemek kısa süreli ve ekonomik olduğundan tercih edilmektedir. Bu konuda pek çok bitki çeşidi için değişik araştırmacılar tarafından oldukça fazla sayıda ve yörede araştırmalar yapılarak potansiyel olarak B zehirlilik riski olan yöreler için uygun bitki genotipleri belirlenmektedir. Bor zehirliliğine duyarlılık bakımından bitki çeşitleri arasında genetik olarak önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bor zehirlenmesine duyarlılığı yüksek olan çeşitler hassas çeşitlere göre bünyelerinde daha az miktarlarda B akümüle ederek yüksek B konsantrasyonlarına adapte olabilmektedirler.

Bor toksisitesinin yaygın görülen semptomları kuru madde kaybı, kök uzamasının engellenmesi, meyve çürümesi, yapraklarda öncelikle uç ve kenarlarda başlayan kahverengi lekeler ile klorozla başlayıp nekrozla devam eden bozulmalar (Marschner,1995; Dye, 1983; Oertli, 1993; El-Motaium, 1997) kabuk nekrozları ve kambiyum ölümüne bağlı gövde ölümü (Brown,1996), yaşlı yaprakların yanık bir görünüm alıp erken dökülmesi (Boşgelmez ve ark., 2001) şeklindedir.

Günümüzde yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün genotipleri arasında da B toksisitesine duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların nedeninin bitkilerin B toksisitesinden aynı derecede fizyolojik ve morfolojik olarak etkilenmemesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir (Paull, 1988). Bor toleransı açısından bitki türleri ve çeşitleri arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır (Paull ve ark. 1988). Bu nedenle B toksisitesine dayanıklı bitki tür ve çeşitlerinin seçilmesi ve yetiştirilmesi, bu yönden sorunlu alanlarda büyük önem taşımaktadır. Bor toleransı düşük olan bitki türleri veya çeşitlerinin B

konsantrasyonları genel olarak bora dayanıklı bitki genotiplerinden daha yüksek olmaktadır (Çelik ve ark. 1998).

1.7. Yeşil Islah (Phytoremediation)

Fitoremediasyon çevredeki kirleticilerin alınmasında yada onların zararsız hale getirilmesinde yeşil bitkilerin kullanımı olarak tanımlanır (Raskin ve ark., 1997). Bir diğer deyişle; fitoremediasyon, kirlenmiş toprak ve sudan bitkilerin kullanılarak kirleticilerin uzaklaştırılması işlemidir. pH, toprak yapısı, toprağın organik madde içeriği ve katyon değişim kapasitesi gibi toprak faktörleri bitkinin alacağı ağır metal oranına etki eder (Anderson,1977; Lepp,1981) . Bunun yanı sıra farklı bitki gruplarının ağır metalleri alma dereceleri birbirinden farklıdır ve bazı türler doku ve organlarında spesifik elementleri yüksek konsantrasyonda biriktirirler (Demirezen ve ark., 2004; Cha ve ark.1975). Biriktirilen ağır metal miktarındaki değişim kadar, elementin bitki tarafından sentezlenecek maddeler üzerindeki etkileri türden türe ve elementin mobilitesine göre değişim göstermektedir (Anderson,1977).

Fitoremediasyon toprak sediment, yüzey suyu ve yeraltı suyunda bulunan kirleticilerin arıtımında çevresel ortamları tahrip eden fiziksel iyileştirme yöntemlerine alternatif olarak gösterilen yeni bir teknolojidir. En önemli avantajları etkin, kolay ve ucuz bir yöntem olmasıdır (Bollog ve ark., 1994).

Diğer ıslah teknolojileri ile karşılaştırıldığında toprak dolgusu, fiksasyon ve filtreleme gibi oldukça düşük masraflı, estetik olarak memnun edici ve daha küçük düzenleme kolaylıklarını gerektirir (Glass, 1999).

Bundan başka fitoremediasyon minimal bir çevresel sıkıntı yaratmasıyla büyük avantajlar sunar çünkü tersine toprak matriksini değiştirmez. Böylece başarılı fitoremediasyondan sonra toprak direkt olarak tarımsal amaçlar için kullanılabilir (Salt ve ark., 1998).

1.7.1. Fitoremediasyon Mekanizmaları

Fitoremediasyon teknolojilerini fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon ve rizofiltrasyon olmak üzere üç sınıfta incelemek mümkündür. Ayrıca organik kirleticiler için şu sınıflama yapılmıştır; fitodegradasyon, rizodegradasyon ve fitovolatilizasyon.

- a) **Fitoekstraksiyon:** Toprak, yeraltı suyu ve yüzey sularından kirleticilerin bitkiler ile uzaklaştırılmasında temel mekanizmalardan biridir. Alınan kirletici hızlı parçalanamıyorsa fitoakumulasyon gerçekleşir. Bu mekanizma özellikle BTEX türü organik kirleticilerin gideriminde esastır.
- b) **Fitotransformasyon/fitodegradasyon:** Bu mekanizmada bitki enzimleri ve enzim ko-faktörleri kullanılır. Fitoremediasyonda kullanılan başlıca enzimlerden dehalogenase klorlu bileşiklerin, peroxidase fenolik bileşiklerin, nitroreductase patlayıcıların ve diğer nitratlı bileşiklerin, nitrilase siyanatlı aromatik bileşiklerin, phosphatase organofosfatlı bileşiklerin degradasyonunda görev alırlar.
- c) **Fitovolatilizasyon:** Bu mekanizmada ise bitkiler kirleticilerin buhar ya da gaz fazına geçerek toprak ya da su ortamından uzaklaşmasında görev alırlar. Bazı bitkiler (ör. *Arabidopsis thaliana*) organik ve inorganik civa tuzlarını ucu elemental forma dönüştürürler (Watanabe, 1997).
- d) **Fitostabilizasyon:** Fitostabilizasyon yöntemi toprak ortamında kirleticilerin hareketini minimize eden yöntemlerden biridir. Uygun bitki türünü seçimiyle kirleticilerin toprakta stabilizasyonu sağlanır ve bu kirleticilerin topraktaki canlı hayatına etkisi önlenir (Cunningham ve ark., 1995).
- e) **Fitopumping:** Bu mekanizmada bitkiler, yüksek hacimli kirli suların toplanmasında organik pompa olarak görev yaparlar. Örneğin söğüt ağaçları günlük 200 litrelik su tüketimiyle bu mekanizma için en uygun bitki türlerindedir (Gatliff, 1994).
- f) **Rhizodegradasyon:** Rhizosfer mikrobiyal yoğunluğun ve aktivitenin yüksek olduğu bir bölgedir. Bu arıtım mekanizmasında esas olan rhizosferdeki bakteriyel ve fungal aktivitedir (Curl ve ark., 1986).

Maden aramalarında kullanılan belirtgen bitkilerin, toprak kirliliğinin ortaya çıkartılmasında ve bitkilere toksik etki yapan element fazlalığının giderilmesinde (fitoremediasyon) kullanılabileceği önerilebilir (Özdemir ve ark., 2003; Kocaer ve Başkaya, 2003; Uysal, 2004; Özdemir, 2005).

1.7.2. Fitoremediasyonun Avantajları Dezavantajları

Fitoremediasyon çok yeni bir teknoloji olmasıyla birlikte birçok avantaj ve dezavantaja sahiptir. Çevre ıslahına dair diğer geleneksel ıslah metotlarıyla karşılaştırıldığında bu etmenler daha anlaşılır hale gelecektir.

Ø Avantajları;

- Daha ekonomiktir.
- Sahayı tekrar kolonize etmede yeni bir bitki topluluğu oluşturulmasını gerektirmez.
- Döküntü sahalarına ihtiyaç duyulmaz.
- Geleneksel metotlara nazaran daha estetik görünüm ve memnun ediciliğe sahiptir ve halk tarafından daha hoş karşılanabilir.
- Kirlenmiş sahanın kazılarak başka bir yere taşınmasına gerek olmayıp böylelikle kirleticilerin yayılma riski de azaltılmış olunur.
- Tek bir kirleticiden ziyade daha fazlasıyla kirlenmiş sahanın ıslah edilmesi potansiyeline sahiptir.

Ø Dezavantajları;

- Bitkiler için gerekli olan büyüme ve gelişme şartlarına (iklim, jeoloji, rakım ve sıcaklık) bağlıdır.
- Başarısı bitkinin kirleticieye olan toleransına bağlıdır.
- Dökülen kısımlarda toplanan kirleticiler sonbaharda tekrar çevreye bırakılabilir.
- Kirleticiler yakıt olarak kullanılan (kereste) bitki dokularında toplanmış olabilir.
- Diğer teknolojilere göre ıslah daha uzun zaman alabilir.
- Kirleticici çözünürlüğü ve yıkanma ihtimali artabilir (EPA, 1995).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çalışmayla ilgili olarak yurt içi ve yurt dışı literatür taraması yapılmıştır. Konunun gerek bitki gerekse bor ile kirletilmiş toprakların arıtılması ile ilgili yapılmış olan daha önceki çalışmalar bu çalışmaya ışık tutması açısından derlenmiştir.

Gilliam, Watson (1981), 4 bor konsantrasyonu (0.5, 5.0, 25.0 ve 50 mg/kg) olan toprakta porsuk ağacı büyütülmesi deneyini yürütmüşlerdir. Toksisitenin işareti kuru dokunun 85 ten 100 µg/g olduğu zaman gözlenmiştir. Gözlenen işaret yaprak uç kısmının sararması, nekrozlar ve vaktinden önce yaprak dökümü takip etmektedir. Filizlerin tutunması ve köklerin büyümesi 50 mg B/kg' da gözlenmiştir.

Güneş ve ark.(1998), domates (*Lycopersicon esculentum* L.) bitkisi ile yapmış oldukları çalışmada uygulanan dört farklı bor (0, 5, 10 ve 20 mg kg⁻¹) ve üç farklı çinko (0, 10 ve 20 mg kg⁻¹) dozlarının etkisi sera koşullarında araştırılmıştır. Bor uygulamasının 10 ve 20 mg kg⁻¹ düzeylerinde, bor toksitesi simptomları ortaya çıkmıştır. Çinko uygulamasının olmadığı koşullarda, borun artan düzeylerine bağlı olarak bitki dokularının bor konsantrasyonları artmıştır.

