

EMET BORİK ASİT FABRİKASI ATIKLARININ
ARPA VE BUĞDAY BİTKİLERİNDE ÇİMLENME
VE VEJETATİF BÜYÜME ÜZERİNE ETKİLERİ

Ayten EROĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Biyoloji Anabilim Dalı

Ağustos– 2006

EMET BORİK ASİT FABRİKASI ATIKLARININ ARPA VE BUĞDAY BİTKİLERİNDE
ÇİMLENME VE VEJETATİF BÜYÜME ÜZERİNE ETKİLERİ

Ayten EROĞLU

Dumlupınar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Biyoloji Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Süleyman TOPAL

Ağustos – 2006

KABUL ve ONAY SAYFASI

Ayten EROĞLU'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı EMET BORİK ASİT FABRİKASI ATIKLARININ ARPA VE BUĞDAY BİTKİLERİNDE ÇİMLENME VE VEJETATİF BÜYÜME ÜZERİNE ETKİLERİ başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

04/09/2006

Üye : Prof. Dr. İsmail KOCAÇALIŞKAN

Üye : Prof. Dr. Yunus ERDOĞAN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Süleyman TOPAL

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. M. Sabri ÖZYURT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

EMET BORİK ASİT FABRİKASI ATIKLARININ ARPA VE BUĞDAY BİTKİLERİNDE ÇİMLENME VE VEJETATİF BÜYÜME ÜZERİNE ETKİLERİ

Ayten EROĞLU

Biyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2006
Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Süleyman TOPAL

ÖZET

Emet Borik Asit Fabrikası 101 ve 102 konsantratör atıklarının arpa (*Hordeum vulgare* L.cv.İnce04) ve buğday (*Triticum sativum* L. cv. Altay 2000) bitkilerinde çimlenme ve vejetatif büyüme üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Arpa ve buğday bitkileri 101 ve 102 konsantratör atıklarının 0, 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 ppmlik çözeltilerinde 7 gün süreyle kontrollü çevre şartlarında yetiştirilmiştir.

Atıkların arpa ve buğday tohumlarında çimlenmeyi inhibe edici etkisi bulunmamıştır. 101 konsantratör atığının 20-200 ppm, 102 konsantratör atığının 20-400 ppm arasındaki konsantrasyonlarında bazı uygulamalarda arpa ve buğday kök ve gövde uzunlukları, kök ve gövde yaş ağırlıkları ve kök ve gövde kuru ağırlıkları artmıştır. 101 konsantratör atığının 400 ppm ve üzeri ile 102 konsantratör atığının 600 ppm ve üzeri uygulamalarında bitkilerin uzunluk, yaş ve kuru ağırlıklarında önemli azalmalar gözlenmiştir. Bu azalışlar özellikle 101 konsantratör atığının kullanıldığı uygulamalarda daha belirgindir.

Anahtar Kelimeler: bor, bor fabrika atıkları, arpa, buğday, çimlenme, vejetatif büyüme.

THE EFFECTS OF EMET BORIC ACID FACTORY WASTES ON BARLEY AND WHEAT GERMINATION AND VEGETATIVE GROWTH

Ayten EROĞLU

Department of Biology, M.S. Thesis, 2006

Thesis Supervisor: Asist. Prof. Dr. Süleyman TOPAL

SUMMARY

The effects of 101 and 102 concentrator wastes of Emet Boric Acid Factory on barley (*Hordeum vulgare* L. cv. İnce04) and wheat (*Triticum sativum* L. cv. Altay 2000) germination and vegetative growth were searched. Barley and wheat plants were grown with 0, 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 and 1000 ppm solutions of 101 and 102 concentrator wastes during 7 days.

There was no inhibitory effects of wastes on germination of barley and wheat seeds. Barley and wheat root and stem length, root and stem fresh and dry weights increased in some applications of 101 concentrator wastes between 20 and 200 ppm concentrations and 102 concentrator wastes between 20 and 400 ppm concentrations. Length, fresh and dry weights of the plants were reduced significantly in applications of 400 ppm and above concentrations of 101 concentrator wastes and 600 ppm and above concentrations of 102 concentrator wastes. These reductions were more clear in applications used 101 concentrator waste.

Key words: Boron, boron factory wastes, barley, wheat, germination, vegetative growth.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince her konuda bilgi ve desteğinden yararlandığım Sayın hocam Yard. Doç. Dr. Süleyman TOPAL'a ve Sayın hocam Prof. Dr. İsmail KOCAÇALIŞKAN'a, materyal temininde büyük kolaylık sağlayan maden mühendisi Dr. Mehmet SAVAŞ ve kimya mühendisi Yasemin KAMA'ya, hayatımın her alanında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve emeği geçen herkese teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| KABUL VE ONAY SAYFASI | iii |
| ÖZET | iv |
| SUMMARY | v |
| TEŞEKKÜR | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | ix |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | x |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Bor Ürünleri ve Kullanım Alanları..... | 2 |
| 1.2. Boratlar, Oluşumları ve Dağılımları..... | 2 |
| 1.3. Bitki-Bor İlişkisi | 3 |
| 1.3.1. Bor Alımı..... | 4 |
| 1.3.2. Bor Taşınımı..... | 4 |
| 1.3.3. Borun Organik Yapılarla Oluşturduğu Bileşikler..... | 5 |
| 1.3.4. Borun Bitkilerde Metabolik İşlevleri..... | 5 |
| 1.3.5. Bitkilerin Bor İçerikleri | 11 |
| 1.3.6. Bitkilerin Bor Kaynakları..... | 11 |
| 1.4. Bor Eksikliği | 13 |
| 1.5. Bor Toksisitesi..... | 14 |
| 1.6. Amaç..... | 15 |
| 2. MATERYAL VE METOD | 16 |
| 2.1. Çözelti Hazırlama | 16 |
| 2.2. Bitki Büyümesi | 16 |
| 2.2.1. Çimlenme | 17 |
| 2.2.2. Kök ve Gövde Analizleri | 17 |
| 3. SONUÇLAR | 18 |
| 3.1. Farklı Atık Uygulamalarının Arpa ve Buğday Tohumlarında Çimlenme Üzerine Etkileri | 18 |
| 3.2. Farklı Atık Uygulamalarının Arpa ve Buğday Bitkilerinde Vejetatif Büyüme Üzerine Etkileri | 20 |

İÇİNDEKİLER (devam)

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| 4. TARTIŞMA | 27 |
| 4.1. Farklı Atık Uygulamalarının Çimlenme Üzerine Etkisi | 27 |
| 4.2. Farklı Atık Uygulamalarının Vejetatif Büyüme Üzerine Etkileri | 27 |
| KAYNAKLAR DİZİNİ | 29 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Sekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| 3.1.1. 101 ve 102 konsantratör atıklarının arpa ve buğday bitkilerinde çimlenme yüzdesi üzerine etkileri | 19 |
| 3.2.1. 101 ve 102 konsantratör atıklarının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde uzunluğu üzerine etkileri | 22 |
| 3.2.2. 101 ve 102 konsantratör atıklarının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde yaş ağırlığı üzerine etkileri | 24 |
| 3.2.3. 101 ve 102 konsantratör atıklarının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde kuru ağırlığı üzerine etkileri | 26 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>Çizelge</u> | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 1.3.1. Bor gereksinimlerine göre bitkilerin gruplandırılması | 3 |
| 1.3.2. Çeşitli bitki gruplarının bor içeriği | 4 |
| 2.1.1. 101 ve 102 konsantratör atıklarının kimyasal içerikleri | 16 |
| 3.1.1. 101 ve 102 konsantratör atıklarının arpa ve buğday bitkilerinde çimlenme yüzdesi üzerine etkileri | 18 |
| 3.2.1. 101 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde uzunluğu üzerine etkileri | 20 |
| 3.2.2. 102 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde uzunluğu üzerine etkileri | 21 |
| 3.2.3. 101 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde yaş ağırlığı üzerine etkileri | 23 |
| 3.2.4. 102 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde yaş ağırlığı üzerine etkileri | 23 |
| 3.2.5. 101 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde kuru ağırlığı üzerine etkileri | 25 |
| 3.2.6. 102 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde kuru ağırlığı üzerine etkileri | 25 |

1. GİRİŞ

Bor (B) elementi periyodik sistemin 3A grubunun başında yer alır. Atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81'dir. Bor kütle numaraları 10 ve 11 olan iki kararlı izotopunun karışımından oluşur [1, 2, 3, 4].

Borun O_2 'ye eğilimi fazla olduğu için doğada tek başına değil, yapısına Na, Ca ve Mg'u da alarak boratlar şeklinde bulunur. Bor- O_2 bileşiklerinin genel adı borattır. Doğada yaklaşık 250 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir [1, 2, 3].

Tarihte ilk kez 4000 yıl önce Babilliler Uzak Doğu'dan boraks ithal etmiş ve bunu altın işlemeciliğinde kullanmışlardır. Mısırlılar boru mumyalamada, tedavi amaçlı ve metalurji uygulamalarında, Eski Yunanlılar ve Romalılar temizlik maddesi olarak kullanmışlardır. İlaç olarak Arap doktorlar tarafından M.S. 870'li yıllarda kullanılmıştır. Avrupa, kimyayla ilgili Arapça kaynakların çevrilmesi sonucu borla 12.-13. yüzyılda tanışmıştır. İlk boraks kaynağı 15. yüzyılda Tibet Gölleri'nden elde edilmiş ve Venedikli tüccarlar tarafından koyunlara bağlanan torbalarla Himalayalar üzerinden Hindistan'a getirilmiştir. Borik asit 1700'lü yılların başında borakstan yapılmıştır. Elementer bor 1808 yılında Fransız kimyacı Gay-Lussac ile Louis Thenard ve bağımsız olarak İngiliz kimyacı Sir Humpry Davy tarafından bulunmuştur. % 99 saflıktaki ilk kristalize bor ise 1909 yılında elde edilebilmiştir [2, 3].

1.1. Bor Ürünleri ve Kullanım Alanları

Geçmişte birçok değişik uygarlık tarafından kullanılan ham bor bileşikleri, son yüzyılda sanayileşmenin ve teknolojiadaki hızlı gelişmelerin etkisiyle artan ürün yelpazesıyla birlikte değişime uğramıştır. Günümüzde pek çok sanayi dalında ham, rafine ve özel bor ürünleri kullanılmaktadır. Bor elementi kendine özgü özelliklerinden dolayı çok sayıda bileşik veya alaşım oluşturabilir [2].

Bor minerallerinin % 10'a yakın bir kısmı doğrudan mineral olarak kullanılmakta [5], geriye kalan kısım ise çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlere tabi tutularak rafine bor ürünleri elde etmede kullanılmaktadır. Birçok sanayi dalında kullanılan dört ana rafine bor bileşiği vardır. Bunlar boraks dekahidrat ($\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$), boraks pentahidrat ($\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), susuz boraks ($\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7$) ve borik asit (H_3BO_3)'tir [2].

Bor ürünleri cam sanayi, seramik sanayi, temizleme ve beyazlatma sanayi, yanmayı önleyici madde yapımı, ilaç sanayi, kimya sanayi, tarım, metalurji, enerji depolama, pigment ve kurutucu olarak, nükleer uygulamalar, fotoğrafçılık, kozmetik sanayi, atık temizleme, yakıt, tıp, gıda, nanoteknoloji, inşaat, uzay ve hava araçları, askeri araçlar, füzeler, radarlar, iletişim teknolojileri gibi birçok alanda kullanılmaktadır [2, 3, 5, 6].

1.2. Boratlar, Oluşumları ve Dağılımları

Dünyanın en büyük borat yatakları kimyasal çökelme sonucu gölsel ortamlarda oluşmuştur. Borat oluşumlarına deniz ortamında oluşan tuz yatakları içinde de rastlanır, fakat bunlar ekonomik öneme sahip değildir. Bor mineralleri magmanın yerüstüne çıkarken kristalleşmesiyle de oluşabilir [1, 2].

Ekonomik boyutlardaki bor yataklarına Türkiye (Batı Anadolu), ABD (Kaliforniya), Sovyetler Birliği, Kanada, Arjantin, Şili, Bolivya, Peru, Tibet, Çin, Hindistan, İran, Suriye, Yeni Zelanda, Yeni Gine, İtalya, Japonya, Almanya ve Britanya adalarında rastlanmıştır [1].

Türkiye'deki borat yatakları Tersiyer'de başlayan ve Kuvaterner'in başlangıcına kadar süren volkanik aktivitelerin yüksek olduğu dönemlerde Miyosen gölsel ortamlarda depolanmıştır [1].