Güneş ve ark.(2000), mısır çeşitlerinin, bor zehirliliğine duyarlılıklarıyla ilgili sera koşullarında yaptıkları araştırmada, toprağa 0, 10 ve 30 mg/kg düzeylerinde borik asit (H₃BO₃) uygulanmıştır. Deneme sonunda, bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile bor konsantrasyonları ve kapsamı belirlenmiştir. Yaş ve kuru bitki ağırlıkları ile bitkilerin bor konsantrasyonları ve bor kapsamı arasındaki ilişkilerden yararlanılarak, mısır çeşitlerinin bor zehirliliğine duyarlılıkları ortaya konulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, yaş ve kuru ağırlık bakımından bitkilerin bor zehirliliğine duyarlılıkları yüksekten düşüğe doğru, Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743, Betor şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak, bora duyarlılıkları düşük olan çeşitlerin, yüksek olan çeşitlere göre bünyelerinde daha fazla bor içerdikleri belirlenmiştir.

Peker (2005), Isparta yöresinde elma ve kiraz ağaçlarının bor besleme durumunun belirlenmesi ve topraktaki B konsantrasyonları ile bitki B konsantrasyonları ve bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler irdelenmeye

çalışılmıştır. Yapılan yaprak analiz sonuçlarına göre 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. Bu durum bazı bahçelerde toprak ve yaprak testleri arasında uyum gözlenirken bazılarında bir uyumsuzluğun olduğunu göstermektedir. Yani bazı topraklarda kullanılmış olan toprak B testi yöntemi işlememiştir. Bu nedenle uyumsuzluğun olduğu alanlara ait toprak özellikleri detaylı olarak belirlendikten sonra bu topraklar gruplandırılmalı ve bu özelliklere sahip alanlar için yarayışlı B belirlemesine yönelik yeni test yöntemleri üzerinde çalışılmalıdır. Ya da daha geniş kapsamlı bir çalışma ile farklı bitkileri ele alan ve toprak testleriyle eşgüdüm halinde yürütülen uzun soluklu test teknikleri geliştirilmelidir. 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.

Şimşek ve ark., (2003), araştırmalarında ICP-OES ve spektrofotometri yöntemleri ile bazı fındık türlerinde bor miktarı tayin edilmiştir. Bu amaçla Türkiye'de fındığı ile meşhur olan illerimizden Ordu, Giresun ve Trabzon'daki 16 çeşit fındık incelenmiştir. Sonuç olarak, iki ayrı analiz yöntemi karşılaştırmalı olarak incelenmiş, spektrofotometrik metotta bor içeriğinin ICP-OES metoduna göre genellikle daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca fındık türlerindeki bor içerikleri belirlenmiş ve Mincane, Yuvarlakbadem, Foşa ve Uzunmusa türlerinde bor içeriğinin en yüksek, Kalınkara, Kan, Kargalak, Kuş ve Yassıbadem türlerinde bor içeriğinin en düşük olduğu görülmüştür.

Wimmer, Goldbach, (2000), Araştırma materyali olarak musluk suyu, mineral suları ve besin çözeltileri kullanılmış. Ayrıca biyolojik materyal olarak, *Vicia faba* (bakla) bitkisinin yaprak ve kökü, *Cucurbita* (kabak) bitkisinin yaprakları

kullanılmıştır. Bu yöntemde boru geri kazanma yüzdesi % 98-99 olarak ve göreceli standart sapma %1-5 olarak bulunmuştur. Analiz edilen materyallerdeki bor konsantrasyonları ise, 0,05 ile 0,40 mg B/L arasında değişen miktarlarda bulunmuştur.

Gülümser, Odabaşı, Özturan, (2005), Bu araştırmada 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. 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.

Babaoğlu ve ark. (2003), Eskişehir İli, Kırka İlçesinde bulunan bir bor (B) madeni alanında doğal olarak yetişen potansiyel hiper akümülatör (aşırı biriktirici) bitki türleri araştırmışlardır. Maden alanında 4 bitki türü tespit edilmiştir. Bu türler yüksek toplam toprak boru (8900 mg kg⁻¹) ve elverişli toprak boru (277 mg kg⁻¹) konsantrasyonlarında başarılı bir şekilde yetişmektedirler. Yapılan analizler sonucu, diğer türlerle karşılaştırıldığında, *G.a sphaerocephala*'nın toprak üstü aksamında oldukça yüksek konsantrasyonlarda (2093 ± 199 SD mg/kg, tohum; 3345 ± 341 SD mg/kg, yapraklar) B içerdiği, köklerinde ise B konsantrasyonu daha düşük (51 ± 11 SD mg/kg) bulunmuştur. B içeriği bakımından bu türü *G. perfoliata* takip etmiştir. *G. Sphaerocephala*'nın yüksek B toksite belirtilerinin görüldüğü topraklarda yetiştirilmesiyle hiper akümüülasyon yoluyla bitkisel madencilik yapılabileceği gözükmektedir.

Kızılgöz (2009), Bu araştırma Karacadağ yöresinden alınan toprakların ve üzerinde yetiştirilen arpa bitkisinin bor durumunu araştırmak amacı ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bor miktarı toprak örneklerinde düşük olmasına karşılık, bitki örneklerinde standart değerler aralığında bulunmuştur. Toprakta artan bor miktarına bağlı olarak bitkide B miktarı artmış ve bu ilişki istatistiksel olarak önemli

bulunmuştur. Toprakların alınabilir bor içeriklerinin düşük olmasına rağmen, bitkilerin bor kapsamlarının normal düzeyde bulunması bitkinin genetik yapısı yanında toprakların kireçsiz olması gibi diğer çevre faktörlerinin etkisi nedeniyle gerçekleşmiş olabileceğini düşündürmektedir. Sonuçlar bitkilerce alınması açısından borun bazaltik topraklarda bir problem oluşturmayabileceğini göstermektedir.

Taner ve ark. (2003), Bünyesinde yüksek bor (12,92 mg/kg) içeren, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Merkez deneme tarlasında; Makarnalık buğday (Kundurur 1149, Altıntaş, Altın 40/98, Kızıltan 91, Ç-1252, Selçuklu 97, Çakmak 79, Ankara 98 ve Yılmaz 98) çeşitlerine uygulanan borun verim ve bazı verim öğeleri üzerine etkisini araştırmışlardır.

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 olmamıştır.

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.

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 çıkarılabilir.

Günlü ve Öztürk (2007), Afyon ili Kocatepe Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme tarlasında dört farklı haşhaş çeşidine uygulanan farklı bor dozlarının kalite ve bitki bor konsantrasyonları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla dört tekerrürlü olarak kurulan bu araştırmada, Ankara 94, Kocatepe 96, Afyon Kalesi 95 ve Karahisar 96 haşhaş çeşitleri üzerine 0 (kontrol), 0.1 kg B/da, 0.3 kg B/da, 0.9 kg B/da ve 3.6 kg B/da bor dozlarının etkileri incelenmiştir. Araştırmada; morfin ve ham yağ oranı, yaprakta, kapsülde ve tohumda bor konsantrasyonu; morfin ve ham yağ verimine ait analizler yapılmıştır. En yüksek morfin ve ham yağ verimlerine 0.1 B/da uygulamalarında ulaşılırken, bitki bor konsantrasyonları ise tohumdaki bor konsantrasyonu dışında genelde artan doza paralel olarak artmıştır. Karahisar-96 çeşidi ham yağ ve morfin verimi yönünden ön plana çıkan çeşit olmuştur.

Atalay ve ark.(2003), Bu araştırma, ICP-AES ile buğday (*Triticum durum* Desf.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) in vitro fidelerinin bor (B) alımı ve biriktirme durumlarını belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Tohumlar için 0.0, 6.2, 18.6, 55.8, 111.6 mg/l H_3BO_3 içeren besi ortamları hazırlanmıştır. Kiziltan-91'de köklerde en az B birikimi 2.2 $\mu\text{g/g}$ kuru madde olarak kontrol ortamından elde edilirken, en çok kök B içeriği ise 15.1 $\mu\text{g B/g}$ ile 111.6 mg/L H_3BO_3 içeren ortamdan elde edilmiştir. Gövdede B birikimi en az 4.9 $\mu\text{g B/g}$ ile kontrolde, en çok 67.6 $\mu\text{g B/g}$ ile 111.6 mg/l H_3BO_3 içeren ortamında olmuştur. Tokak-157/37'de en düşük kök B konsantrasyonunun 0.53 $\mu\text{g B/g}$ ile yine kontrol ortamında, en yüksek birikimi ise 17.3 $\mu\text{g B/g}$ ile 111.6 mg/L H_3BO_3 de olmuştur. Arpada en düşük gövde B konsantrasyonunun 0.74 $\mu\text{g B/g}$ ile 0 mg/l H_3BO_3 de, en yüksek 100.5 $\mu\text{g B/g}$ ile 111.6 mg/L H_3BO_3 de yetiştirilen fidelerin gövdelerinde biriktiği belirlenmiştir.

Güneş ve ark., (2003), Bu çalışmada, dokuz asma anacı (5BB, 5C, 1103P, 110R, 16-13 C, 16-16 C, 161-49 C, Harmony) ile dört farklı anaç (1103 P, 5BB, 140 Ru, 16-13C) üzerine aşılı Yuvarlak Çekirdeksiz, üç farklı anaç (1103 P, 5BB, 41B) üzerine aşılı Kalecik Karası ve iki farklı anaç (5BB, 41B) üzerine aşılı *Cabernet Sauvignon* üzüm çeşitlerinin B, Na ve Cl alımları sera koşullarında yürütülen iki farklı deneme ile belirlenmiştir. Bu amaçla, B çalışması için; 0 ve 30mg/kg B (H_3BO_3) ve aşılı çeşitlerin karşılaştırıldığı denemede ise 0 ve 40 mg/kg B (H_3BO_3) uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Anaçlar ve çeşit/anaç kombinasyonları arasında B konsantrasyonları yönünden önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; özellikle 161-49 C ve 5 C anaçlarının diğer anaçlara göre daha tolerant olduğu; çeşitlerden YÇ için 1103P ve 5BB, KK için 41 B ve CS için 1103 P anaçları üzerine aşılı bitkilerin daha az B içerdikleri ve söz konusu anaçların, anılan çeşitlerin B 'a karşı toleranslarını olumlu yönde etkiledikleri belirlenmiştir.

Aydın ve ark., (2003), Bu çalışmada, farklı dozlarda uygulanan bor (0; 0,5; 1,0; 2,0 ve 4,0 ppm) ve fosfor (0; 20; 40 ve 80 ppm)'un sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin gelişmesine, mineral madde içeriğine etkisi ile bor ve fosfor beslenmesi incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, uygulanan bor ve fosfor dozu arttıkça mısır bitkisinin N, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri genel olarak

azalırken, P ve B içerikleri artmıştır. B₀ ve P₀ dozlarında noksanlık, B₄ ve P₃ dozlarında da toksite belirtileri görülmüş, uygulanan fosfor dozu arttıkça bor toksitesi azalmıştır. Genel olarak Erzurum yöresi toprak örneğinde yetiştirilen bitkilerde makro, Rize yöresi toprak örneğinde yetiştirilen bitkilerde de mikro elementlerin miktarı daha yüksek bulunmuştur.

Hakkoymaz ve ark., (2006), Konya ekolojik şartlarında yazlık mercimek çeşitlerinin adaptasyonu ve Bor toksitesine tepkilerinin belirlenmesi amacıyla dört tekerrürlü olarak kurulan bu çalışmada, ana parsellere çeşitler (Sultan, Emre-20, Malazgirt-89, Erzurum-89, Ali Dayı ve Meyveci-2001) alt parsellere bor dozları (B0: kontrol, B1: 1.25 kg-B/da, B2: 3.75 kg-B/da) yerleştirilmiştir.

Araştırmada çeşitlerin ortalaması olarak en yüksek tane verimi 102.20 kg/da ile B1 dozu uygulanan parsellerden, bor dozlarının ortalaması olarak en yüksek tane verimi ise 120.39 kg/da ile Erzurum-89 çeşidinden elde edilmiştir. Farklı bor dozlarının tane verimi, dal sayısı, sap verimi, protein verimi, biyolojik verim ve hasat indeksi üzerine etkisi istatistiki bakımdan önemli olurken, bakla sayısı, bin tane ağırlığı, bitki boyu, ham protein oranı ve tanede bor üzerine etkisi önemli bulunmamıştır.

Oluk ve ark., (2006), Bor fazlalığının ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.cv. Sambro No.5) bitkisinin in vitro koşullarda kök gelişimi ve anatomisi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla borik asit miktarı 4 kat artırılarak (6,2x4=24,8 mg/L) hazırlanmıştır. Çalışmalarımız 50 adet kontrol ve 50 adet uygulama ortamı üzerinde yürütülmüştür. Çalışmada, ortamın bor seviyesi artırıldığında ayçiçeği bitkisinin köklerindeki ksilem kolu sayısında 8' den 4' e bir indirgenme meydana gelirken lateral kök oluşumunda da bir artışa neden olmuştur.

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 eksikliğini 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 fazlalılığı 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 (nikotinik asit) havuç bitkisinin Nantes çeşidinde bor toksisitesine karşı başarıyla kullanılabileceği yargısına varılmıştır.

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 Çatı Ören 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.

Harite (2008), Perlit kum karışımında yetiştirilen pamuk çeşitlerinin farklı düzeylerde uygulanan bor (B) dozlarına olan reaksiyonları incelenmiştir. Çalışma, dört farklı bor dozu (0.5, 7.5, 15, 22.5 mg B/L) ve sekiz pamuk çeşidi (Barut 2005, Gossipolsüz Nazilli, Gürel Bey, Nazilli 143, Nazilli 342, Nazilli 39, Nazilli-503,

STN 8A) ile faktöryel deneme deseni düzeninde kurulmuştur. Bor uygulama dozlarına paralel olarak, bor toksitesinden zarar görmüş yaprak sayısı, kök, gövde ve yaprak bor içeriklerinin artmasına karşın, bitkilerde taze ağırlık, kuru ağırlık, boy ve yaprak sayıları azalmıştır. Yapılan regresyon analizi ve mevcut çeşitlerin içinde Gürel Bey ve Gossipolsüz Nazilli bor toksitesine dayanıklı, Nazilli ise hassas çeşit olarak belirlenmiştir.

Abid ve ark., (2008), sera koşullarında yapılan deneyde bitkilerin ekiminden önce toprağa 0, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 10.0, 15.0, 20.0 ve 25.0 mg/kg konsantrasyonlarında B uygulanarak *Goossypium Hirsutum L.*(Pamuk) bitkisinin bora dayanıklılığı araştırılmıştır. Toksisite semptomları ilk olarak bor konsantrasyonu 5 mg/kg olan topraktaki bitki yaprağında görülmüştür. Topraktaki B seviyesi arttıkça yapraklardaki bor seviyesinde de artış gözlenmiştir. Maximum kuru madde verimi 2 mg/kg B konsantrasyonunda (29.10g/pot) olarak kaydedilmiştir. Maximum kuru madde veriminin %90' ı 5 mg/kg B konsantrasyonunda gözlenmiştir. 5 mg/kg B konsantrasyonlu toprakta, yaprakta kuru madde 198 mg/kg B olarak gözlenmiştir. Bitkinin çeşitli aksamalarında B konsantrasyonu yaprak>gövde>kök olarak gözlenmiştir.

Çelik (2007), Araştırmada, 0.06 mg/L (şahit), 1.00mg/L, 2.00 mg/L, 4.00 mg/L, 6.00 mg/L ve 10.00 mg/L olmak üzere 6 farklı bor konsantrasyonlarını içeren sulama suları kullanılarak topraktaki bor toleransı 1.0-2.0 mg/L olan sivri biber (*Capsicum Annuum L.*) bitkisinin, sulama suyundaki değişik bor konsantrasyonlarına karşı dayanımı ölçülmüştür. Deneme sonunda yaş meyve verimleri bor düzeylerinden etkilenmiştir. Meyve boyu değerleri üzerinde yapılan analizlerde ise yalnız B6 konusu diğer konulardan farklılık göstermiştir. Araştırmada bor konsantrasyonlarına göre meyve sayısı ve meyve çapı değerlerinde önemli farklılıklara rastlanmamıştır. Meyvede, yapraklarda ve toprakta oluşan bor birikimi değerleri de uygulanan sulama suyunun bor içeriğine paralel olarak artış göstermiştir.

Gezgin ve ark., (2009) yılında yaptıkları çalışmada bor stresine maruz kalan *Puccinellia distans* türünün strese karşı antioksidant savunma sisteminin verdiği cevabı araştırmışlardır. Bu amaçla B stresi (1.5, 25, 250 ve 500 mg/kg) B altındaki

Puccinellia distans'ın büyüme parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda *Puccinellia distans* bor tolerant ve hiperakümülatör olduğu gözlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. MATERYAL

3.1.1. Kullanılan Bitkiler ve Özellikleri

Çalışma için iki farklı bitki türü seçilmiştir. Seçilen bitkilerin bölgenin iklimsel koşullarına adapte olmuş ve sıklıkla yetişiyor olmasına özen gösterilmiştir. Kullanılan bitkiler sırası ile *Medicago sativa* ve *Vicia sativa* 'dır .

3.1.1.1. *Medicago Sativa* (Yonca)

Yurdumuzda adi yonca veya kısaca yonca olarak tanınan bu bitki, dünyada en çok yetiştirilen yem bitkisidir. Yonca, yeşil gübre veya toprak ıslah edici bitki olarak ekilebilir. Köklerinin çok derinlere kadar inmesi nedeniyle derinlerdeki su ve bitki besin maddelerinden kolayca yararlanabilir. Diğer birçok bitkinin yararlanmadığı bitki besin maddelerini üst katmanlara taşır. Kendisinden sonra ekilen yüzlek köklü bitkiler için organik madde ve azotça zengin iyi bir tarla toprağı bırakır. Yonca, köklerindeki yumrucuklar ile toprağı fazla miktarda azot biriktirme özelliğine sahip bir bitkidir.

a) *Medicago Sativa*'nın İklim İstekleri:Yonca, toprak yönünden fazla seçici değildir. Ancak derin, verimli, sulanabilir, iyi drenajlı ve nötr topraklarda iyi gelişir. Çok ağır ve çakıllı topraklarda gelişmesi yavaşlar. Toprak derinliğı kıraç koşullarda önemlidir. Yüzeylerdeki geçirgen olmayan tabakalar gelişmesini engeller. Su göllenmesine karşı fazla toleranslı değildir. Bitkinin dormant ve sıcaklığın düşük olduğu devrelerde 10-20 günlük su toplanmaları bitkiye fazla zarar yapmaz. Ancak, büyüme döneminde ve yüksek sıcaklıklarda birkaç günlük su göllenmeleri bile büyük zararlara neden olabilir.

Toprakta taban suyu seviyesi 150-200 cm'den yukarı olmamalıdır. Yüksek taban suyu bitkinin ömrünü kısaltır. Yonca çok asitli topraklarda iyi gelişemez. Bu

alanlarda kireçlenme yapılması gereklidir. Hafif alkaliliğe daha toleranslıdır. Ancak fazla alkali topraklarda da iyi gelişemez, ideal pH 7 olarak kabul edilir. Kültürü yapılan yonca türleri serin mevsim yem bitkileridir. Çeşitler arasında iklim istekleri yönünden bazı farklılıklar bulunmakla birlikte, yoncalar genellikle ılık ve nemli yerlerde iyi gelişirler. Örneğin adi yonca için optimum yetiştirme sıcaklığı 25/15 °C (gündüz/gece) kabul edilir. 30 °C'nin üzerindeki sıcaklarda büyüme yavaşlar. Daha düşük sıcaklarda büyüme yavaşlar, Çiçeklenme gecikir. Çok sıcak havalarda bitkiler erken generatif devreye geçerler.