Türkiye'nin bilinen borat yataklarının tümü Batı Anadolu'da bulunmaktadır. Bu yatakların dağılımı ise şöyledir:

- Bigadiç kolemanit ve üleksit yatakları (Balıkesir)

- Sultançayır pandermit yatağı (Balıkesir)
- Kestelek kolemanit ve probertit yatağı (Bursa)
- Emet kolemanit yatağı (Kütahya)
- Kırka boraks yatağı (Eskişehir) [1, 2].

Türkiye dünyadaki bor rezervinin yaklaşık % 70'ine sahiptir. En büyük boraks, üleksit ve kolemanit yatakları Türkiye'de bulunmaktadır. Tüm dünya ülkeleri kolemanit cevheri ve üretimi yönünden tamamen, üleksit cevheri ve üretimi yönünden ise kısmen Türkiye'ye bağımlıdır [1].

1.3. Bitki-Bor İlişkisi

Bor vasküler bitkiler, diatomlar ve bazı yeşil alg türleri için gerekli bir mikroblesleyicidir. Bazı siyanobakteri türleri heterosistleri için B'a ihtiyaç duyar. Mantarlar ve bakteriler gelişim için B'a ihtiyaç duymazlar. [7, 8, 9].

Bitkilerin B' a olan ihtiyacı molar düzeyde ele alındığında diğer mikroblesleyicilerden daha fazladır ve bitkiler B ihtiyacı bakımından büyük farklar gösterirler. bor gereksinimine göre bitkilerin sınıflandırılması çizelge 1.3.1'de verilmiştir. B ihtiyacı en az olan bitki grubu graminelerdir. Orta seviyede B ihtiyacı gösteren bitkiler gramineler dışında kalan monokotiller ve dikotil bitkiler, B ihtiyacı en fazla olanlar ise lateks üreten bitkilerdir [8]. Bu gruplara ait bazı bitki örnekleri çizelge 1.3.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.3.1. Bor gereksinimlerine göre bitkilerin gruplandırılması [10].

| Bor gereksinimi az olan bitkiler | Bor gereksinimi orta olan bitkiler | Bor gereksinimi fazla olan bitkiler |
|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Buğday | Tütün | Elma |
| Yulaf | Domates | Şalgam |
| Arpa | Mısır | Lahana |
| Soya fasulyesi | Marul | Karnabahar |
| Yeşil fasulye | Zeytin | Kuşkonmaz |
| Patates | Pamuk | Ayçiçeği |
| Çilek | Soğan | Turp |
| Ahududu | Havuç | Kereviz |
| Keten | Taş yoncası | Şeker pancarı |

Çizelge 1.3.2. Çeşitli bitki gruplarının bor içeriği (B, ppm kuru ağırlık) [11].

| Monokotiller | | Dikotiller | | Latekse sahip dikotiller | |
|--------------|-----|------------|----|--------------------------|----|
| Arpa | 2.3 | Bezelye | 22 | Karahindiba | 80 |
| Mısır | 5.0 | Pancar | 49 | Sütleğen | 93 |
| Buğday | 3.3 | Marul | 70 | Haşhaş | 94 |

1.3.1. Bor alımı

Bitkilerde B alınımının temelde pasif absorpsiyon yoluyla ve iyonlaşmamış borik asit şeklinde olduğu kabul edilmektedir [10]. Ancak bitkilerin boru aktif şekilde aldığına dair bazı kanıtlar vardır [9].

Köklerden pasif absorpsiyon yoluyla alınan bor transpirasyona bağlı olarak ksilem iletim boruları içinde bitkinin tepe noktalarına kadar taşınır. Bu durumda B'un alınımı ve taşınımı transpirasyona bağlı su alınımıyla yakından ilişkilidir [10, 12].

Pasif bor alınımı akuaporin adı verilen ve suyun kitle halinde taşınımını gerçekleştiren membran proteinleriyle de yapılabilir. Kabak ve Arabidopsis bitkileri ile ve Xenopus oositleriyle yapılan çalışmalarda civa ($HgCl_2$) uygulamasının kanal proteinlerini inhibe ettiği ve borik asit taşınımının % 30 oranında azaldığı gösterilmiştir [9, 13].

Pasif olarak bor alınımını etkileyen bazı koşullar vardır. Fosfolipit tipi, değişik yağ asiti zincir uzunluğu ve baş grupların varlığı membran geçirgenliğini değiştirebilir. Bitki membranının temel elemanları olan steroller membran permeabilitesini membranın akışkanlığını azaltarak düşürür. Transpirasyon oranı ve borun bazı maddelerle kompleks oluşturma özelliği de bitkide bor alınımını etkiler [9].

Pasif absorpsiyon yoluyla B alımı ortamda yeterli veya fazla miktarda B olduğunda gerçekleşir. Büyüme ortamında yeterince bor olmadığı zaman bitkiler aktif olarak bor alınımını gerçekleştirmektedir. Aktif bor alınımının ortamda bor konsantrasyonunun artması, düşük kök zonu sıcaklığı ve 2,4-dinitrofenol gibi kimyasalların uygulanmasıyla inhibe olduğu gösterilmiştir [9, 12].

1.3.2. Bor Taşınımı

Borun bitki organlarındaki hareketi genellikle sınırlıdır ve immobil olarak nitelendirilir. B taşınımı çoğu bitki türünde ksilem aracılığıyla yapılmaktadır ve bitkide

transpirasyonla buhar halinde su kaybı sürdükçe bor da üst kısımlara taşınmaktadır. Mobil elementler bitki yapısına alındıktan sonra gelişmekte olan genç dokulara taşınabilir. Fakat B, Ca gibi bazı elementlerin bitki yapısına girdikten sonra hareketi sınırlı olup genç dokularda eksiklik belirtilerinin görülmemesi için sürekli olarak toprakta bulunmak zorundadır [9, 14].

Borun bazı bitki türlerinde floemde mobil olarak taşınabildiğine dair kanıtlar vardır. Primer fotosentez ürünleri sorbitol, mannitol, dulcitol, fruktoz gibi şeker ve şeker alkolleri olan türlerde bor taşınımının floemde gerçekleştiği gösterilmiştir [12,15,16]. Kereviz ve seftalide bu fotosentatların bor elementiyle bağ yaptıkları ve borun mobil hale geçtiği bildirilmiştir [12]. Temel fotosentez ürünü sukroz olan tütün bitkisinde borun taşınımı immobildir. Gen aktarımı yoluyla sorbitol üretmesi sağlanan tütünlerde borun meristemlere taşınımının arttığı bulunmuştur [17].

1.3.3. Borun Organik Yapılarla Oluşturduğu Bileşikler

Borla hem hücre çeperinde hem de sitoplazmada bileşikler oluşturabilen birçok biyolojik molekül vardır. Borik asit çeşitli mono-, di-, polihidroksi bileşiklerle özellikle de cis-diollerle esterler ve kompleksler oluşturur. Şekerler, şeker alkolleri, fenoller [12], organik asitler, bazı aminoasitler ve organik polimerler borik asitle bağ oluşturabilir. Bu bileşiklere örnek olarak fruktoz, riboz, sorbitol, mannitol, kafeik asit, galaktomannan, ramnogalakturonan, serin ve NAD⁺ verilebilir [7, 9, 12].

Borla oluşturulan bu bileşiklerin stabilitesi bazı koşullar altında artar. Örneğin artan pH bor komplekslerini stabilize eder. Trans-dioller yerine cis-dioller tercih edilir. Furan halkasına sahip şekerler piran halkasına sahip olanlardan daha stabil kompleksler oluşturur. Komplekslerdeki komşu gruplar örneğin bitişik bir azotun varlığı kararlılığı artırır. Pozitif yüklü bir substitüent grubu eloktrastatik stabilizasyon sağlar. B-RG-II molekülünün stabilitesi Ca⁺ varlığında oldukça artar [9].

1.3.4. Borun Bitkilerde Metabolik İşlevleri

Borun bitkilerdeki fizyolojik ve biyokimyasal işlevleri üzerinde birçok araştırma yapılmış olup konu üzerindeki çalışmalar günümüzde de hızla devam etmektedir. Bor bitkilerde:

- Karbohidrat metabolizması
- Hücre çeperi sentezi ve korunması
- Lignifikasyon

- RNA metabolizması
- IAA metabolizması
- Solunum
- Fenol metabolizması
- Membran bütünlüğü
- Transpirasyon
- Kök gelişimi
- Fotosentez
- Enzim aktivasyonu
- Kalsiyum, fosfor gibi bazı mineral elementlerin alınımına etkisi gibi birçok metabolik işlevde görev almaktadır [7, 18, 19, 20, 21]. Bor bu işlevlerden bir kısmını direkt, bir kısmını ise dolaylı yoldan gerçekleştirmektedir [7].

1.3.4.1. Bor ve Hücre Çeperi

Bitkilerin hücre çeperi polisakkaritler, proteinler ve fenilpropanoidlerin bir karışımından oluşur. Hücre çeperinin polisakkarit kısmı selüloz, hemiselüloz ve pektin içerir.[22]. Hücre çeperinde bulunan B'un selüloz ve hemiselülozdan çok pektinlere bağlandığı bulunmuştur [8].

Araştırmacılar yıllar içinde primer hücre çeperi ve bor beslenmesi arasında yakın ilişkiler bulmuşlardır. Hücresel B'un % 90'dan fazlası hücre çeperi fraksiyonunda lokalize olmuştur [8].

Bor eksikliğinde hücre çeperinde düzensizlikler görülür. Bor eksikliği gösteren dokularda hücre çeperinin çapı hücre çeperi materyalinin oranı kuru ağırlıkta yüksektir. Borca eksik bitkilerin hücre çeperi düz değildir, veziküler materyalin düzensiz depolanması gözlenir. Kereviz ve nane bitkilerinde parankima hücrelerinin hücre çeperi kalınlığının bor eksikliği gösteren bitkilerde arttığı görülmüştür [7].

Hücre çeperinde bulunan apioz hem dikotillerde hem monokotillerde borun hücre çeperi polimerleriyle çapraz bağ yapması için anahtar bir gruptur [8]. Primer hücre çeperinde bulunan RG-II molekülünün iki zinciri bor bileşiğiyle çapraz olarak birbirine bağlanır. Burada B'u bağlayan şeker apiozdur [9].

Fukoz da borun hücre çeperinde bağ yapabilmesi için bir adaydır. Fukozca eksik *Arabidopsis thaliana* mutantları bor eksikliği gösteren bitkilerin bir özelliği olan kolay kırılır yapraklara sahiptir. Primer hücre çeperinde borun bağ yapabilmesi için diğer adaylar prolince zengin glikoproteinler ve ekstensin gibi prolince zengin proteinlerdir [8].

1.3.4.2. Bor ve Membran

Borun membran bütünlüğü ve fonksiyonunda rol oynadığına ilişkin kanıtlanmış veriler vardır. B'un bu etkisi tonoplast veya kloroplast membranları gibi diğer zarsı yapılarda ise henüz kanıtlanmamıştır [7].

Membrana bağlı bor ilk kez mısır kök membranlarında, daha sonra mung fasülyesinin protoplast membran fraksiyonlarında bulunmuştur. Hücre çeperindeki miktarıyla karşılaştırıldığında borun membranlardaki miktarı düşüktür, fakat membran yapısındaki borun iyon alınımında önemli olduğu düşünülmektedir. *Vicia faba* köklerinde bor içermeyen solüsyonda rubidyum alınımı inhibe olmuş, fosfor alınımı ise azalmıştır [8].

Borca kıt ortamdaki mısır köklerinde düşük olan membrana bağlı ATPaz aktivitesinin bor uygulamasını izleyen 1 saat içinde borca yeterli köklerdeki aktivite seviyesine ulaştığı saptanmıştır [23].

Bu verilere dayanarak borun bitki köklerinde çeşitli mineral iyonlar ve glukoz alınımı üzerindeki etkisinin plazma membranına bağlı H^+ pompalayan ATPaz'ı direkt veya dolaylı yoldan etkileyerek düzenlediği düşünülmektedir [23].

1.3.4.3. Bor ve Fotosentez

Bor-fotosentez ilişkisi üzerine yapılmış az sayıda araştırma vardır. Ayrıca borca kıt veya borca yeterli ortamda büyütülen bitkilerin eksiklik veya toksisiteye tepkileri farklı olabilmektedir.

Borca kıt ortamda yetiştirilen *Ditrichia viscosa* bitkisinde klorofil konsantrasyonu ve stomatal iletkenlik kontrol bitkilerle karşılaştırıldığında değişmemiştir. Borca kıt bitki yapraklarında fotosentetik kapasitede istatistiki açıdan önemsiz bir artış bulunmuş, bunun yaprakların kalınlığındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmüştür. *Olea europea* (zeytin) bitkisi borca kıt ortamda büyüdüğünde yaprak kalınlığında önemli artışlar olmuş ancak fotosentetik kapasitede borca yeterli ortamda büyüyenlerle karşılaştırıldığında herhangi bir fark görülmemiştir [24].