Yonca kurağa dayanıklıdır. Yarı kurak koşullara iyi uyum göstermekte ve yıllık yağışı 350-450 mm kadar olan alanlarda sulanmadan yetiştirebilmektedir. Bu bölgelerde yonca, kuru yaz aylarını dormant halde geçirir ve genellikle 1-2 biçim verir.

b) Bitkisel Özellikleri:Yoncanın genellikle az dallanan ve çok derinlere giden 2-2,5 cm kadar kalınlaşabilen, kuvvetli bir kazık kökü vardır. Yonca yaprağı üçlü yaprakçıktan meydana gelir. Bazı tiplerde 4,5 hatta 7 yapraklı yoncalara da rastlanır.

3.1.1.2. *Vicia Sativa* (Fiğ)

Yurdumuzda en fazla yetiştirilen yem bitkilerinden birisidir. Adi fiğ hemen her toprakta yetiştirilir. Ancak derin, kalkerli, killi ve verimli topraklarda yüksek verim alınır.

a) *Vicia Sativa* (Fiğ)'nin İklim İstekleri:Genel olarak 300-500 mm yağış alan yarı kurak bölgeler fiğin doğal yetiştirme alanlarıdır. Ancak fiğ nemli ve serin yerlerde iyi gelişir ve bol miktarda ot ürünü verir. Adi fiğ fideleri 0 C°'nin altındaki sıcaklıklardan zarar görürler. Bazı çeşitlerin soğuğa kısmen dayanıklı olmasına karşın, kışlık bir adi fiğ çeşidi bugüne kadar geliştirilememiştir(<http://www.cukurovataem.gov.tr>).

Vicia Sativa çok çeşitli iklim ve toprak koşullarına uyumuş, adaptasyon yeteneği yüksek bir bitkidir. Ancak fazla asitli toprakları sevmez. Serin iklimlerden

hoşlanan Fiğ hafif, tınlı ve süzek toprakları sever. Fiğ kışı ılıman geçen Akdeniz ve diğer kıyı bölgelerde sonbaharda erken ekilerek iyi bir şekilde yetiştirilebilir.

b) Bitkisel Özellikleri:Fiğin zayıf ve az derine giden bir kök sistemi vardır. Ancak yan kökleri iyi gelişir. Fiğ bitkisi koşullara göre değişmekle beraber ortalama 40-60 cm veya daha fazla boylanabilir. Yapraklar 4-6 çift yaprakçıktan meydana gelmiş olup, yaprakçık uçları sivridir.

3.1.2. Bitki Yetiştirme Ortamı ve Özellikleri

3.1.2.1. Torf

Bitkilerin yetiştirileceği ortam olarak torf kullanılmıştır. Torf, göl yataklarındaki su seviyesinin düşmesiyle, bitki faaliyetlerinin ön plana çıkması, kışın su seviyesindeki artış ile bitkinin ölümü ve bu doğa olayının sürekli tekrarlanması sonucunda bitki kök ve gövdelerinin binlerce yıl süren birikimleri sonucunda oluşan; sebze, fidan ve saksılı süs bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılan organik bir materyaldir. pH'sı 5.5 – 6.5 aralığında, azot dışında besin maddelerince fakir olup her türlü bitki yetiştirilmesinde kullanılan su tutma kapasitesi yüksek doğal bir maddedir (Kaptan, 1990).

Torf' un en çok tercih edilen materyal olmasının nedenleri arasında iyi havalanabilir, drenajı iyi, su tutma kapasitesi yüksek, besin maddesince zengin ve besin elementi kaybının az olması sayılabilir. Torf su tutma özelliği ile bitki toprağında bulunan besin maddelerinin akıp gitmesini engelleyici yararı bulunmaktadır. Doğal bir toprak düzenleyici özelliği vardır. Hafif geçirgen ve gevşek yapıda olması bitki köklerinin hava almasını sağlamakta, bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyümesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca torf gübrelemeyi gerektirmez, katyon değişim kapasitesi de yüksektir, yabancı ot tohumu ihtiva etmez ve gevşek bir yapıya sahiptir.

Bu avantajları yanında torfun bazı dezavantajları da vardır. Torf yataklarının dünyada sınırlı olması ve oluşumunun uzun yıllar alması, EC (Elektriksel İletkenlik), pH ve besin içeriğinin düzenleme ihtiyacı yanında birçok ülkenin bu tür

kaynaklarının azlığı nedeniyle bu materyali ithal etmek zorunda olması sayılabilir (Raviv,1998).

3.2. Metod

3.2.1. Çalışma Düzeneginin Oluşturulması

Çalışma Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışma Düzenegi 3 x 7 şeklinde, 1 kontrol ve 6 farklı konsantrasyon grubu olacak şekilde planlanmıştır.

3.2.2. Sistemde Kullanılan Bitkilerin Temin Edilmesi

Araştırmada kullanılmak üzere seçilen *Medicago sativa* ve *Vicia sativa* bitkileri Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü’den fide ve tohum olarak temin edilmiştir. Deneyin hassasiyeti açısından alınan bitkilerin ekilmeden önce kökleri önce çeşme suyu daha sonra saf su ile yıkanmıştır.

3.2.3. Sistemde Bitki Yetiştirme Ortamlarının Hazırlanması

Yetiştirme ortamı olarak kullanılan torftan bir miktar alınarak 7 kg luk saksıların alt kısımlarına yerleştirildi. 7 kg luk topraklar için hazırlanan sodyum tetra borat çözeltisi ile topraklar kirletilerek aşama aşama 7 kg a tamamlandı. Hazırlanan kirletilmiş topraklar 1 hafta kurumaya bırakıldı. Kuruyan topraklarda daha sonra bitki ekimi gerçekleştirildi.

Hazırlanan ortama bitkiler yerleştirilirken kök sistemlerine zarar vermeden ve her saksıda eşit biokütlede bitki olacak şekilde ayarlanmıştır. Kullanılan bitkilerin hepsinin de kök sistemi yüzeysel olduğu için kök sistemi toprağın altında kalacak şekilde dikkatle dikilmesine özen gösterilmiştir. Bitkiler dikildikten sonra can suyu olarak hepsine 1000 ml çeşme suyu verilmiştir.

3.2.4. Bitki Örneklerinin Hazırlanması

Sistemin sökülmesinden sonra bitkiler kök, gövde, yaprak olarak ayrılmıştır. Her bir haznedeki toprak numuneleri ve bitki kısımları hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları alınmıştır.

Bitki kökü, gövdesi, yaprağı ve toprak numunelerinin ise bir miktarı örnek alınarak ısıya dayanıklı etüv kaplarına yerleştirilmiş ve sabit ağırlığa ulaşmasını sağlamak üzere 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 5 gün boyunca bekletilmiştir. Beş gün sonunda bitkilerin kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Kurutulmuş bitkiler ve toprak numuneleri öğütülerek elekten geçirilmiş ve eş boyutta olmaları sağlanmıştır.

Numuneler söküldükleri hazne numaralarına göre isimlendirilerek özel etüv kaplarında saklanmıştır. Numuneler Perkin Elmer marka Optima 2100 DV OES (Optical Emission Spectrometer) cihazı ile ağır metal analizlerine hazırlanmak için standart metotlar kitabındaki SM 3030 K Methoduna uyularak ön işleme tabi tutulmuştur.

Numunelerden 0,3 g tartılarak mikrodalga yakma ünitesinin kaplarına konulmuştur, üzerine 9 ml % 65 saflıkta HNO₃ eklenmiş ve parçalanmaya bırakılmıştır. Parçalanan numuneler etiketlenmiş şişelere konulmuştur. Numunelerin içerisinde kalan inorganik maddeleri uzaklaştırmak için süzme işlemi yapılmıştır. Süzme işlemi için Selülozik Whatman 0,45 mm filtre kâğıdı kullanılmıştır. Süzülen numuneler saf su eklenerek 30 ml'ye tamamlanmıştır.

Ç.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü'ne ait olan Hassas Cihaz 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 bor muhtevası ölçülmüştür.



Şekil 3.1. Perkin Elmer Marka Optima 2100 DV OES (Optical Emission Spectrometer) Cihazı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada üç yönlü değerlendirme yapılmıştır. Bunlar;

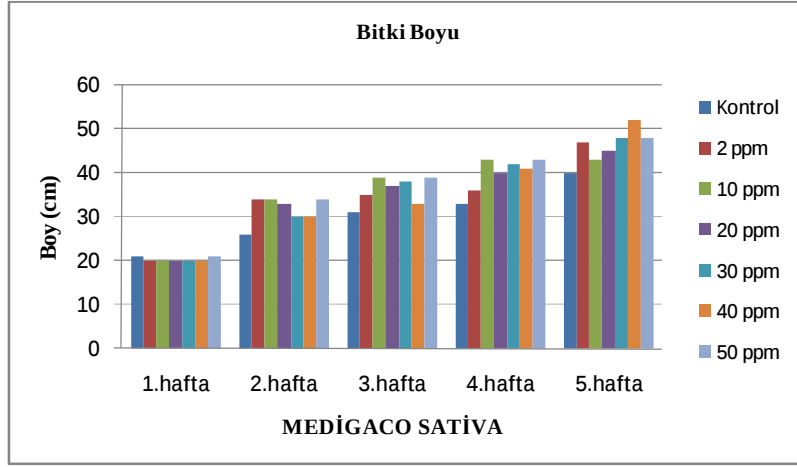
- Ø Bitkisel gelişim,
 - Ø Bitkisel verimlilik,
 - Ø Bitkinin Bor alımının tespiti,
- olarak belirlenmiştir.

4.1. İklimsel Şartlar

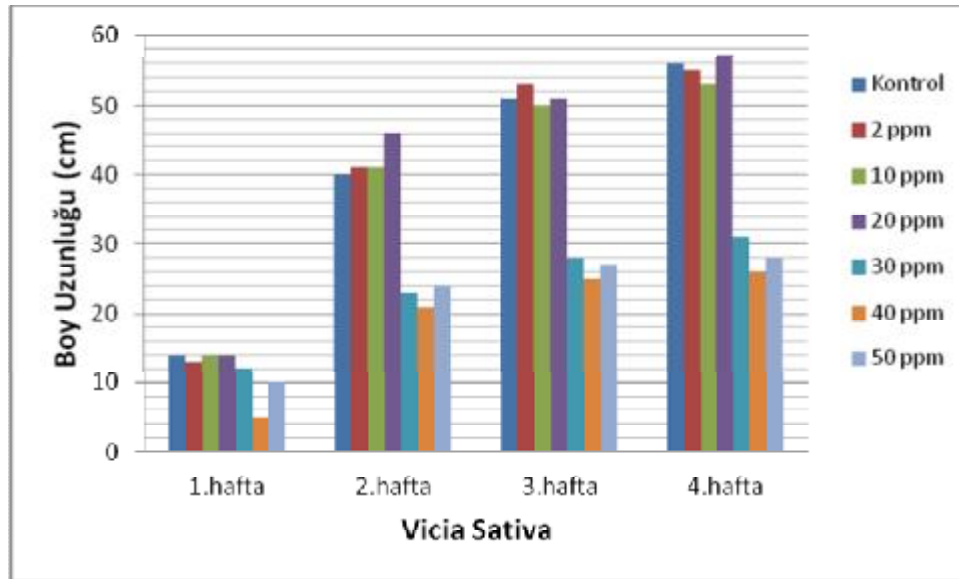
Çalışma boyunca sıcaklık ölçümleri günlük olarak yapılmıştır. Aylık ortalama sıcaklık ölçümleri; Mayıs ayı maximum sıcaklık değeri 39.1 ° C, minimum sıcaklık değeri 19.9 ° C, ortalama sıcaklık değeri ise 27.6 ° C' dir. Haziran ayında ise maximum sıcaklık değeri 43.1 ° C, minimum sıcaklık değeri 24.8 ° C, ortalama sıcaklık değeri ise 31.1 ° C olarak ölçülmüştür.

4.2. Bitkisel Gelişim

Yapılan çalışma boyunca bitkilerin boy değişiklikleri başlangıçta ve sökümlerde ölçülmüştür, bitki gelişimi düzenli olarak gözlenmiş ve her bir konsantrasyonda ki bitkilerin boy uzunlukları haftalık olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler Şekil 4.1 ile Şekil 4.2 ' de grafiklerle gösterilmektedir.

Şekil 4.1. *Medicago sativa* Boy Ölçümleri

Şekil 4.1 de *Medicago sativa* bitkisinde kontrol grubu ve 2 ppm, 10 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm konsantrasyonda hazırlanan B çözeltileri ile kirletilen toprakta yetişen bitkilerin boy ölçümlerinin birbirlerine göre dağılımı gözlenmektedir. Grafik incelendiğinde 5.hafta sonunda kontrol grubunda ki bitkinin büyüme oranı 40 cm iken 2 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm ve 50 ppm konsantrasyonda hazırlanan B çözeltileri ile kirletilen toprakta yetişen bitkilerin büyüme oranları sırasıyla 47 cm, 38 cm, 45 cm, 48 cm, 52 cm ve 48 cm olarak bulunmuştur.

Şekil 4.2. *Vicia sativa* Bitkisi Boy Ölçümleri

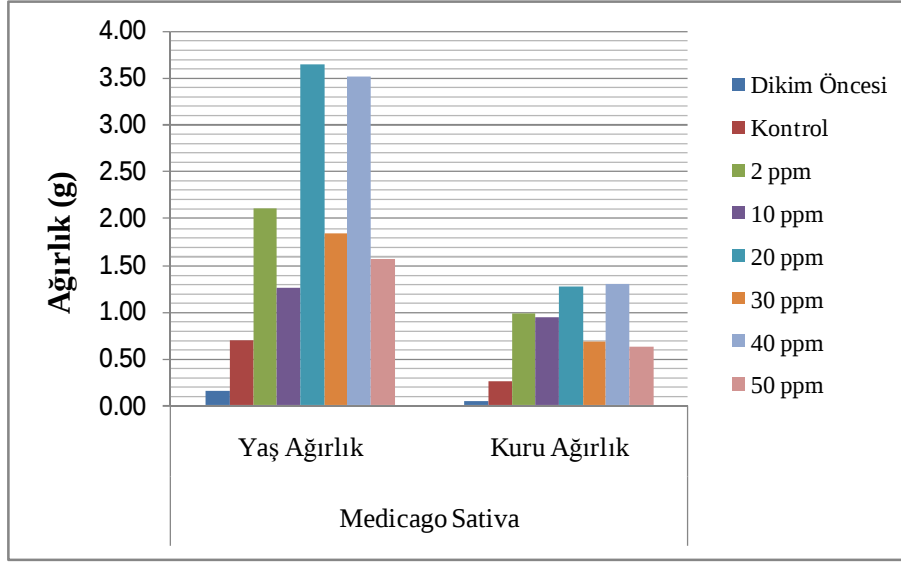
Şekil 4.2 de *Vicia sativa* bitkisinde kontrol grubu ve 2 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm konsantrasyonda hazırlanan B çözeltileri ile kirletilen toprakta yetişen bitkilerin boy ölçümlerinin birbirlerine göre dağılımı gözlenmektedir. Grafik incelendiğinde 4. haftanın sonunda kontrol grubunda ki bitkinin büyüme oranı 56 cm iken 2 ppm, 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm ve 50 ppm konsantrasyonda hazırlanan B çözeltileri ile kirletilen torfta yetişen bitkilerin büyüme oranları ise sırasıyla 55 cm, 53 cm, 57 cm, 31 cm, 26 cm ve 28 cm olarak bulunmuştur.

Bitkilerin boy uzunlukları birbirleri ile karşılaştırıldığında en fazla boy uzunluğu *Medicago sativa*’ da 40 ppm ve 50 ppm konsantrasyon B ile kirletilen torfta yetişen bitkide olması bitki gelişiminde *Medicago sativa* bitkisinin toleranslı bitki sınıfında olduğunu doğrulamaktadır.

Akçam-Oluk ve Demiray (2004)’de yaptıkları çalışmada bor elementinin 0 (K), 6 mg/L ve 12 mg/L olmak üzere 3 farklı konsantrasyonlarda bor ilave ederek kök ve gövdede Ayçiçeği çeşidinin bor fazlalığında kök boyunda bir azalma meydana getirirken gövde boyunda artış sağladığı anlaşılmıştır. Böylelikle yüksek dozda borun bitki boyunda toksik etki yaratmadığı ortaya koymuşlardır.

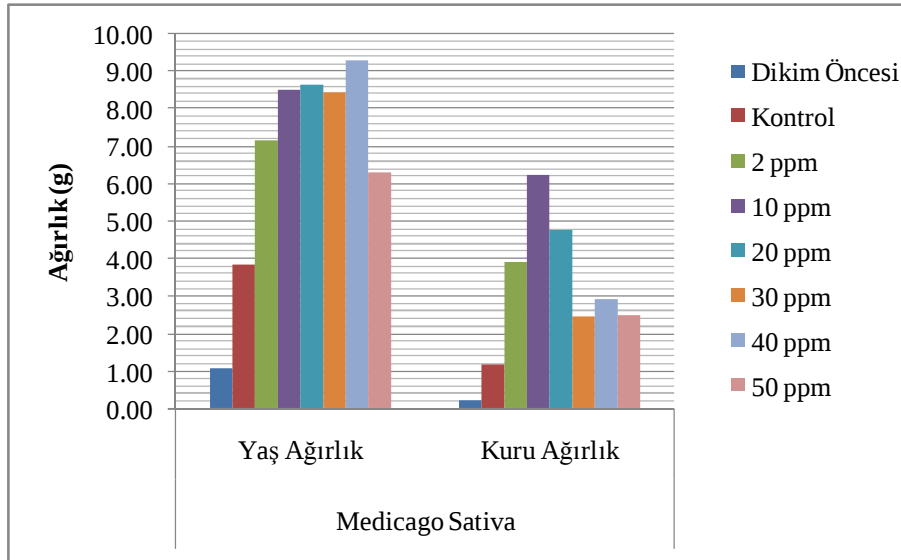
4.3. Bitkisel Verimlilik

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 işlemten sonra tekrar tartılarak kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Elde edilen verilerin ortalamaları alınarak grafiklendirilmiştir.



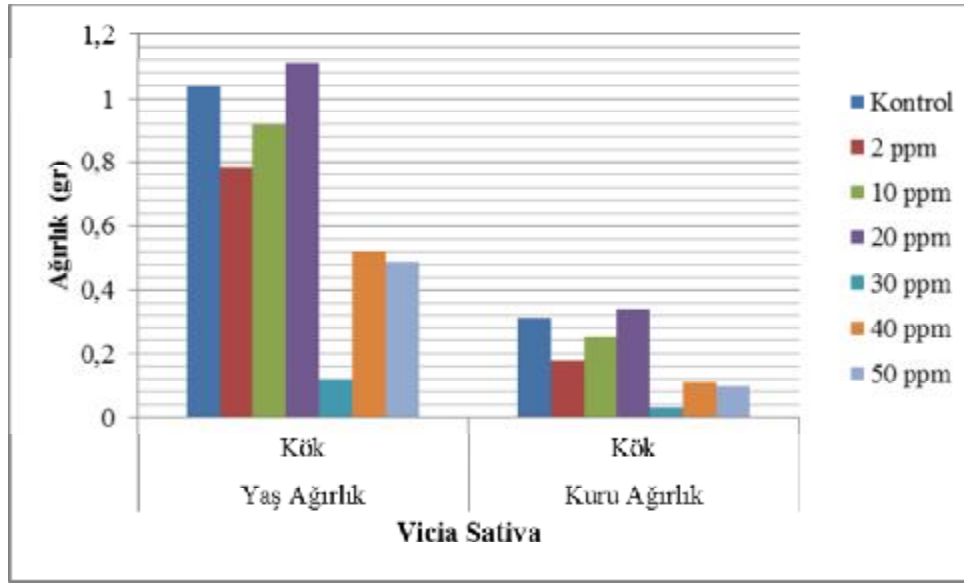
Şekil 4.3. *Medicago sativa* Bitkisinin Kök Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Şekil 4.3’ de Torfta yetişen *Medicago sativa* bitki kökünün yaş ve kuru ağırlıklarının farklı konsantrasyonlardaki grafiği incelendiğinde aralarında farklılıklar bulunmaktadır. *Medicago sativa* bitkisinin kök yaş ağırlığında en fazla artış 20 ppm’ de en az ağırlık artışının 10 ppm bor konsantrasyonu bulunan torfta yetişen bitkide olduğu anlaşılmaktadır.