Bor toksisitesinin Clementine mandalinalar üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada bor seviyesinin normal kabul edilen $0,25 \text{ mg l}^{-1}$ 'den $2,5 \text{ mg l}^{-1}$ 'e çıkarılmasıyla yaprak klorofil konsantrasyonu, fotosentetik oran ve stomatal iletkenlik azalmıştır. Bor konsantrasyonunun artmasıyla tüm lamina ve sünger parankiması kalınlığı düşmüş, mezofil hücre kloroplastlarının büyüklüğü azalmıştır [25]. Navelina portakallarıyla bor toksisitesi üzerine yapılan bir çalışmada artan bor konsantrasyonlarında benzer sonuçlar alınmıştır. Ayrıca Navelina portakallarında plastoglobuli miktarı değişmezken hacimleri artmış ve interselüler CO_2 konsantrasyonunda bir değişiklik gözlenmemiştir [26]. Kabak (*Cucurbita pepo*) bitkisinde aşırı bor net fotosentezde ve stomatal iletkenlikte düşmeye yol açmıştır [25].

Borun fotosentez üzerinde direkt rol oynamadığı, buna karşın fotosentetik yüzey veya CO_2 'ye karşı stomatal iletkenliği değiştirerek fotosentez üzerinde dolaylı bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir [24].

1.3.4.4. Bor ve Karbohidrat Metabolizması

Borun bor-şeker bileşikleri oluşturarak yüksek bitkilerde kısa ve uzun meafeli bor taşınımını kolaylaştırdığı düşünülse de floemde yaygın olarak taşınan sukroz ile borun zayıf bağlar yaptığı göz önüne alındığında böyle bir varsayım yeterli kabul görmemektedir[7].

Bitkide pentoz fosfat metabolik yolu ile glikolizis arasında karbohidrat paylaşımını sağlaması dışında borun şeker metabolizması üzerindeki etkilerinin ikincil nitelikte olduğu düşünülmektedir [7].

Bor eksikliği gösteren pamuk bitkilerinde yaprak glukoz, fruktoz, sukroz ve nişasta içeriği uygulamadan 4 hafta sonra % 19-45 oranında, 5 hafta sonra ise önemli oranda artmıştır [19]. Borca eksik ortamda büyüyen tütün yapraklarında glukoz, fruktoz ve nişasta miktarı artmıştır [27]. Bu da fotoasimilat taşınımının yapraklardan meyvelere doğru bor eksikliği koşullarında baskılandığını göstermektedir [19, 27].

Bor gübrelemesinin köklerdeki karbohidrat miktarı ve karbohidrat sızmasını arttırarak önemli bir mikoriza kolonizasyonu sağladığı bulunmuştur. Fakat burada borun şeker metabolizması üzerinde direkt etkileri olduğu çıkarımını yapmak yanılgılı olabilmektedir. Araştırmacılara göre bu gibi olaylarda bor bitkide fenol metabolizması üzerine direkt etki yapmakta ve simbiyotik veya mikorizal ilişkinin kurulmasında, konukçu-bakteri tanışmasını sağlamada rol oynamaktadır [7].

1.3.4.5. Bor ve Azot Fiksasyonu

Azot atmosferde yaklaşık % 80 oranında bulunmasına rağmen 3'lü bağ yapısı onu kimyasal olarak inert hale getirir. Ökaryotik organizmalar moleküler azotu kullanamazlar, fakat bazı prokaryotlar sahip oldukları nitrojenaz enzimi sayesinde bu elementin amonyağa enzimatik indirgenmesini katalizleyebilir ve bu yolla indirgenmiş azot bileşikleri bitkilerin ve diğer organizmaların kullanımına uygun hale getirilmiş olur. Mikroorganizmalar serbest olarak veya diğer organizmalarla simbiyotik birlikler kurarak azotu bağlayabilir [28].

Bir mavi-yeşil alg türü olan *Anabaena* vegetatif hücrelerden farklı olarak içerisinde azot fiksasyonunun gerçekleştirildiği heterosistlere sahiptir. Heterosistler kalın bir zara sahiptir, bu zarın iç tabakasında spesifik glikolipidler vardır [8, 29]. Bu glikolipidler O₂ bariyeri olarak görev yapar. Borun *Anabeana* heterosistlerinde bu glikolipid tabakasının kararlılığını sağladığı ve bu yolla O₂ difüzyonunu engelleyerek nitrojenaz enziminin aktivitesinin düşmesini engellediği düşünülmektedir. Örneğin bu glikolipidlere sahip olmayan cyanobacteria mutantları azot fiksasyonunda başarısızdır. Borun bu bakterilerin büyüme ortamından uzaklaştırılmasından sonra 24 saat içinde glikolipid içeriği % 1'e düşmüştür [8].

Simbiyotik birlikler kurarak azot fiksasyonunu gerçekleştiren türler için de bor gerekli bir elementtir. Diğer bitki dokularında olduğu gibi bor hem determine hem indetermine nodül membranı ve hücre çeperi korunması için gerekir [30]. Köklerle kıyaslandığında nodüllerdeki hücre çeperinde 4 kat fazla bor vardır [31]. Bora nodül yapısı ve fonksiyonu, bitki-bakteri moleküler sinyalleşmesi, bakteri infeksiyonu, nodül istilası, simbiyozom gelişimi ve bakteroid olgunlaşması aşamalarında ihtiyaç duyulur [29, 30, 32].

Borca kıt fasülye ve yonca bitkilerinde nodül oluşumu azalmış, boş nodül oluşumları gözlenmiş ve azot fiksasyonu büyük oranda inhibe olmuştur. Borca yetersiz ortamdaki bezelye nodülleri düzensiz şekilli hücre çeperlerine sahiptir [30], simbiyozomların peribakteroid membranları buruşuk ve bozulmuştur. Bor eksikliği veya toksisitesinde nitrojenaz aktivitesi inhibe olmaktadır [30, 31].

1.3.4.6. Bor ve Fenol Metabolizması

Bitkiler biyotik ve abiyotik çevreleriyle ve kendi aralarında iletişim sağlamak gibi önemli ekofizyolojik olaylara katılan birçok fenolik madde sentezleme yeteneğine sahiptir. Bitki dokularının fenolik madde içeriği çevresel koşullardaki değişimlere göre değişir ve bitkinin besin seviyesinden etkilenir. Genelde, besin kısıtlaması yüzünden büyüme sınırlandırıldığında daha fazla karbon fenolikler gibi sekonder maddelerin yapımı için kullanılır [24]. Fenoliklerin

birikimi bor eksikliğinde bitkilerde görülen tipik bir özelliktir. Bor eksikliğinde substrat akışı glikolizden pentoz fosfat yoluna kayar ve fenol biyosentezi artar [7].

Fenilpropanoid yolu fenolik esterler, kumarinler, flavonoidler ve lignini de içeren çeşitli sekonder metabolitlerin sentezlenmesinde gereklidir. Bütün fenilpropanoidler transsinnamik asitten sentezlenir [33]. Fenoliklerin sentezinde anahtar enzim fenilalanin amonyum liyazdır (PAL). Bu enzim fenilalaninin trans-sinnamik asite deaminatif redüksiyonunu katalizler. Farklı PAL izoenzimleri stres koşullarında veya lignin ve flavanoid çiçek pigmentlerine ihtiyaç duyulan bitki hücrelerinde eksprese edilir. PAL aktivitesi sağlıklı hücrelerde düşüktür [22].

Bor eksikliği ve fazlalığında bitkilerde fenolik maddelerin sentezinden sorumlu enzimlerin aktivitelerinde değişiklik görülür. Böylece fenolik maddelerin miktarı artar. Bor eksikliği görülen yapraklarda polifenol oksidaz (PPO) enzimi fenolik maddeleri okside eder ve kinonlar oluşur [33]. Özellikle ışık tarafından aktive edilmiş fenoller olan kinonlar süperoksit radikalleri üretmede oldukça etkin olup lipid peroksidasyonuna yol açarak membranlara zarar verme potansiyeline sahiptir [7].

Yağ palmyelerinde emici böceklere karşı bir savunma maddesi olarak üretilen flavanoid leukosiyanidin miktarı bor eksikliği koşullarında azalır ve bitkide böcek zararları artar[7].

PAL [22], peroksidaz (POD) ve PPO [33] enzimlerinin miktarı bitkilerde bor eksikliği ve fazlalığı durumlarında artmaktadır. Tütünde bor eksikliğinde PAL ve PPO [33] , elmada ise bor fazlalığında POD aktivitesi artmıştır [35]. Bu enzimler fenol metabolizmasında görevli önemli enzimlerdir [34].

1.3.4.7. Bor ve IAA Metabolizması

Yeterli ve eksik bor içeren ortamda yetiştirilen bitki dokularındaki toplam IAA (oksin) miktarı tayinleriyle, borun IAA metabolizmasındaki rolünün aydınlatılması güç görünmektedir. Bor eksikliği çeken bitkilerde oksin miktarı normalden fazla olmakta, bitkiye dışarıdan IAA uygulaması bor eksikliğinde oluşan olaylara benzer şekilde köklerde anatomik değişikliklere neden olmaktadır. Bununla birlikte, bor eksikliği ve fazla IAA miktarlarının bitkilerde neden olduğu değişimler farklılık göstermekte, bor eksikliği belirtileri dokuların IAA miktarlarında değişiklik olmadan da gözlenebilmektedir [7].

Borca eksik ortamda büyütülen bezelye bitkilerinde oksin ve sitokin [36] miktarıyla gövde apeksinden oksin taşınımı kontrol bitkilere kıyasla düşmüştür. Oksin hormonu

en fazla kök ve gövde ucu, yeni gelişmekte olan yaprak, çiçek ve gelişen meyvelerde sentezlenir. Oksin hormonu yan dal büyümesini engeller, yan kök oluşumunu ise teşvik eder [37]. Oksin miktarı arttıkça taşınımı da buna paralel olarak artar. Yeterli bor içeren ortamda büyüyen bezelye bitkilerinde sitokinin hormonunun gövde apeksine uygulanmasıyla oksin sentezi ve taşınımı artmıştır. Borca eksik bezelye bitkilerindeki oksin transport kapasitesi dışarıdan oksin veya sitokinin uygulanmasıyla yerine konulamamış, fakat gövde apeksine bor uygulamasıyla geri kazanılmış ve oksin miktarı kontrol bitkilerdeki değerlerin bile üzerine çıkmıştır. Ayrıca bu uygulama yan dal büyümesini inhibe etmiş ve yan kök oluşumunu arttırmıştır. Bitkide oksin transport kapasitesinin artmasının borun membrandaki IAA import-/eksport taşıyıcı sistemle etkileşime geçmesi ya da membrana bağlı NADH-oksidadaz veya H⁺-ATPaz'larla etkileşime geçmesiyle olduğu düşünülmektedir [36].

1.3.5. Bitkilerin Bor İçerikleri

Bor farklı bitki organlarında genellikle en fazla yapraklarda, en az ise kök, meyve ve tohumlarda bulunur [19, 38]. Navelina portakalı ve kavunla yapılan çalışmalarda bor en fazla yaşlı yapraklarda bulunmuştur [26, 39].

Buğdayla yapılan bir çalışmada tek bir yaprakta bile bor birikimi yönünden farklılıklar olduğu, en fazla borun yaprak kenarlarında bulunduğu, bunu yaprağın kalan kısmı ve petiolün takip ettiği bulunmuştur [40].

Borun mobil olarak taşındığı kabul edilen bitki türlerinde ise bor dağılımı bakımından farklılıklar vardır. Elma ve badem gibi sorbitolün temel fotosentat olduğu bilinen türlerde borun mobil olarak taşınımının yapılmasından dolayı meyve ve meyve kısımlarındaki bor konsantrasyonu yapraklardakinden fazladır. Antep fıstığı ve ceviz gibi borun immobil olarak taşındığı türlerde ise en fazla bor yapraklarda birikmektedir [16].

1.3.6. Bitkilerin Bor Kaynakları

1.3.6.1. Bor Kaynağı Olarak Toprak

Topraklarda ana materyal veya ana materyalin dağılıp parçalanmasına bağlı olarak toplam bor miktarı 20-200 mg kg⁻¹ arasında değişir [10].

Topraklarda bor 4 değişik ana formda bulunur:

- Kayaçlar ve mineraller şeklinde
- Killerin yüzeyinde adsorbe edilmiş şekilde

- Organik maddeye bağlanmış olarak,
- Toprak çözeltisinde bağımsız iyonize olmamış borik asit ve BOH_4^{-1} iyonları şeklinde [10, 41].

Bor hem hidrosferde hem litosferde bulunur. Kayaçalarda kg başına 10-20 mg, deniz suyunda 1-10 mg, tatlı sularda deniz suyundaki konsantrasyonunun 1/350'si oranında bulunur.

Turmalin çoğu topraklarda bulunan bir borosilikat mineralidir [10]. Volkanik, metamorfik ve tortul kayalarda da bor borosilikat olarak bulunur [42]. Kolemanit, üleksit, kernit, boraks [10], datolit, askarit, hidroborasit topraklarda görülen başka önemli bor mineralleridir. Boratlar, özellikle sodyum boratlar hava ile temas ettiklerinde hızlı bir şekilde çözünürler [10, 41].

Bitkiler için yararlı olan bor toprak çözeltisinde çözünebilir bordur. Bu miktar toplam toprak borunun % 10'u değerindedir. Toprak çözeltisindeki borun temel kaynağı adsorbe edilmiş bordur. Adsorbsiyon yıkanmayı bir ölçüde etkileyen önemli bir faktördür. Organik madde içeriği yüksek, ince tekstürlü, alkali pH değerine sahip topraklarda adsorbe olmuş bor içeriği yüksektir. Organik maddeye bağlı bor mikrobiyal parçalanma sonucu bitkiye yararlı hale gelir. Kumlu toprakların bor içerikleri killi ve organik maddece zengin topraklara oranla daha azdır [10].

Bitkiler tarafından topraktan borun alınabilirliği toprağın yapısı, pH, nem, sıcaklık, topraktaki organik madde ve kil içeriği gibi birçok faktör tarafından etkilenir [10, 41].

1.3.6.2. Bor Kaynağı olarak Gübreler

Organik ve kimyasal gübreler bor kaynağı olarak kullanılabilir. Bor kaynağı olarak çeşitli bitkisel ve hayvansal kökenli atıklardan, örneğin kompost, ahır gübresi, kent atıkları ve kanalizasyon atıklarından yararlanılabilir. Kökeni ne olursa olsun bor kaynaklarının toksik etki oluşturmayacak düzeyde uygulanması gerekir [10].

Bor içeren kimyasal gübrelere borik asit, boraks, sodyum tetraborat, sodyum tetraborat dekahidrat, sodyum tetraborat pentahidrat, sodyum pentaborat ve solubor verilebilir [10, 41]. Sodyum boratlar doğrudan toprağa uygulanabildiği gibi yüksek çözünme özellikleri nedeniyle püskürtme suretiyle de uygulanabilir. Borlu gübreler genellikle ekimden önce toprak yüzeyine uygulanır ve toprakla karıştırılır. Foliar uygulamalar toksik etkiyi daha aza indirdiği için tercih edilir [10].

Toprağa uygulanacak bor miktarı bitki çeşidi, gübre uygulama şekli, yağış miktarı, toprağın kireç ve organik madde içeriğine bağlı olarak değişir [10].

1.4. Bor Eksikliği

Bor eksikliği semptomlarına diğer mikrobeseleyici madde semptomlarından daha fazla rastlanır [7]. Toprakta bor eksikliğine neden olan etmenler topraktaki borun yağmurlarla yıkanması, toprak pH'sının artması sonucu borun bitkiye daha az yararlı olan borat anyonu haline gelmesi, killi topraklarda B'un adsorbe edilmesi, topraktaki nem oranının düşmesi, topraktaki düşük organik madde içeriği, toprakta aşırı miktarda Ca elementinin bulunmasıdır [7, 41].

Yüksek miktarda yağmur alan bölgelerde bor topraktan $B(OH)_3$ formunda yıkanır. Bitkilerin bor alımı özellikle kalkerli ve yüksek kil içerikli bölgelerde yüksek toprak pH'sında $B(OH)_4$ oluşumu ve anyon adsorpsiyonu yüzünden azalmaktadır [7].

Bor eksikliği semptomları özellikle tomurcuklarda veya genç yapraklarda görülür. Yapraklar koyu yeşil renk alır, genç yapraklar kalınlaşır ve derimsi görünüm alır, yapraklar kıvrılır. Yaprığın damar arası bölgelerinde klorozlar görülür. Bitkide internodlar kısalır, bitki çalimsı bir görüntü alır. Gövde ve petiol çaplarında artış yaygındır. Bor eksikliği gösteren dokular gevrek ve kırılğan bir hal alır. Daha şiddetli eksikliklerde genç yapraklar kahverengiye döner ve ölür [10, 38].

Bor eksikliği meyve ve tohum oluşumunda da düzensizliklere yol açar. Çiçek ve gelişen meyvelerin düşmesi tipik bir bor eksikliği semptomudur. Bor eksikliğinde meyve kabuğunda biriken zamk oluşumu, kalın kabuklu ve küçük deforme olmuş meyve oluşumları gözlenir. Kereviz ve şeker pancarı gibi depo köklerde büyüyen bölgeler etrafındaki nekrozlar öz çürüklüğüne yol açar. Elmada mantarlaşmış çekirdek evi hastalığı, limonda pulp/kabuk oranının düşmesi bor eksikliği belirtilerindedir. Mung fasüyesi tohum üretiminin sınırlanmadığı düşük bor oranlı topraklarda yetiştirildiğinde canlılığı düşük tohumlar üretir [7, 10].

Bor eksiklik semptomlarının giderilebilmesi için toprağa veya yaprağa farklı bor içeren gübre uygulaması kullanılabilir. Foliar uygulama bor toksisite riskini de düşürdüğü için tercih edilebilir [7].

1.5. Bor Toksisitesi

Toprakta bor toksisitesine neden olan faktörler toprağın denizsel kökenli olması, kurak ve yarı kurak bölgelerde borun topraktan yıkanamaması sonucu toprakta birikmesi, aşırı ve bilinçsiz gübre kullanımı, B içeriği yüksek suların sulama suyu olarak kullanılması, termik santrallerden çıkan uçucu kül, evsel atıklı kompostların toprağa uygulanması, bor madeni atıklarının yıkanarak yüzey sularına ve rüzgarla toprağa karışmasıdır [10, 42]. Üzümle yapılan bir çalışmada sulama suyundaki fazla bor konsantrasyonu bitkileri ciddi bir şekilde etkilemiş, genç yapraklarda ve olgun olmayan meyvelerde dökülmeler, küçük ve deforme olmuş meyveler, yapraklarda kıvrılma ve yanıklar görülmüştür [43].

Bitkilerde tipik toksisite belirtileri özellikle yaşlı yapraklarda görülür. Yaprak kenarları veya uçlarında klorozlar ve nekrozlar yaygındır. Uç bölgelerde görülen kloroz ve nekrozlar daha sonraki aşamalarda orta damara doğru yayılır, bitkinin fotosentetik kapasitesini kayba uğratar, yapraklar dökülür [10].

Yapraklardaki görünür bor toksisite semptomları tohum verimini azaltan konsantrasyondan daha düşük konsantrasyonda gerçekleşebilir. Örneğin buğdayda tohumların bor içeriği tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde negatif etkiler olmaksızın 12 kattan daha fazla oranda yükseltilebilir [7].

Bor zehirlenmesine duyarlılığı yüksek olan çeşitler hassas olan çeşitlere göre bünyelerinde daha az miktarda bor akümüle ederek yüksek bor konsantrasyonuna adapte olabilmektedir. Bu tip bitkiler bazı mekanizmalar geliştirerek B konsantrasyonlarını düşük düzeyde tutarlar. Kök sistemindeki bariyerler sayesinde B alınımı azaltılır, kökten gövdeye bor taşınımı engellenir, B'ca zengin topraklarda yüzeysel kök oluşturulur [44].

Yüksek B isteği olan türler hücre çeperinde daha yüksek B tutma kapasitesine sahiptir. Aşırı şeker konsantrasyonlarında fruktoz-B kompleksleri oluşturabilir. Örneğin tütün hücreleri ve polen tüplerinin büyümesi üzerindeki bor toksisitesi bu şekilde engellenmiş olur. Bu detoksifikasyon mekanizmalarının inhibe edildiği koşullarda sitozolde bor konsantrasyonu artar, bor NAD^+ veya RNA'nın ribozuyla kompleksler oluşturarak metabolik bozukluklara yol açar [7].

Yüksek bor içeren toprakların iyileştirilmesinde kullanılan bazı yöntemler vardır. Bunlar toprağın düşük seviyede bor içeren sularla sulanması, toprağa kalsiyumca zengin maddeler uygulanması ve B toleransı yüksek bitkilerin dikilmesidir. Örneğin Kırka bor maden alanında doğal olarak yetişen bitkilerden *Gypsophila sphaerocephala* Fenzl ex Tchihat var.

sphaerocephala bitkisinin yüksek toprak boru koşullarında başarılı bir şekilde yetiştiği ve bu bitkinin B toksisite belirtilerinin görüldüğü topraklarda yetiştirilmesiyle bitkisel madencilik yapılabileceği önerilmektedir [45].

1.6. Amaç

Dünya nüfusunun hızla artışı beraberinde hammadde ve enerji ihtiyacını getirmekte, bu da kirlilik problemini ortaya çıkarmaktadır. Bu noktada atık değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Bu sayede atıkların hem hammadde olarak kullanılması hem de doğadan uzaklaştırılması sağlanmış olacaktır.

Bor fabrika atıklarının seramik sanayi [46], çimento sanayi [47, 48], tuğla sanayi [49], duvar ve yer karosu [50, 51] ile hafif beton üretimi [52] gibi alanlarda kullanımıyla ilgili denemeler yapılmış olup literatürde atıkların bitkiler üzerindeki etkilerine ilişkin yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı bor fabrika atıklarının arpa ve buğday bitkilerinde çimlenme ve vejetatif büyüme üzerine etkilerini belirlemektir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Çözelti Hazırlama

Bu araştırmada kontrol çözeltisi olarak saf su kullanılmıştır. Emet Borik Asit Fabrikası 101 ve 102 konsantratör atıkları sabit ağırlığa ulaşmaya kadar 68 °C'lik etüvde 1 hafta süreyle kurutulmuştur. Atıklardan 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 ppmlik çözeltiler hazırlanmıştır. Atıkların kimyasal içeriği çizelge 2.1.1. de verilmiştir.

Çizelge. 2.1.1. 101 ve 102 konsantratör atıklarının kimyasal içerikleri. Hesaplar kuru madde üzerinden yapılmıştır.

| | | 101 konsantratör atığı | 102 konsantratör atığı |
|--|-----|------------------------|------------------------|
| B ₂ O ₃ | % | 8,09 | 2,51 |
| SiO ₂ | % | 5,97 | 6,88 |
| Fe ₂ O ₃ | % | 0,41 | 0,40 |
| Al ₂ O ₃ +TiO ₂ | % | 0,62 | 1,44 |
| CaO | % | 23,06 | 26,01 |
| MgO | % | 2,89 | 2,45 |
| SrO | % | 2,18 | 1,89 |
| Fe | % | 0,29 | 0,28 |
| As | ppm | 2975 | 1450 |
| SO ₄ | % | 40,54 | 44,67 |

2.2. Bitki Büyümesi

Araştırmada kullanılan buğday ve arpa tohumları ekim öncesi % 5'lik klorakla 15 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Sterilizasyonun ardından tohumlar 3 kez saf su ile yıkandıktan sonra 1 saat saf su içinde bekletilmiştir. Ekim için benzer görünüşlü tohumlar seçilmiş ve tohumlar petri kapları içine aralarında belli bir mesafe olacak şekilde her petriye 20 tohum ekilmiştir. Tohumlar 7 gün boyunca atıklardan hazırlanan 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 ppmlik çözeltilerle sulanmıştır. Çimlendirme ve bitki büyümesi 26/18 °C (14 saat ışık/8 saat karanlık) ısı ve ışık şartları (17,300 lüx), % 70 nisbi nem koşullarını sağlayan bitki büyütme dolabında 7 gün boyunca yapılmıştır.

2.2.1. Çimlenme

İlk 3 gün boyunca arpa ve buğday tohumlarının çimlenmeleri takip edilmiştir. Denemeler 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Değerler 3 tekrarın ortalaması şeklinde % çimlenme olarak hesaplanmıştır.