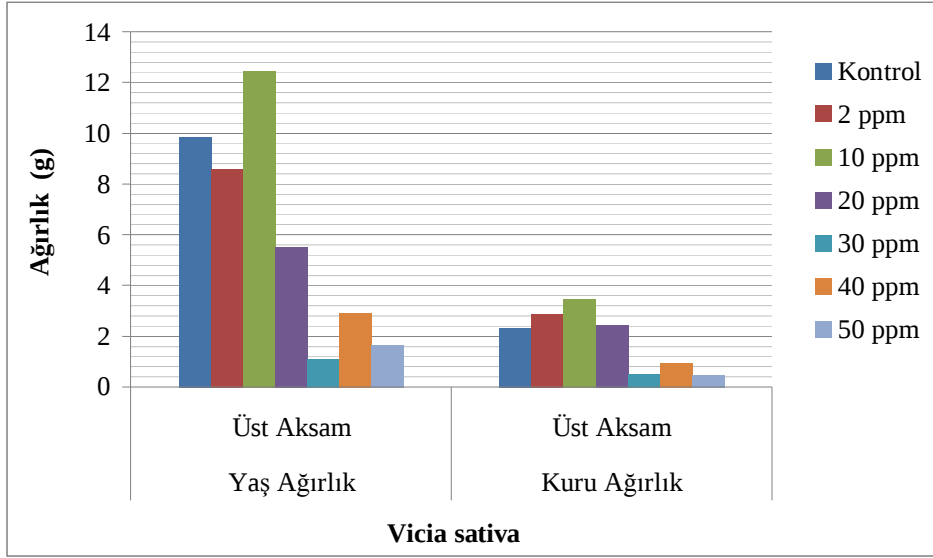
Şekil 4.4. *Medicago sativa* Bitki Üst Aksam Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Şekil 4.4.' de Torfta yetişen *Medicago sativa* bitki üst aksam yaş ve kuru ağırlıklarının grafiği incelendiğinde farklı konsantrasyonlarda farklılıklar bulunmaktadır. *Medicago sativa* bitkisinin üst aksam yaş ağırlığında en fazla artış 40 ppm' de en az ağırlık artışının kontrol grubu bor konsantrasyonu bulunan torfta yetişen bitkide olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.5. *Vicia sativa* Bitkisinin Kök Yaş ve Kuru Ağırlıklarının karşılaştırılması

Şekil 4.5 'de *Vicia sativa* bitki kökünün yaş ve kuru ağırlıklarının karşılaştırılması grafiği incelendiğinde bor uygulanan altı farklı konsantrasyon arasında farklılıklar bulunmaktadır. *Vicia sativa* bitkisinin kök yaş ağırlığında en fazla artış 20 ppm' de en az ağırlık artışının 30 ppm bor konsantrasyonu bulunan bitkide olduğu anlaşılmaktadır.



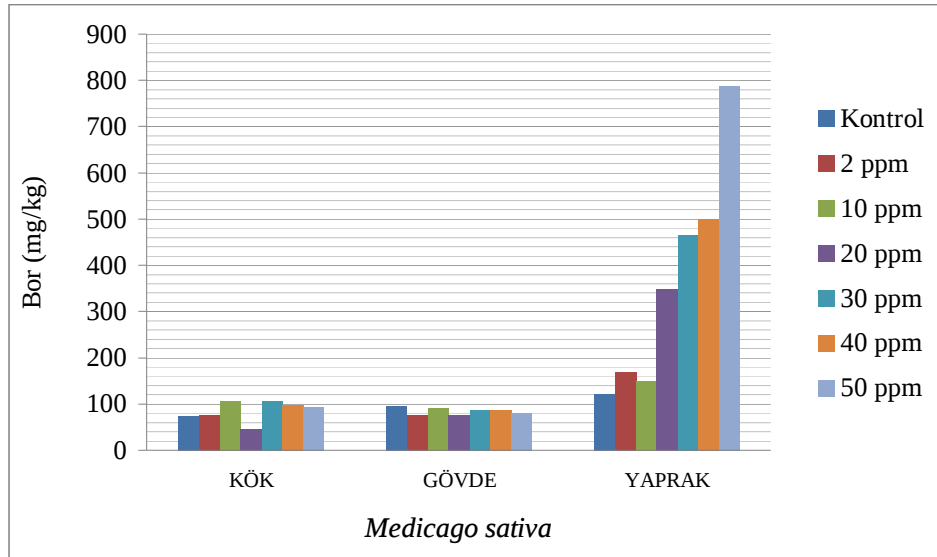
Şekil 4.6. *Vicia sativa* Bitkisinin Üst Aksam Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Karşılaştırılması

Şekil 4.6’ da *Vicia sativa* bitki üst aksam yaş ve kuru ağırlıklarının karşılaştırılması grafiği incelendiğinde bor uygulanan altı farklı konsantrasyon arasında farklılıklar bulunmaktadır. *Vicia sativa* bitkisinin üst aksam yaş ağırlığında en fazla artış 10 ppm’ de en az ağırlık artışının 30 ppm bor konsantrasyonu bulunan torfta yetişen bitkide olduğu anlaşılmaktadır.

Harite (2008) yılında yaptığı çalışmada perlit kum karışımında yetiştirilen pamuk çeşitlerinin bor uygulama dozlarına paralel olarak, bor toksitesinden zarar görmüş yaprak sayısı, kök, gövde ve yaprak bor içeriklerinin artmasına karşın, bitkilerde taze ağırlık, kuru ağırlık, boy ve yaprak sayılarının azaldığını gözlemlemiştir.

4.4. Bitkinin Bor Alımının Değerlendirilmesi

Bu araştırmada her bir bitkinin farklı konsantrasyonlarda kirletilen torfta yetiştirilmesine bağlı olarak B alımı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu araştırmada bitki yetiştirme ortamları olarak her iki bitki içinde torf kullanılarak konsantrasyon artışına rağmen bitkinin B alımları belirlenmeye çalışılmış hem de iki bitki türünün kök, gövde ve yapraklarında ki Bor alım dağılımları incelenmiştir ve Şekil 4.7 ile Şekil 4.8’de elde edilen sonuçlar grafiklerle gösterilmiştir.



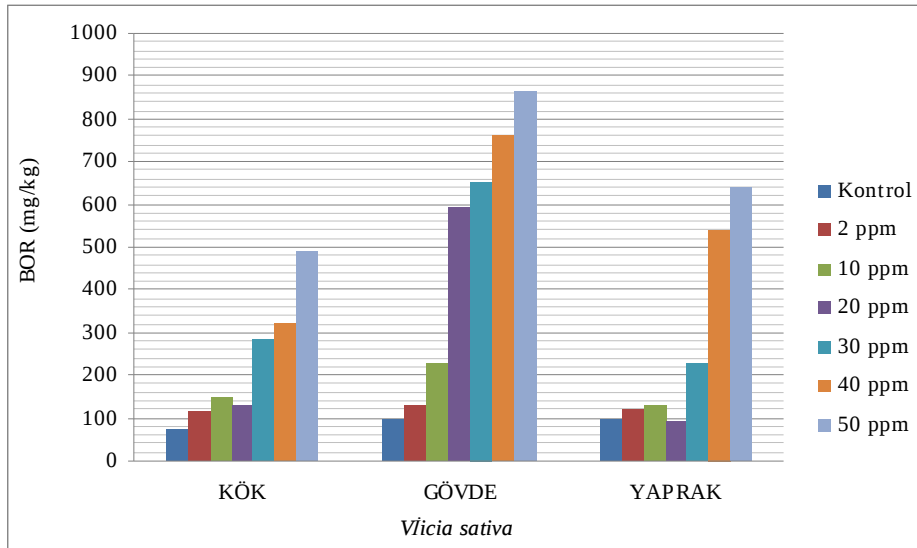
Şekil 4.7. *Medicago sativa* Bitkisinin Aksamlarının Bor Alımının Karşılaştırılması

Torfa uygulanan farklı konsantrasyonlar da B ortamında yetiştirilen *Medicago sativa* bitkisinin kökünde, gövdesinde ve yaprağındaki B giderim kapasiteleri incelenmiştir. Bitki en fazla uygulanan 50 ppm’lik konsantrasyona karşı dayanıklılık göstermiş ve ayrıca en fazla birikimide 50 ppm’lik konsantrasyonda yaptığı görülmüştür. 50 ppm’lik B uygulandığı bitkinin B birikimi kökünde (94 mg/kg), gövdesinde (82 mg/kg), yaprağında (788 mg/kg) olarak gözlemlenmiştir. 50 ppm lik konsantrasyonda yetişen bitkinin kök ve gövdesindeki B alım kapasitesi diğer konsantrasyonlarda yetişen bitkilerin B alım kapasitesinden düşük olmasına rağmen bitki kökü ile aldığı B yapraklarına ileterek, yapraklarda biriktirmiştir.