2.2.2. Kök ve Gövde Analizleri

Ekimi takip eden 7. günde bitkicikler kök ve gövde olmak üzere iki parçaya ayrılmıştır. Kök ve gövde uzunlukları milimetrik cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Ortalama kök ve gövde uzunlukları her bir petri için bulunan değer in fidecik sayısına bölünmesi ile hesaplanmış ve uygulama başına cm/bitki olarak belirlenmiştir. Kök ve gövde parçalarının ağırlıkları hassas bir terazi (Ohaus) yardımıyla ölçülmüş olup her bir petri için toplam kök ve gövde ağırlıkları çimlenen bitki sayısına bölünerek ortalama değerler bulunmuştur. Taze ağırlıkları alınan kök ve gövde parçalarının kuru ağırlıklarını belirlemek amacıyla örnekler 68 °C'ye ayarlanmış etüvde 72 saat kurutularak ağırlıklarının sabit hale gelmesi sağlanmıştır. Ortalama kuru ağırlık değerleri petri başına toplam kök ve gövde kuru ağırlığının çimlenen bitki sayısına bölünmesi ile hesaplanmıştır.

3. SONUÇLAR

3.1. Farklı Atık Uygulamalarının Arpa ve Buğday Tohumlarında Çimlenme Üzerine Etkileri

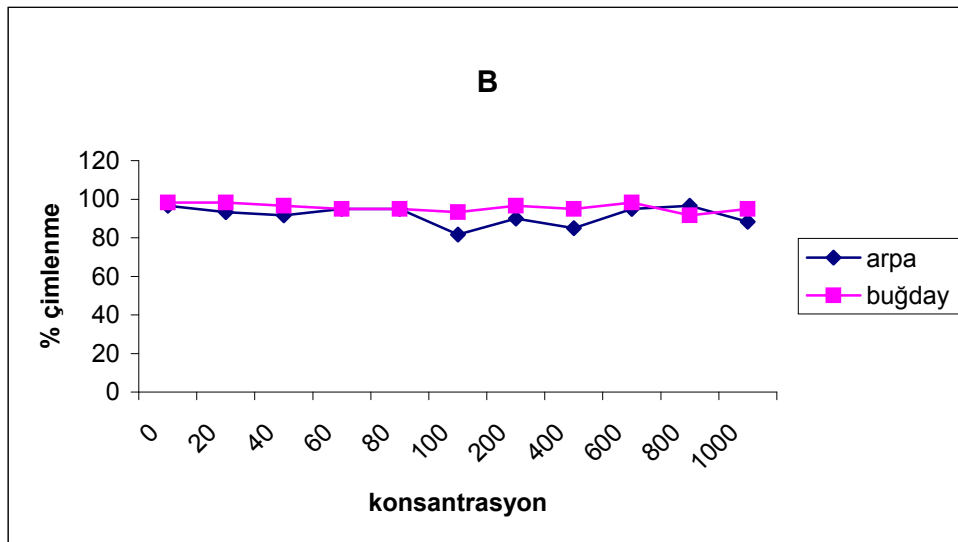
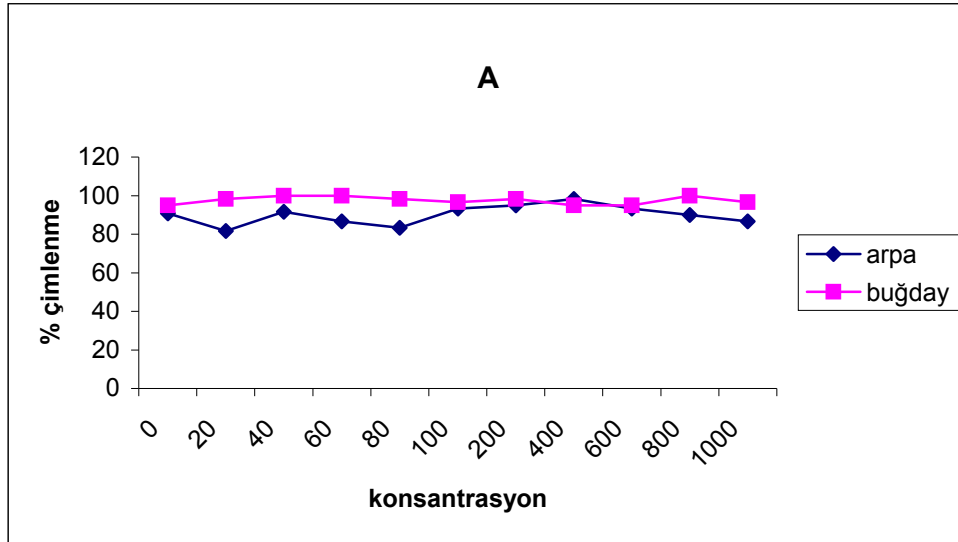
101 ve 102 konsantratör atıklarının 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 ppmlik çözeltilerinin arpa ve buğday tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla tohumlar ekimden itibaren 3 gün boyunca gözlenmiştir.

101 konsantratör atığının 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 ppmlik çözeltilerinin uygulamasında buğday tohumlarının çimlenme yüzdesi kontrole göre artmıştır. 101 konsantratör atığının 20, 60, 80, 800 ve 1000 ppmlik konsantrasyonlarında arpa tohumlarının çimlenme yüzdesi kontrole oranla azalırken 40, 100, 200, 400 ve 600 ppmlik çözeltilerinin uygulamasında çimlenme yüzdesi kontrole göre artmıştır. 102 konsantratör atığının tüm çözeltilerinin uygulamasında buğday ve arpa tohumlarının çimlenme yüzdesinde kayda değer bir artış olmamıştır (Çizelge 3.1.1.).

101 ve 102 konsantratör atıklarının arpa ve buğday tohumlarında çimlenmeyi inhibe edici etkisi bulunamamıştır (Şekil 3.1.1.).

Çizelge 3.1.1. 101 ve 102 konsantratör atıklarının arpa ve buğday bitkilerinde çimlenme yüzdesi üzerine etkileri. Arpa ve buğday tohumları atıkların 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 ppmlik çözeltilerinde 3 gün boyunca gözlenip çimlenme yüzdeleri hesaplanmıştır. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması $\pm SE$ 'dir.

| | | 101 | | 102 | |
|---------------|-----|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Konsantrasyon | | Arpa % çim. $\pm SE$ | Buğday % çim. $\pm SE$ | Arpa % çim. $\pm SE$ | Buğday % çim. $\pm SE$ |
| 0 | ppm | 90,83 $\pm 1,67$ | 94,99 $\pm 2,5$ | 96,66 $\pm 3,33$ | 98,33 $\pm 0,83$ |
| 20 | ppm | 81,66 $\pm 1,67$ | 98,33 $\pm 1,67$ | 93,33 $\pm 6,67$ | 98,33 $\pm 1,67$ |
| 40 | ppm | 91,66 $\pm 4,41$ | 100 ± 0 | 91,66 $\pm 3,33$ | 96,66 $\pm 1,67$ |
| 60 | ppm | 86,66 $\pm 6,01$ | 100 ± 0 | 95 $\pm 2,89$ | 95 $\pm 2,89$ |
| 80 | ppm | 83,33 $\pm 1,67$ | 98,33 $\pm 1,67$ | 95 $\pm 2,89$ | 95 $\pm 2,89$ |
| 100 | ppm | 93,33 $\pm 1,67$ | 96,66 $\pm 3,33$ | 81,66 $\pm 3,33$ | 93,33 $\pm 1,67$ |
| 200 | ppm | 95 $\pm 2,89$ | 98,33 $\pm 1,67$ | 90 ± 0 | 96,66 $\pm 3,33$ |
| 400 | ppm | 98,3 $\pm 1,67$ | 95 $\pm 2,89$ | 85 ± 5 | 95 $\pm 1,67$ |
| 600 | ppm | 93,33 $\pm 4,41$ | 95 $\pm 2,89$ | 95 ± 0 | 98,33 ± 5 |
| 800 | ppm | 90 $\pm 2,89$ | 100 ± 0 | 96,66 $\pm 1,67$ | 91,66 $\pm 4,41$ |
| 1000 | ppm | 86,66 $\pm 1,67$ | 96,66 $\pm 3,33$ | 88,33 $\pm 2,89$ | 95,0 ± 0 |



Şekil 3.1.1. 101 (A) ve 102 (B) konsantratör atıklarının arpa ve buğday bitkilerinde çimlenme yüzdesi üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

3.2. Farklı Atık Uygulamalarının Arpa ve Buğday Bitkilerinde Vejetatif Büyüme Üzerine Etkileri

Farklı atık uygulamalarının buğday ve arpa bitkilerinde kök ve gövde büyümesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla ekimi takip eden 7. günde kök ve gövde uzunlukları, kök ve gövde yaş ağırlıkları ile kök ve gövde kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

101 konsantratör atığının uygulanan tüm konsantrasyonlarında buğday kök ve gövde uzunluğu kontrole kıyasla azalmıştır. 101 konsantratör atığının 40 ve 200 ppmlik uygulamalarında arpa kök uzunluğu, 20, 40, 60, 80, 100 ve 200 ppmlik konsantrasyonlarında ise arpa gövde uzunluğu kontrole göre artmıştır (Çizelge 3.2.1.). Atığın 400 ppm ve üzeri uygulamalarında arpa ve buğday bitkilerinin kök ve gövde uzunlukları önemli oranda azalmıştır (Şekil 3.2.1). 102 konsantratör atığının tüm konsantrasyonlarında buğday kök ve gövde uzunluğu kontrole oranla azalırken, arpa gövde uzunluğu 40, gövde uzunluğu 20, 60 ve 100 ppmlik konsantrasyonlarında kontrole göre artmıştır (Çizelge 3.2.2.). Atığın kök ve gövde uzunluğu üzerindeki azaltıcı etkileri özellikle 600 ppm ve üzeri uygulamalarda belirgindir (Şekil 3.2.1).

Çizelge 3.2.1. 101 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde uzunluğu üzerine etkileri. Arpa ve buğday tohumları 7 gün boyunca atıkların 20, 40, 60, 80, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 ppmlik çözeltilerinde büyütülerek 7. günde kök ve gövde uzunlukları (cm/bitki) belirlenmiştir. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

| | | Arpa | | Buğday | |
|---------------|-----|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Konsantrasyon | | Kök uzn. \pm SE | Gövde uzn. \pm SE | Kök uzn. \pm SE | Gövde uzn. \pm SE |
| 0 | ppm | 6,935 \pm 0,34 | 10,48 \pm 0,31 | 9,36 \pm 0,47 | 9,77 \pm 0,36 |
| 20 | ppm | 6,33 \pm 0,31 | 10,89 \pm 0,30 | 6,15 \pm 0,34 | 8,96 \pm 0,37 |
| 40 | ppm | 7,05 \pm 0,24 | 10,91 \pm 0,20 | 8,36 \pm 0,30 | 9,50 \pm 0,23 |
| 60 | ppm | 6,77 \pm 0,27 | 10,87 \pm 0,33 | 8,73 \pm 0,35 | 9,40 \pm 0,33 |
| 80 | ppm | 6,54 \pm 0,22 | 11,19 \pm 0,29 | 6,46 \pm 0,31 | 8,55 \pm 0,31 |
| 100 | ppm | 6,49 \pm 0,34 | 10,90 \pm 0,39 | 7,82 \pm 0,31 | 9,40 \pm 0,27 |
| 200 | ppm | 8,19 \pm 0,18 | 11,47 \pm 0,27 | 7,33 \pm 0,25 | 8,95 \pm 0,27 |
| 400 | ppm | 3,14 \pm 0,18 | 7,69 \pm 0,39 | 5,24 \pm 0,22 | 6,96 \pm 0,28 |
| 600 | ppm | 2,95 \pm 0,11 | 6,42 \pm 0,29 | 3,99 \pm 0,19 | 6,33 \pm 0,22 |
| 800 | ppm | 2,51 \pm 0,14 | 5,82 \pm 0,28 | 2,43 \pm 0,22 | 4,29 \pm 0,20 |
| 1000 | ppm | 1,39 \pm 0,10 | 4,21 \pm 0,16 | 1,67 \pm 0,16 | 4,17 \pm 0,18 |

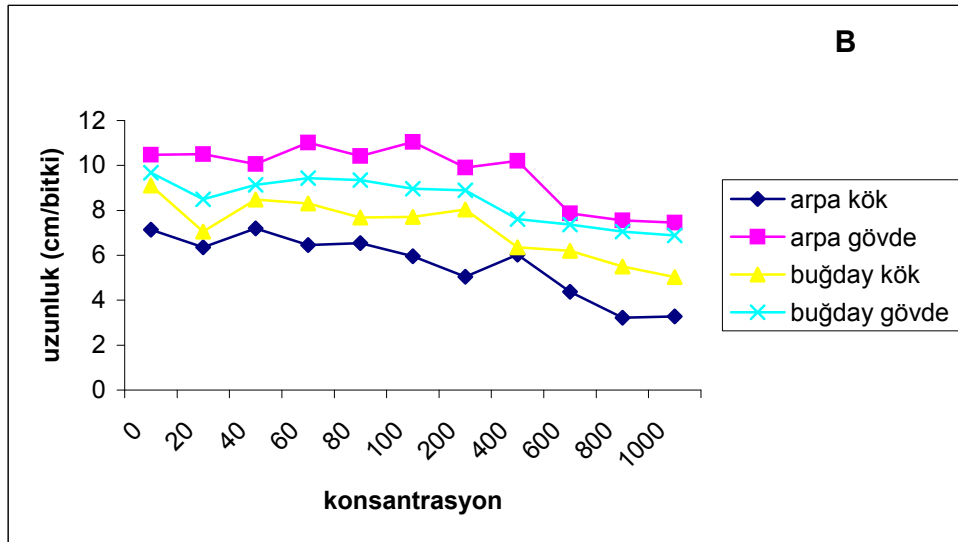
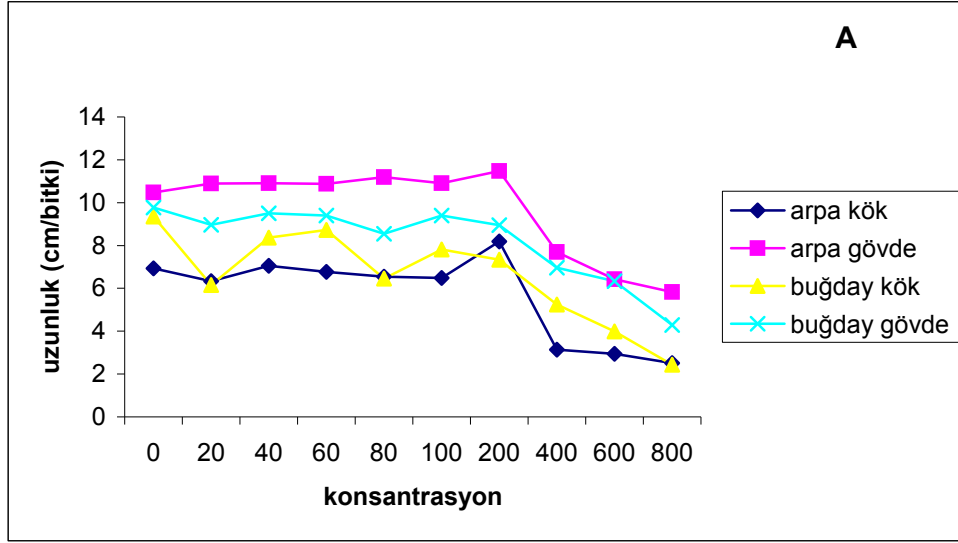
Çizelge 3.2.2. 102 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde uzunluğu (cm/bitki) üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

| | | Arpa | | Buğday | |
|---------------|-----|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Konsantrasyon | | Kök uzn. \pm SE | Gövde uzn. \pm SE | Kök uzn. \pm SE | Gövde uzn. \pm SE |
| 0 | ppm | 7,14 \pm 0,33 | 10,47 \pm 0,24 | 9,105 \pm 0,31 | 9,68 \pm 0,29 |
| 20 | ppm | 6,36 \pm 0,28 | 10,51 \pm 0,18 | 7,06 \pm 0,32 | 8,50 \pm 0,25 |
| 40 | ppm | 7,20 \pm 0,31 | 10,06 \pm 0,27 | 8,48 \pm 0,34 | 9,14 \pm 0,25 |
| 60 | ppm | 6,45 \pm 0,27 | 11,02 \pm 0,22 | 8,31 \pm 0,29 | 9,43 \pm 0,28 |
| 80 | ppm | 6,54 \pm 0,35 | 10,42 \pm 0,23 | 7,68 \pm 0,29 | 9,35 \pm 0,26 |
| 100 | ppm | 5,96 \pm 0,24 | 11,05 \pm 0,24 | 7,71 \pm 0,26 | 8,96 \pm 0,21 |
| 200 | ppm | 5,05 \pm 0,18 | 9,90 \pm 0,25 | 8,04 \pm 0,40 | 8,89 \pm 0,35 |
| 400 | ppm | 6,03 \pm 0,23 | 10,21 \pm 0,38 | 6,36 \pm 0,38 | 7,61 \pm 0,41 |
| 600 | ppm | 4,37 \pm 0,12 | 7,87 \pm 0,24 | 6,20 \pm 0,21 | 7,37 \pm 0,27 |
| 800 | ppm | 3,22 \pm 0,19 | 7,55 \pm 0,29 | 5,50 \pm 0,25 | 7,06 \pm 0,24 |
| 1000 | ppm | 3,28 \pm 0,17 | 7,46 \pm 0,41 | 5,03 \pm 0,26 | 6,89 \pm 0,23 |

Arpa kök yaş ağırlığı 101 konsantratör atığının 20 ve 200 ppm, arpa gövde yaş ağırlığı 20, 40, 60, 80, 100 ve 200 ppm, buğday gövde yaş ağırlığı 80 ve 100 ppmlik konsantrasyonlarında artmıştır (Çizelge 3.2.3.). 102 konsantratör atığının 60 ve 100 ppmlik konsantrasyonlarında arpa kök ve gövde yaş ağırlığı, 20, 60 ve 80 ppmlik konsantrasyonlarında buğday gövde yaş ağırlığı artmıştır (Çizelge 3.2.4.).

Arpa kök kuru ağırlığı 101 konsantratör atığının 20, 40, 60 ve 80 ppm, arpa gövde kuru ağırlığı 20, 60 ve 80 ppm, buğday gövde kuru ağırlığı 100 ve 200 ppmlik konsantrasyonlarında artmıştır (Çizelge 3.2.5.). 102 konsantratör atığının 80 ppmlik konsantrasyonunda arpa kök kuru ağırlığı, 40, 60, 80 ve 200 ppmlik konsantrasyonlarında arpa gövde kuru ağırlığı, 100 ppmlik konsantrasyonunda ise buğday kök ve gövde kuru ağırlığı artmıştır (Çizelge 3.2.6.).

Bitkilerin kök ve gövde yaş ve kuru ağırlığındaki düşüşler özellikle 101 konsantratör atığının 400 ppm ve üzeri, 102 konsantratör atığının ise 600 ppm ve üzerindeki uygulamalarda belirginidir (Şekil 3.2.2. ve Şekil 3.2.3.).



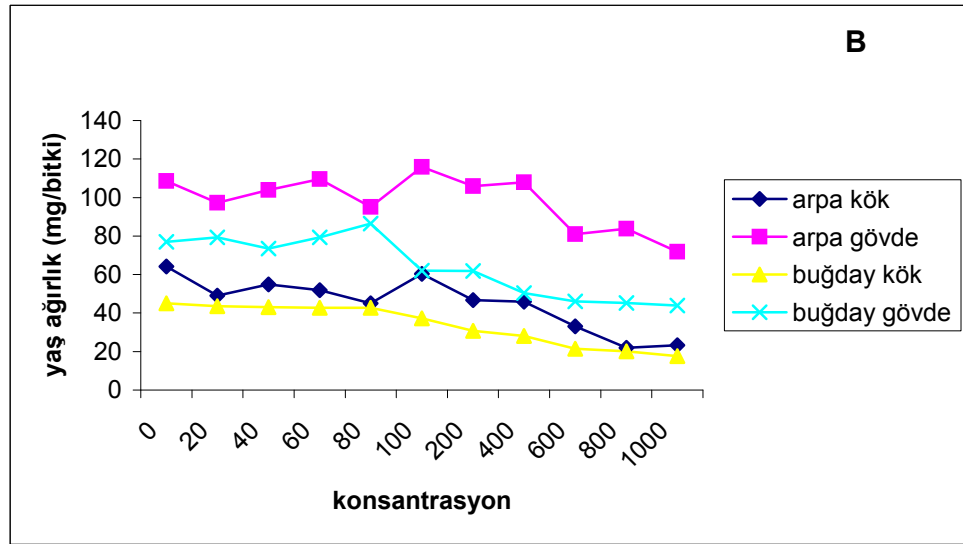
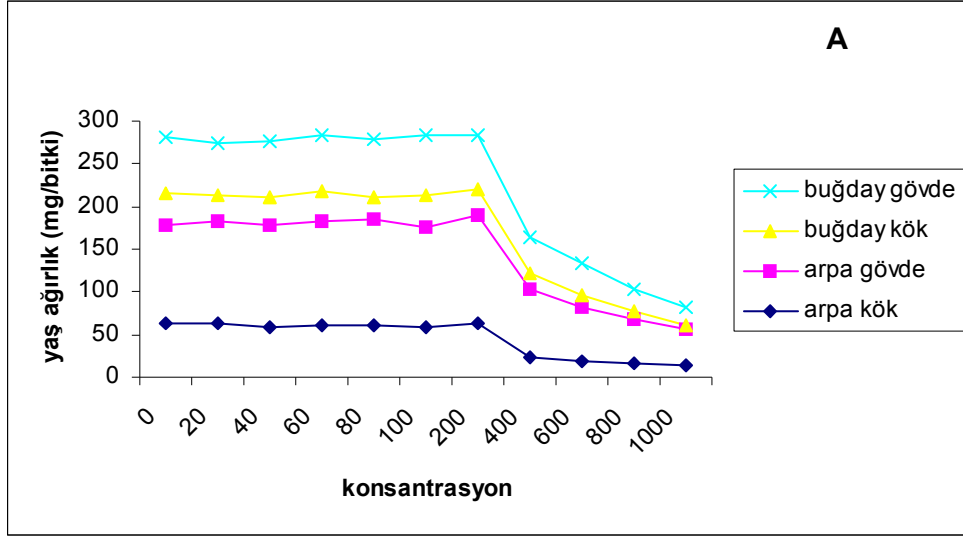
Şekil 3.2.1. 101 (A) ve 102 (B) konsantratör atıklarının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde uzunluğu (cm/bitki) üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

Çizelge 3.2.3. 101 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde yaş ağırlığı (mg/bitki) üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

| | | Arpa | | Buğday | |
|---------------|-----|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Konsantrasyon | | kök yaş ağırlığı \pm SE | gövde yaş ağırlığı \pm SE | kök yaş ağırlığı \pm SE | gövde yaş ağırlığı \pm SE |
| 0 | ppm | 62,14 \pm 3,11 | 115,09 \pm 14,43 | 37,98 \pm 10,23 | 66,61 \pm 13,82 |
| 20 | ppm | 64,27 \pm 2,81 | 118,29 \pm 23,18 | 30,30 \pm 11,57 | 61,25 \pm 12,36 |
| 40 | ppm | 59,66 \pm 16,7 | 118,33 \pm 14,92 | 32,98 \pm 9,41 | 65,93 \pm 12,63 |
| 60 | ppm | 61,23 \pm 6,82 | 122,22 \pm 3,85 | 35,01 \pm 8,07 | 65,01 \pm 10,05 |
| 80 | ppm | 61,318 \pm 2,72 | 124,18 \pm 12,15 | 26,40 \pm 5,21 | 68,12 \pm 8,94 |
| 100 | ppm | 57,90 \pm 13,42 | 118,89 \pm 6,98 | 35,62 \pm 5,96 | 72,03 \pm 8,51 |
| 200 | ppm | 64,20 \pm 4,46 | 124,86 \pm 15,6 | 31,40 \pm 3,68 | 62,20 \pm 6,55 |
| 400 | ppm | 24,4 \pm 4,25 | 78,56 \pm 3,31 | 18,20 \pm 1,25 | 43,90 \pm 3,22 |
| 600 | ppm | 17,63 \pm 5,05 | 63,81 \pm 7,77 | 14,40 \pm 1,06 | 38,70 \pm 2,13 |
| 800 | ppm | 15,97 \pm 1,90 | 52,39 \pm 1,53 | 8,89 \pm 0,76 | 25,50 \pm 1,58 |
| 1000 | ppm | 14,85 \pm 2,09 | 40,59 \pm 1,78 | 6,24 \pm 0,39 | 21,10 \pm 1,21 |