Abid ve ark (2008), sera koşullarında yapılan deneyde *Goossypium Hirsutum* L.(Pamuk) bitkisinin toksisite semptomları ilk olarak bor konsantrasyonu 5 mg/kg olan topraktaki bitki yaprağında gözlemlenmiştir(198 mg/kg B). Topraktaki B seviyesi arttıkça yapraklardaki bor seviyesinde de artış gözlenmiştir. Bitkinin çeşitli aksamalarında B konsantrasyonu yaprak>gövde>kök olarak gözlenmiştir.

Babaoğlu ve ark. (2003), yılında yaptıkları çalışmada bor madeni alanında doğal olarak yetişen *G.a. sphaerocephala*' nın toprak üstü aksamında oldukça yüksek konsantrasyonlarda (2093 mg/kg, tohum; 3345 mg/kg, yapraklar) B içerdiği, köklerinde ise B konsantrasyonu daha düşük (51 mg/kg) bulunmuştur.

Günlü ve ark., (2007), yılında yaptıkları çalışmada dört farklı haşhaş çeşidine uygulanan farklı bor dozlarında bitki bor konsantrasyonlarının tohumdaki bor konsantrasyonu dışında genelde artan doza paralel olarak arttığı gözlenmiştir.



Şekil 4.8. *Vicia sativa* Bitkisinin Aksamlarının Bor Alımının Karşılaştırılması

Torfa uygulanan farklı konsantrasyonlar da B ortamında yetiştirilen *Vicia sativa* bitkisinin kökünde, gövdesinde ve yaprağındaki B giderim kapasiteleri incelenmiştir. Bitki en fazla birikimi 50 ppm'lik konsantrasyonda yaptığı görülmüştür. 50 ppm'lik B uygulanan torfta yetişen bitkinin B birikimi kökünde (489 mg/kg), gövdesinde (866 mg/kg), yaprağında (638 mg/kg) olarak gözlemlenmiştir.

Atalay ve ark., (2003), yılında yaptıkları çalışmada buğday (*Triticum durum Desf.*) ve arpa (*Hordeum vulgare L.*) in vitro fidelerinde kökte en az bor birikimi 2.2 mg/g kuru madde olarak kontrol grubunda, buğday en çok bor birikimi 15.1 mg/g ile 111.6 mg/L H₃BO₃ içeren besi ortamından elde edilmiştir. Gövde de ise bor birikimi en az kontrol grubunda, en çok ise 111.6 mg/L H₃BO₃ içeren ortamda olmuştur. Arpada da durum aynı olup, en düşük gövde bor konsantrasyonu kontrol grubunda, en yüksek ise 111.6 mg/L H₃BO₃ içeren ortamda olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

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

Çalışmada farklı konsantrasyonlarda hazırlanan B çözeltisi uygulanarak kirletilmiş toprağın bitkiler tarafından iyileştirilmesi olarak sunulmuştur. Burada altı farklı konsantrasyonda hazırlanan B çözeltileri ile kirletilen toprağa ekilen *Medicago Sativa* ve *Vicia Sativa* bitkilere bağlı olarak kök ve üst aksamlarında yetiştirme ortamına, farklı bor konsantrasyonları uygulanarak yapılmıştır.

Çalışma sonrasında fenolojik gözlemler ve laboratuvar çalışmaları derlenmiştir. Çalışma sırasında yapılan fenolojik gözlemler sonucunda *Medicago sativa* bitkisi uygulanan en yüksek konsantrasyon olan 50 ppm lik B konsantrasyonuna rağmen canlılığını devam ettirmiştir. 50 ppm'lik B uygulandığı bitkinin B birikimi kökünde (94 mg/kg), gövdesinde (82 mg/kg), yaprağında (788 mg/kg) olarak gözlemlenmiştir. Çalışmamıza paralel olarak Abid ve ark (2008), yılında yaptıkları çalışmada *Goossypium Hirsutum L.*(Pamuk) bitkisinin çeşitli aksamlarında B konsantrasyonu yaprak>gövde>kök olarak gözlemlenmiştir.

Bitkinin değişik aksamları içerisinde bor, en fazla yapraklarda, üreme organlarında ve en azda kök, meyve ve tohumlarda bulunur. Tahıl bitkilerinin yapraklarında bor konsantrasyonunun 25-30 ppm olmasına karşın bitkinin tamamında 5-10 ppm kadardır (Kacar,1985).

Ancak *Vicia sativa* bitkisi farklı konsantrasyonlardaki B konsantrasyonlarından 30 ppm, 40 ppm ve 50 ppm'lik konsantrasyonlar toksik etki yaratmıştır ve bu yüzden bitki bu konsantrasyonda yaprakları tamamen sarararak ölmüştür. Çalışmamıza paralel olarak Gilliam ve ark.1981, yılında yaptıkları

çalışmada dört bor konsantrasyonu porsuk ağacı büyütülmesi deneyinde toksisitenin işareti olarak kuru dokunun 85-100 mg/g olduğu zaman olarak gözlenmiş ve gözlenen işaret yaprak uç kısmının sararması olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda *Medicago sativa* bitkisinin bünyesine aldığı B çözeltisini yapraklarında biriktirdiği, *Vicia sativa* bitkisinin ise gövdesinde biriktirdiği saptanmıştır.

İki bitki arasında genel bir değerlendirme yapılacak olursa *Medicago sativa* en yüksek konsantrasyonda canlılığını devam ettirdiği için 50 ppm den daha fazla daha fazla konsantrasyonlara açık olduğu ortaya konulmuştur ancak *Vicia sativa* bitkisi 50 ppm lik konsantrasyonda da bor almış olmasına rağmen 30 ppm, 40 ppm ve 50 ppm lik konsantrasyonlarda bitkide toksik etki görülmüş olup yapraklarında sararma gözlenmiştir.

Bor toksisitesinin bulunduğu topraklarda yetişen normal kültür bitkilerine oranla fazla miktarda bor biriktirebilen hiper akümülatör bitkilerin gelişiminin incelenmesi tolerans mekanizmalarının aydınlatılmasında belirleyici bir rol oynayacaktır. Gezgin ve ark., 2009 yılında yaptıkları bir çalışmada *Puccinellia distans* türünün, Babaoğlu ve ark., ise 2003 yılında yaptıkları çalışmada *G.a. sphaerocephala* bitkisini hiperakümülatör bitki olarak saptamışlardır.

İlerdeki çalışmalara ışık tutması açısından *Medicago sativa* bitkisi için daha yüksek bor konsantrasyonları uygulanarak bitkinin bor alımında eşik değeri ve hiperakümülatör bitki grubunda olup olmadığı araştırılabilir.

Vicia sativa bitkisi yerine yüksek bor konsantrasyonlarında canlılığını koruyabilen farklı bir bitki tercih edilebilir.

KAYNAKLAR

- A. BOŞGELMEZ, I. I. BOŞGELMEZ, S. SAVAŞÇI, N. PASLI, Ekoloji- II. Toprak
Başkent Klişe Matbaacılık, Ankara, 2001, 668-674.
- ADRIANO, DC (1986), Trace elements in th eterrestrial environments springer,
Berlin Heidelberg NewYork, 533pp.
- ADDEMİR, O, 2001 İleri Teknoloji Malzemelerinde Bor Türevleri Türkiye Borat
Yatakları, Workshop, İTÜ Maden Fakültesi, 16.3.2001,Edt Kırkoğlu, S,
Budakoglu, M, Çelenk, A, s.43-46.
- ADEMDİR, O., 2002. Bor Ürünlerinin Teknolojileri ve Türkiye'nin Durumu. ODTÜ
İleri Teknoloji Seramik ve Kompozitleri Araştırma Merkezi. I. Uluslararası
Bor Sempozyumu 3-4 Ekim Dumlupınar.
- ANONYMOUS, 2003, www.albion-an.com Boron Nutrition and Metalosate®
Boron,Albion, Metalosate® Foliar Plant Nutrition Information, Vol : 4, No: 1
- 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.
- AKÇAM-OLUK E., DEMİRAY, H., 2006. Bor Elementinin Sambro No:5 Ayçiçeği
(*Helianthus annuus* L.cv.) Bitkisinin İn Vitro Koşullarda Kök Gelişimi ve
Anatomisi Üzerine Etkileri, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2006, 43(2):145-
152.
- ANDERSON, A., 1977, Heavy metals in Swedish soils: On their retention,
distribution and amounts, Swed. J. Agric Res., 7, 7-20.
- AYDIN A., KANT C., ATAÖĞLU N., Erzurum ve Rize Yöresi Toprak Örneklerine
Uygulanan Farklı Dozlardaki Bor ve Fosforun Mısır (*Zea Mays*)' ın Kuru
Madde Miktarı ve Mineral İçeriğine Etkisi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi Dergisi Yayınları, (2), 125-129, 2005 ISSN : 1300-9036.

- BABAOĞLU M., ATALAY E., GEZGİN S., Buğday (*Triticum durum* Desf.) ve Arpa (*Hordeum vulgare* L.) İn Vitro Fidelerinin Bor Alımının ICP-AES İle Tespiti, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 17 (32):2003, 47 -52 yayınları, 2003.
- BABAOĞLU M., GEZGİN S., TOPAL A., SADE B., DURAL H., *Gypsophila sphaerocephala* Fenzl ex Tchihat.: A Boron Hyperaccumulator Plant Species That May Phytoremediate Soils with Toxic B Levels, *Turk J Bot* 28 (2004) 273-278 © Tübitak.
- BERGMANN, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants. pp 289-294. Gustav Fischer Verlag Jena.
- BROWN, P.H., HU, H., 1997, Boron Mobility and Consequent Management in Different Crops. *Better Crops with Plant Food* 82(2): 28-31.
- BOLLOG, J.M., MERTZ, T., OTJEN, L. (1994), "Role of microorganisms in soil remediation", In: Anderson TA, Coats JR, editors, *Bioremediation through rhizosphere technology*, Am. Chem. Soc., Maple Press,. 2-10.
- CARTWRIGHT, B., B. A. ZARCINAS AND L. A. SPOUNCER, 1986. Boron toxicity in South Australian barley crops. *Aust. J. Agric. Res.*, 37, 351-359.
- ÇENGEL, M., ÖZKARA, M., Toprakta Bor ve Mikrobiyolojik Etkileri Üzerinde Araştırmalar. *Toprak ilmi Dergisi*, Yayın No. 5, 1989.
- CHA, J.W., KIM, B.W., 1975, Ecological studies of plants for the control of environmental pollution, IV. Growth of various plant species as influenced by soil-applied cadmium, *Kor. J. Bot.*, 18,23-30.
- CUNNINGHAM, S.D., BERTI, W.R., HUANG, J.W. (1995), "Remediation of contaminated soils and sludges by green plants", In: Hinchey, R.E., Means, J.L., Burris, D.R. (Eds.), *Bioremediation of Inorganics*. Battelle Press, Columbus, OH.
- CURL, E.A., TRUELOVE, B. (1986), "The Rhizosphere", Springer, Berlin, Germany.