Çizelge 3.2.4. 102 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde yaş ağırlığı (mg/bitki) üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

| | | Arpa | | Buğday | |
|---------------|-----|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Konsantrasyon | | kök yaş ağırlığı \pm SE | gövde yaş ağırlığı \pm SE | kök yaş ağırlığı \pm SE | gövde yaş ağırlığı \pm SE |
| 0 | ppm | 64,17 \pm 5,03 | 108,60 \pm 17,32 | 45,05 \pm 8,19 | 77,01 \pm 2,25 |
| 20 | ppm | 49,05 \pm 7,77 | 97,35 \pm 21,48 | 43,50 \pm 5,81 | 79,23 \pm 3,93 |
| 40 | ppm | 54,90 \pm 4,48 | 103,90 \pm 15,80 | 42,99 \pm 6,62 | 73,46 \pm 2,39 |
| 60 | ppm | 51,89 \pm 4,93 | 109,64 \pm 13,35 | 42,71 \pm 2,46 | 79,26 \pm 2,58 |
| 80 | ppm | 45,14 \pm 3,17 | 95,13 \pm 16,92 | 42,78 \pm 3,72 | 86,49 \pm 3,06 |
| 100 | ppm | 60,30 \pm 2,01 | 115,95 \pm 20,24 | 37,27 \pm 1,28 | 62,08 \pm 2,12 |
| 200 | ppm | 46,66 \pm 3,72 | 105,88 \pm 12,76 | 30,80 \pm 1,01 | 61,8 \pm 2,51 |
| 400 | ppm | 45,85 \pm 1,49 | 107,98 \pm 11,33 | 28,10 \pm 0,95 | 50,4 \pm 1,74 |
| 600 | ppm | 33,02 \pm 1,52 | 81,04 \pm 5,71 | 21,39 \pm 0,64 | 46 \pm 1,47 |
| 800 | ppm | 21,90 \pm 0,95 | 83,80 \pm 2,59 | 20,15 \pm 1,39 | 45,29 \pm 0,35 |
| 1000 | ppm | 23,20 \pm 0,48 | 71,90 \pm 3,53 | 17,70 \pm 0,79 | 43,82 \pm 0,38 |



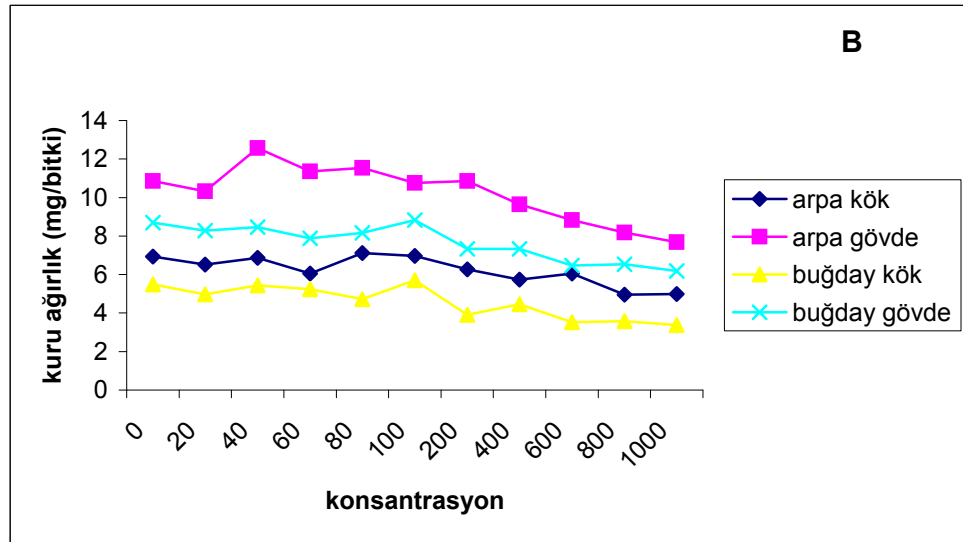
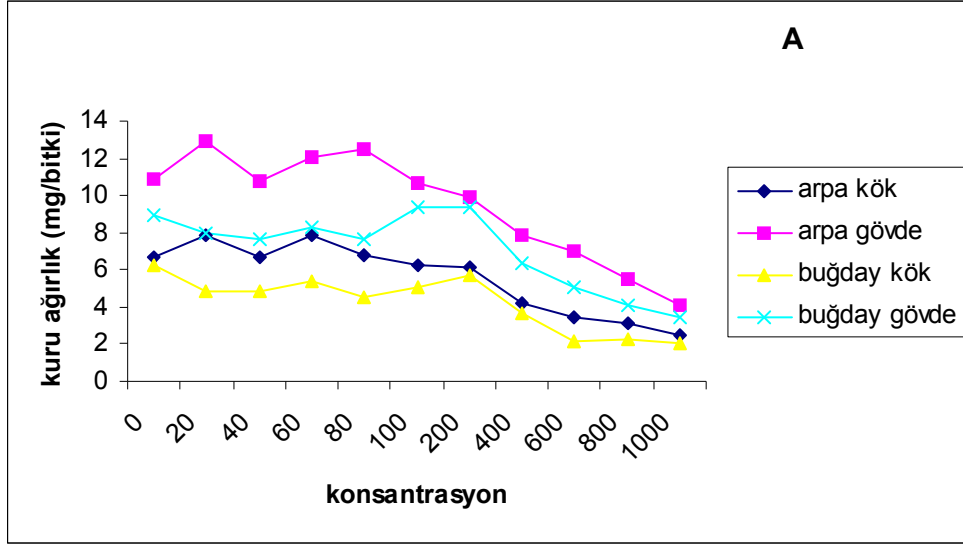
Şekil 3.2.2. 101 (A) ve 102 (B) konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde yaş ağırlığı (mg/bitki) üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

Çizelge 3.2.5. 101 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde kuru ağırlığı (mg/bitki) üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

| Konsantrasyon | Arpa | | Buğday | | |
|---------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|
| | kök kuru ağırlığı \pm SE | gövde kuru ağırlığı \pm SE | kök kuru ağırlığı \pm SE | gövde kuru ağırlığı \pm SE | |
| 0 | ppm | 6,65 \pm 0,50 | 10,83 \pm 0,32 | 6,27 \pm 0,54 | 8,93 \pm 0,62 |
| 20 | ppm | 7,89 \pm 0,39 | 12,87 \pm 0,056 | 4,82 \pm 0,38 | 7,97 \pm 0,54 |
| 40 | ppm | 6,68 \pm 0,19 | 10,80 \pm 0,048 | 4,82 \pm 0,42 | 7,60 \pm 0,58 |
| 60 | ppm | 7,81 \pm 0,39 | 12,11 \pm 0,31 | 5,38 \pm 0,35 | 8,26 \pm 0,45 |
| 80 | ppm | 6,81 \pm 0,20 | 12,46 \pm 0,33 | 4,54 \pm 0,26 | 7,64 \pm 0,41 |
| 100 | ppm | 6,28 \pm 0,31 | 10,61 \pm 0,28 | 5,03 \pm 0,25 | 9,41 \pm 0,55 |
| 200 | ppm | 6,18 \pm 0,47 | 9,86 \pm 0,36 | 5,70 \pm 0,22 | 9,37 \pm 0,57 |
| 400 | ppm | 4,21 \pm 0,35 | 7,88 \pm 0,25 | 3,65 \pm 0,32 | 6,34 \pm 0,33 |
| 600 | ppm | 3,46 \pm 0,21 | 6,97 \pm 0,21 | 2,71 \pm 0,18 | 5,10 \pm 0,36 |
| 800 | ppm | 3,14 \pm 0,18 | 5,45 \pm 0,22 | 2,27 \pm 0,11 | 4,14 \pm 0,22 |
| 1000 | ppm | 2,45 \pm 0,16 | 4,12 \pm 0,17 | 2,02 \pm 0,12 | 3,46 \pm 0,16 |

Çizelge 3.2.6. 102 konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde kuru ağırlığı (mg/bitki) üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

| Konsantrasyon | Arpa | | Buğday | | |
|---------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|
| | kök kuru ağırlığı \pm SE | gövde kuru ağırlığı \pm SE | kök kuru ağırlığı \pm SE | gövde kuru ağırlığı \pm SE | |
| 0 | ppm | 6,93 \pm 0,53 | 10,85 \pm 0,34 | 5,49 \pm 0,35 | 8,69 \pm 0,38 |
| 20 | ppm | 6,51 \pm 0,25 | 10,32 \pm 0,38 | 4,97 \pm 0,38 | 8,28 \pm 0,45 |
| 40 | ppm | 6,86 \pm 0,19 | 12,57 \pm 0,42 | 5,44 \pm 0,26 | 8,46 \pm 0,41 |
| 60 | ppm | 6,05 \pm 0,21 | 11,35 \pm 0,35 | 5,24 \pm 0,32 | 7,88 \pm 0,32 |
| 80 | ppm | 7,11 \pm 0,35 | 11,54 \pm 0,27 | 4,73 \pm 0,41 | 8,16 \pm 0,37 |
| 100 | ppm | 6,96 \pm 0,40 | 10,75 \pm 0,32 | 5,71 \pm 0,34 | 8,83 \pm 0,43 |
| 200 | ppm | 6,27 \pm 0,22 | 10,86 \pm 0,23 | 3,90 \pm 0,26 | 7,33 \pm 0,33 |
| 400 | ppm | 5,73 \pm 0,18 | 9,65 \pm 0,37 | 4,45 \pm 0,28 | 7,34 \pm 0,24 |
| 600 | ppm | 6,05 \pm 0,26 | 8,83 \pm 0,29 | 3,52 \pm 0,32 | 6,46 \pm 0,26 |
| 800 | ppm | 4,96 \pm 0,14 | 8,18 \pm 0,25 | 3,58 \pm 0,29 | 6,53 \pm 0,18 |
| 1000 | ppm | 4,98 \pm 0,17 | 7,68 \pm 0,31 | 3,38 \pm 0,17 | 6,19 \pm 0,11 |



Şekil. 3.2.3. 101 (A) ve 102 (B) konsantratör atığının farklı konsantrasyonlarının arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde kuru ağırlığı (mg/bitki) üzerine etkileri. Verilen değerler birbirinden bağımsız olarak yapılan üç deneyin ortalaması \pm SE'dir.

4. TARTIŞMA

4.1. Farklı Atık Uygulamalarının Çimlenme Üzerine Etkisi

Farklı oranda bor içeren 101 ve 102 konsantratör atıklarının arpa ve buğday tohumlarında çimlenme üzerinde inhibe edici bir etkisi görülmemesine rağmen bitkilerin çimlenme yüzdeleri farklı olmuştur. Arpa ve buğdayda yüksek konsantrasyonda atık uygulamasında bazı konsantrasyonlarda çimlenme yüzdesinin kontrolden fazla olması atıkların çimlenme üzerinde engelleyici etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Ayçiçeği bitkisi bor içerikleri farklı 3 ortamda çimlendirmeye bırakılmış ve çimlenme yüzdeleri arasında herhangi bir fark tespit edilememiştir [53]. Arpa bitkisiyle yapılan bir çalışmada artan bor konsantrasyonuna bağlı olarak çimlenme inhibe edilmiştir [54]. Bu da borun çimlenme üzerindeki etkisinin bitkiden bitkiye değiştiğini göstermektedir.

4.2. Farklı Atık Uygulamalarının Vejetatif Büyüme Üzerine Etkisi

Farklı oranlarda bor içeren atıkların uygulanması konsantrasyon artışına bağlı olarak arpa ve buğday bitkilerinde kök ve gövde uzunluğunu azaltıcı etki göstermektedir. 101 konsantratör atığının 0-200 ppm arasındaki konsantrasyonlarında bazı uygulamalarda bitkilerin kök ve gövde uzunlukları kontrole göre artmasına rağmen 400 ppm ve üzerindeki uygulamalarda bitkilerin kök ve gövde uzunluklarında önemli düşüşler görülmektedir. Kök ve gövde uzunluğundaki azalma buğday bitkisinde arpa bitkisine göre daha fazladır. Arpa bitkisiyle yapılan çalışmalarda bor konsantrasyonu artışına bağlı olarak bitki kök ve gövde uzunluklarının azaldığı bulunmuştur [23, 54]. Ayçiçeği bitkisinde artan bor konsantrasyonu gövde uzunluğunun azalmasına yol açmıştır [55].

102 konsantratör atığının kök ve gövde uzunluğu üzerindeki azaltıcı etkisi 101 konsantratör atığına kıyasla daha azdır ve 600 ppm ve üzerindeki uygulamalarda belirgindir. Bu da 101 konsantratör atığının bor toksisitesine yol açma etkisinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

Bitki kök ve gövde yaş ağırlıkları uygulanan atığa ve konsantrasyona bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. 101 konsantratör atığının 0-200 ppm, 102 konsantratör atığının ise 0-400 ppm arasındaki bazı uygulamalarda bitkilerin kök ve gövde yaş ağırlıkları artarken 101 konsantratör atığının 400 ppm, 102 konsantratör atığının 600 ppm ve üzerindeki uygulamalarda kök ve gövde yaş ağırlıkları önemli düşüşler göstermektedir. 101 konsantratör atığı 102 konsantratör atığıyla karşılaştırıldığında daha fazla azaltıcı etkiye sahip olmakta, bu azaltıcı etki

özellikle buğday kök yaş ağırlığında görülmektedir. Her iki atık uygulamasında da kök yaş ağırlıkları gövde yaş ağırlıklarından daha fazla etkilenmiştir. Arpa [23], kavun [39], domates [44] ve mısır [45] bitkileriyle yapılan çalışmalarda artan bor konsantrasyonu kök ve gövde yaş ağırlığında azalmaya yol açmıştır.

101 ve 102 konsantratör atıklarının farklı konsantrasyondaki uygulamalarında kök ve gövde kuru ağırlık değerleri kök ve gövde yaş ağırlık değerlerine benzer sonuçlar vermiştir. 101 konsantratör atığı özellikle buğday gövde kuru ağırlığında 400 ppm ve üzeri uygulamalarda düşüşe yol açarken 20-80 ppm arasındaki uygulamalarda arpa kök ve gövde kuru ağırlığı üzerinde artırıcı etkiye sahip olmuştur. 102 konsantratör atığı bitkilerin kök ve gövde kuru ağırlıkları üzerinde 101 konsantratör atığına göre daha az azaltıcı etkiye sahiptir. Kavun [39], domates [44] ve mısır [45] ile yapılan çalışmalarda bor konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak bitkilerin kök ve gövde kuru ağırlıkları azalmaktadır.

Literatürde borik asit fabrika atıklarının bitkilerde çimlenme ve vejetatif büyüme üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamış olup, bu araştırmanın bulgularının ileride yapılabilecek benzer çalışmalar için temel niteliği taşıyabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Helvacı, C., Türkiye borat yatakları, jeolojik konumu, ekonomik önemi ve bor politikası, 2003, BAÜ Fen Bil. Enst. Derg., sayı:5, 4-41 s.
- [2] Yılmaz, A., 2002, Her derde deva hazinemiz:bor, Bilim ve Teknik Dergisi, sayı:414, 38-48 s.
- [3] Ediz, N. Ve Özdağ, H., 2001, Bor mineralleri ve ekonomisi, DPÜ Fen Bilim. Enst. Derg., sayı:2, 133-152 s.
- [4] Çalık, A., 2002, Türkiye'nin bor madenleri ve özellikleri, Mühendis ve Makine, sayı:508, 36-41 s.
- [5] DPT, 2001, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Bor Tuzları-Trona-Kaya Tuzu-Sodyum Sülfat-Stronsiyum Çalışma Grubu Raporu, Cilt:2, Ankara.
- [6] Dündar, M. Ve Çepel, N., 1979, Emet yöresindeki boraks maden işletmeciliğinin çevredeki orman vejetasyonu üzerine yaptığı zararlı etkiler, Çevre Sorunları-Vejetasyon İlişkileri Simpozyumu, Tübitak Yayınları No:23, İstanbul.
- [7] Marschner, 1997, Functions of mineral nutrition: micronutrients, Mineral Nutrition of Higher Plants, 313-404, 889 p.
- [8] Blevins, D.G. and Lukaszewski, K.M., 1998, Boron in plant structure and function, Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 49, 481-500 p.
- [9] Brown, P.H., Bellaloui, N., Wimmer, M.A., Bassil, E.S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeiffer, H., Dannel and Römheld, V., 2002, Boron in plant biology, Plant Biol., 4, 205-223 p.
- [10] Kacar, B. Ve Katkat, A.V., 1998, Bor, Bitki Besleme, 417-441, 595 s.
- [11] Mengel, K. And Kirkby, E. A., 1979, Boron, Principles of Plant Nutrition, 2nd edi., International Potash Institute, Switzerland, 483-494, 593 p.
- [12] Hu, H. And Brown, P.H., 1997, Absorption of boron by plant roots, Plant and Soil, 193, 49-58 p.
- [13] Ruiz, J.M., 2001, Aquaporin and its function in boron uptake, Plant Science, 6, 95 p.
- [14] Aydemir, O., 1988, Bor, Bitki Besleme, 603-617, 653 s.
- [15] Brown, P.H. and Shelp, B.J., 1997, Boron mobility in plants, Plant and Soil, 193, 85-101 p.
- [16] Brown, P.H. and Hu, H., 1996, Phloem mobility of boron is species dependent: evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species, Annals of Botany, 77, 497-505 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [17] Bellaloui, N., Brown, P.H. and Dandekar, A.M., 1999, Manipulation of in vivo sorbitol production alters boron uptake and transport in tobacco, *Plant Physiology*, 119, 735-741 p.
- [18] Apostol, K.G. and Zwiazek, J.J., Boron and water uptake in jack pine (*Pinus banksiana*) seedlings, 2004, *Envi. And Exp. Botany*, 51, 145-153 p.
- [19] Zhao, D. And Oosterhuis, D.M., 2002, Cotton carbon exchange, nonstructural carbohydrates and boron distribution in tissues during development of boron deficiency, *Field Crops Research*, 78, 75-87 p.,
- [20] Türe, C. And Bell, R.W., 2004, Plant distribution and its relationship to extractable boron in naturally-occurring high boron soils in Turkey, *Israel Journal of Plant Sciences*, 52, 125-132 p.
- [21] Wang, Q., Lu, L., Wu, X., Li, Y. and Lin, J., 2003, Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*, *Tree Physiology*, 23, 345-351 p.
- [22] Lea, P.J. and Leegood, R.C., 1999, Overview of secondary metabolism, *Plant Biochemistry and Molecular Biology*, 193-218, 364 p.
- [23] Ayvaz, M., 2002, Bazı arpa çeşitlerinde borun büyüme ve gelişme üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 59 s.
- [24] Stavrianakou, S., Liakopoulos, G. and Karabourniotis, 2006, Boron deficiency effects on growth, photosynthesis and relative concentrations of phenolics of *Dittrichia viscosa* (Asteraceae), *Envi. and Exp. Botany*, 56, 293-300 p.
- [25] Papadakis, I.E., Dimassi, K.N., Bosabalidis, A.M., Therios, I.N., Patakas, A., Giannakoula, 2004, Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two Rootstocks, *Plant Science*, 166, 539-547 p.
- [26] Papadakis, I.E., Dimassi, K.N., Bosabalidis, A.M., Therios, I.N., Patakas, A., Giannakoula, 2004, Effects of B excess on some physiological and anatomical parameters Of 'Navelina' orange plants grafted on two rootstocks, *Envi. and Exp. Botany*, 51, 247-257 p.
- [27] Camacho-Cristobal, J.J., Lunar, L., Lafont, F., Baumert, A. and Gonzalez-Fontes, 2004, Boron deficiency causes accumulation of chlorogenic acid and caffeoyl polyamine conjugates in tobacco leaves, *J. of Plant Physiology*, 161, 879-881 p.
- [28] Buchanan, B. and Gruissem, W., 2000, *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*, 1367 p.
- [29] Bolanos, L., Lukaszewski, K., Bonilla, I. and Blevins, D., 2004, Why boron?, *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 907-912 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [30] Redondo-Nieto, M., Wilmot, A.R., El-Hamdaoui, A., Bonilla, I. and Bolanos, L., 2003, Relationship between boorn and calcium in the N₂-fixing legume-rhizobia symbiosis, *Plant, Cell and Environment*, 26, 1905-1915 p.
- [31] Carpena, R.O., Esteban, E., Sarro, M.J., Penalosa, J., Garate, A., Lucena, J.J. and Zornoza, P., 2000, Boron and calcium distribution in nitrojen-fixing pea plants, *Plant Science*, 151, 163-170 p.
- [32] Bolanos, L., El-Hamdaoui, A. and Bonilla, I., 2003, Recovery of development and functionality of nodules and plant growth in salt-stressed *Pisum sativum-Rhizobium leguminosarum* symbiosis by boron and calcium, *J. Plant Physiol.*, 160, 1493-1497 p.
- [33] Camacho-Crisrobal, J.J., Anzellotti, D. and Gonzalez-Fontes, A., 2002, Changes in phenolic metabolism of tobacco plants during short-term boron deficiency, *Plant Physiol. and Biochem.*, 40, 997-1002 p.
- [34] Ruiz, J.M., Bretones, G., Baghour, M., Ragala, L., Belakbir, A. and Romero, L., 1998, Relationship between boron and phenolic metabolism in tobacco leaves, *Phytochemistry*, 48, 269-272 p.
- [35] Molassiotis, A., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G. And Therios, I., 2006, Boron-induced oxidative damage and antioxidant and nucleolytic responses in shoot tips culture of the apple rootstock EM 9 (*Malus domestica* Borkh), *Envi. and Exp. Botany*, 56, 54-62 p.
- [36] Wang, G., Römheld, V., Li, C. And Banghert, F., 2006, İnvolvement of auxin and CKs in boron deficiency induced changes in apical dominanca of pea plants (*Pisum sativum* L.), *J. of Plant Physiol.*, 163, 591-600 p.
- [37] Önder, N. Ve Yentür, S., 1999, Oksinler, Bitkilerin Büyüme, Gelişme, Farklılaşma ve Hareket Fizyolojisi, 47-62, 320 s.
- [38] Fırat, B., 1998, Bor, Bitki Nasıl Beslenir?, 199-206, 292 s.
- [39] Goldberg, S., Shouse, P.J., Lesch, S.M., Grieve, C.M., Poss, J.A., Forster, H.S. and Suarez, D.L., 2003, Effect of high boron application on boron content and growth of melons, *Plant and Soil*, 256, 403-411 p.
- [40] Taban, S. Ve Erdal, İ., 2000, Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi, *Turk. J. of Agri. and Forest.*, 24, 255-262 s.
- [41] Shorrocks, V.M., 1997, The occurrence and correction of boron deficiency, *Plant and Soil*, 193, 121-148 p.
- [42] Nable, R.O., Banuelos, G.S. and Paull, J.G., 1997, Boron toxicity, *Plant and Soil*, 193, 181-198 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [43] Nebiler, H., Erdoğan, Y., Olgun, A. And Yenikaya, C., 1999, The effects of boron in vineyard, 1st International Symposium on Protection of Natural Environment and Ehlami Karaçam, 401-406, 965 p.
- [44] Güneş, A., Alpaslan, M., Özcan, H. Ve Çıkılı, Y., 2000, Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin bor toksisitesine duyarlılıkları, Turk. J. Agri. Forest., 24, 277-282 p.
- [45] Babaoğlu, M., Gezgin, S., Topal, A., Sade, B. and Dural, H., 2004, *Gypsophila sphaerocephala* Fenzl ex Tchitat.:A boron hyperaccumulator plant species that may phytoremediate soils with toxic B levels, Turk. J. of Bot., 28, 273-278 p.
- [46] Olgun, A., Erdoğan, Y. and Yenikaya, C., 1999, Utilisation of the waste material of Etibank Bandırma Boric Acid Factory as a glaze raw material, 1st International Symposium on Protection of Natural Environment and Ehlami Karaçam, 548-554, 965 p.
- [47] Elbeyli, İ.Y. ve Pişkin, S., 2000, Boraks ve borik asit üretiminde ortaya çıkan katı atıkların çimento sanayiinde değerlendirilmesi, Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [48] Kocakerim, M.M., Boncukçuoğlu, R. and Tosunoğlu, V., 1999, Utilization of industrial boron wastes in cement production for the stabilization, Energy Education Sci. and Tech. 3(1), 1-10 p.
- [49] Aksu, M., Abalı, Y., Erdoğan, Y. ve Taylan, N.Y., 1998, Fosforik asit fabrikası ve bor konsantratör atıklarının tuğla üretiminde kullanılması, I. Kızılırmak Fen Bilimleri Kong.,Erciyes Üniversitesi.
- [50] Karasu, B., Kaya, G. Ve Yurdakul, H., 2002, Etibor Kırka Boraks İşletmesi konsantre ve türev atıklarının duvar karosu bünye özelliklerine etkisi, I. Uluslararası Bor Semp., 224-228 s.
- [51] Karasu, B. ve Gerede, E., 2002, Firitlendirilmiş boraks konsantre boraks atığının yer karosu sırlarının özelliklerine etkisi, I. Uluslararası Bor Semp., 198-201 s.
- [52] Pişkin, S., Yalçınalp, S., Derun, E.M. ve Sade, B., 2000, Ham perlit agregalı hafif beton üretiminde endüstriyel borik asit atıklarının değerlendirilmesi, IV. Kimya Müh. Kong., Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [53] Oluk, E.A. ve Demiray, H., 2004, Bor elementinin Sambro no.3 ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşidinin büyümesi üzerine etkileri, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 41(1), 181-190 p.
- [54] Ermiş, İ., 2002, Bazı arpa çeşitlerinin çimlenme yüzdesi ve antioksidant enzim düzeylerine bor stresinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 78 s.
- [55] Ortaca, Ş., 2005, Borun ayçiçeği bitkisinde vejetatif büyüme, pigment, protein miktarı ve protein profili üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, 42 s.