- ÇELİK A., Borlu Sulama Sularının Biber Bitkisinin (*Capsicum annuum* L.) Verim ve Kalitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 2007.
- DEMİRAY H., DEREBOYLU E.A., Bor Elementi ve Niasinin Nantes Havuç (*Daucus Carota* L.) Çeşidinin Büyüme Üzerine Etkileri, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2005, 42(1):191-201 ISSN 1018-8851.
- DEMIREZEN, D., AKSOY, A., 2004, Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey), Chemosphere, 56, 685-696.
- ETİ MADEN İŞLETMELERİ, 2011
- GATLIFF, E.G. (1994), "Vegetative remediation process offers advantages over traditional pump-and-treat technologies", Remediation, 4, 343-352.
- GEZGİN, S.; HAMURCU, M.; SEKMEN, H.A.; TÜRKAN, İ.; HAKKI, E.E., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.: Etkili Bir Bor Hiperakümülatörü Olabilir mi?, IV. Uluslararası Bor Sempozyumu, 15-17 Ekim 2009, Eskişehir, Türkiye.
- GÖK, S.; ÇAKIR, A. ve DÜNDAR, A., 1979. Kırka Kasabası Civarı Borat Yatakları ve Diğer Endüstriyel Hammadde Etütleri Raporu: MTA Rap., 6768 (yayımlanmamış), Ankara.
- GÜLÜMSER A., ODABAŞ M.S., ÖZTURAN Y., Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Yapraktan ve Toprakdan Uygulanan Farklı Dozlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları, 2005, 18(2), 163-168.
- GÜYAGÜLER T., Türkiye Bor Potansiyeli, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-İ910 2001, İzmir, Türkiye, s. 18-27
- GÜNEŞ , A., M. ALPASLAN VE A. İNAL, 2002. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:1526, Ders Kitabı: 479 Ankara.

- GÜNEŞ , A., F. ERASLAN, Ö.KOÇ., Asmaların (*Vitis* spp.) Bor Toksisitesi ve Tuzluluğa Karşı Toleransının Belirlenmesine Yönelik Olarak Bor, Sodyum ve Klor Alımlarının Karşılaştırılması, Tarım Bilimleri Dergisi, 2003, 9 (4) 428-434.
- GÜNLÜ H., ÖZTÜRK Ö., Bor Uygulamasının Bazı Haşhaş Çeşitlerinin Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları 22 (44): (2008) 56-63 ISSN:1300-5774.
- HAKKOYMAZ O., ÖNDER M., GEZGİN S., Konya Ekolojik Şartlarında Yazlık Mercimek Çeşitlerinin Adaptasyonu ve Bor Toksisitesine Tepkilerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları, 20 (38): (2006) 98-107.
- HAKKI, E. E., ÜNLÜ, A., ÖZBEK, Z., GEZGİN, S., BABAOĞLU, M., 2006. Bor Biriktiren *Gypsophila* L. Cinsi Bitkilerin Moleküler Genetik Yöntemlerle Karakterizasyonu, S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (40): 27 – 31.
- HARİTE Ü., Pamukta Bor Toksisitesine Dayanıklılık, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ZTO-YL-2008-0001.
- H. MARSCHNER, Mineral Nutrition of Plants. 2nd Ed. Academic Press. New York. 1995, 379-396.
- H. NEBİLER, Y. ERDOĞAN, A. OLGUN, C. YERLİKAYA, The effects of boron in vineyard. 1st. Symposium on protection of environmental and Erhami Karaçam Kütahya TURKEY.1999.
- KAÇAR, B., KATKAT, V., 1998. Bitki Besleme. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın NO:127, Bursa.
- KIZILGÖZ İ., Karacadağ Yöresindeki Bazaltik Toprakların Arpa Bitkilerinin Bor Kapsamları Üzerine Etkileri, Araştırma Makalesi, Harran Ünivesitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları, 2009, 13(2):15-20.
- J. G. PAULL, B. CARTWRIGHT, A. J. RATHJEN, Euphytica. 1988, 39, 137-144.
- J. J. OERTLI, Plant and Soil, 1993, 155/156, 301-304.
- LEPP, N.W.(ed), 1981, Effect of metal pollution on plants, Volume. I., Effects of trace metals on plant function, Applied Science Publishers, London.

- M. H. DYE, L. BUCHANAN, F. D. DOROFÄEFF, F. G. BEECRAFT, Die back apricot trees following soil application of boron. New Zealand J.Exp. Agric. 1983, 11, 331-342.
- MACEK T., KOTRBA P., SVATOS A., NOVAKOVA M.,DEMNEROVA K., MACKOVA M. 2007., Novel roles for genetically modified plants in environmental protection, Trends in Biotechnology 26, 146-152.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Second Edition. Academic Press New York.
- NABLE, R. O., G. S. BANUELOS AND J. G. PAULL, 1997. Boron toxicity. Plant and Soil, 193, 181-198.
- NABLE, R.O., Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat genotypes: A preliminary examination of the resistance mechanism. Plant and Soil 112, 45-52. 1988.
- N.AHMED, M.ABİD, F.AHMAD, Boron Toxicity In Irrigated Cotton (Gossypium Hirsutum L.), University College of Agriculture, Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan, Central Cotton Research Institute, Multan, Pakistan-60500, Pak. J. Bot., 40(6): 2443-2452, 2008.
- ÖZPEKER. Ö, 2001. Bor Yataklarının Değerlendirilmesi Türkiye Borat Yatakları, Workshop, İTÜ Maden Fakültesi, 16 3 2001, Edt Kmkoglu, S , Budakoglu, M-, Çelenli, A, s 57-68.
- ÖZTÜRK, N, 1994 Tınkal Cevherlerinin Değerlendirilmesinde Yem Yöntemlerin Araştırılması Doktora tezi İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- P. H. BROWN, H. Hu, Ann. Bot. 1996, 77, 497-506.
- PAULL, J.G., NABLE, R.O., LAKE, A.W.H., MATERNE, M.A. AND RATHJEN, A.J., Response of annual medics (Medicago spp.) and field peas (Pisum sativum) to high concentrations of boron: Genetic variation and the mechanism of tolerance. Aust. J. Agric. Res. 43, 203-213. 1992.
- PEKER R. M., ERDAL İ., Isparta Yöresi Elma ve Kiraz Bahçelerinin Bor Beslenme Durumlarının Toprak ve Yaprak Analizleriyle Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları, 1(1):33-40, 2006 ISSN 1304-9984.

- R. EL-MOTAUM, H. HU, P. H. BROWN, 1994, içinde P. H. Brown, B. J. Shelp, Plant Soil, 1997, 193, 85-101.
- R. O. NABLE, G. S. BANUELOS, J. G. PAULL, Plant and Soil, 1997, 198, 181-198.
- ROSKILL INFORMATION SERVICES, <http://www.boren.gov.tr/icerik.php?id=26> Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü.
- SAPMAZ, A., 2001. Ülkemiz Bor Madenciliği ve Hukuki Durumu, Türkiye Borat Yatakları, Workshop, İTÜ Maden Fakültesi, 16 3 2001, Edt Kmkoglu, S, Budakoglu, M.Çelenli, A-, s: 69-79.
- SİLANPAA, M., Micronutrient Assessment at the Country Level: an international study. FAO Soils Bulletin, Rome, 1990.
- Ş. ÖZKURT, Boron accumulation in carps tissues (Cypriks carpio L.,1758) in dam lakes Çatören and Kunduzlar (Kırka-Eskişehir) Turk J. Biol. 2000, 24, 663-676.
- TANER S., SADE B., KAYA Y., ÇERİ S., GEZGİN S., Bor Miktarı Yüksek Topraklarda Yetiştirilen Makarnalık Buğday Çeşitlerine Uygulanan Borun Verim ve Bazı Verim Ögelerine Etkisi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi (2003), Konya.
- T.GÜYAGÜLER, Türkiye Bor Potansiyel, 2001. Maden Mühendisleri Odası, Ankara.
- U.C. GUPTA, Y.W. JAME, C.A. AMPBELL, A.S. LEYSHON, W. A MICHOLAICHUK, Review Can. J. Soil Sci. 1985, 65, 381-409.
- URAL, E., Türkiye'nin Çevre Sorunları. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara. 1995.
- 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.
- ÜNCÜ, R. Ü, 2001. Dünya Ham ve rafine Bor Pazarına Bir Bakış 4 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 102001,İzmir, Türkiye, s 7-17.
- VAN AKEN B. 2008, Transgenic plants for phytoremediation: helping nature to clean up environmental pollution, Trends in Biotechnology 26, 225-227.

WATANABE, M.E. (1997), "Phytoremediation on the brink of commercialization",
Environ. Sci. Technol., 31, 182A–186A.

ÖZGEÇMİŞ

1986 Yılında Adana’ da doğdu. Ortaokul ve lise öğrenimini İsmail Safa Özler Anadolu Lisesinde tamamladı. 2004 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği bölümünde lisans öğrenimine ve 2008 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Ağustos/ 2010’ dan beri Karaman Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğünde çalışmaktaydı.