

## Bor İçeriği Farklı Olan Filtre Atıklarının Arpada (*Hordeum vulgare* L.) Çimlenme ve Bazı Fizyolojik Parametrelere Etkisi

Ayten EROĞLU<sup>1\*</sup>, Süleyman TOPAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Van, Türkiye

<sup>2</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kütahya, Türkiye

\*e-mail: ayteneroglu@gmail.com

Geliş tarihi/Received:29/04/2022

Kabul tarihi/Accepted:19/10/2022

### Özet

Bu çalışmada Emet Borik Asit Tesisi'ne ait bor içerikleri farklı olan iki atığın arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. İnce04) tohumlarının çimlenmesi ve erken fide evresindeki bazı vejetatif parametreler üzerine etkileri araştırılmıştır. Arpa tohumları kontrollü ortamda 101 ve 102 filtre atıklarından farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltilerin kullanılmasıyla çimlendirilmiş ve bitkiciklerin erken evredeki fide büyümeleri gözlenmiştir. Arpa tohumlarının çimlenme oranları atık çeşidi ya da konsantrasyonundan etkilenmemiştir, ancak atıklardan hazırlanmış çözeltilerin artan konsantrasyonları bitkiciklerin gövde ve kök uzunluk değerlerini ve yaş-kuru ağırlıklarının olumsuz yönde etkilemiştir. Bu negatif etki bor içeriği daha fazla olan 101 filtre atığı kullanıldığı zaman daha belirgin olarak görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Arpa, Borik Asit Tesisi filtre atıkları, Çimlenme, Erken fide büyümesi

## Effects of Filtre Wastes with Different Boron Concentrations on Germination and Some Physiological Parameters of Barley (*Hordeum vulgare* L.)

### Abstract

In this study, effects of Emet Boric Acid Factory wastes with different boron ratio were investigated on the germination and some vegetative parameters at early seedling growth of barley seeds (*Hordeum vulgare* L. cv. İnce04). Barley seeds were germinated by using solutions with different concentrations prepared from 101 and 102 filter wastes under controlled conditions and early seedling growths of plantlets were observed. Germination ratio of barley seeds was not affected by waste type or concentration, but shoot and root length and fresh and dry weight of plantlets reduced significantly with increasing concentrations of solutions. This negative effect was seen clearly when 101 filter waste was used.

**Key words:** Barley, Boric Acid Factory filter wastes, Germination, Early seedling growth

### Giriş

Bitkiler büyüme ve gelişmeleri için çeşitli makro ve mikro besin elementlerine gereksinim gösterirler. Bor monokotil, dikotil, konifer, eğreltiotu gibi bitkiler ve bazı siyanobakteriler tarafından ihtiyaç duyulan bir mikro besleyicidir (Brown ve ark., 2002; Jokanovi'c, 2020). Borun bitkilerdeki esas görevi hücre duvarı sentezi ve yapısını

korumaktır. Bununla birlikte bitkiler membran bütünlüğü, kök büyümesi, metabolit ve iyonların hücreler arasında transfer edilmesi, kök büyümesi, doku büyümesi ve farklılaşması, azot ve fenol metabolizması, polende çimlenme ve tüp büyümesi için bora ihtiyaç duyar (Brown ve Hu, 1997; Dordas ve ark., 2000; Goldbach ve ark., 2000; Zhao ve Oosterhuis, 2002; Wang ve ark., 2003; Seth ve Aery, 2017). Bitki türlerinin bora ihtiyacı farklılıklar göstermekte olup, bitkilerdeki bor eksikliği ya da fazlalığı arasındaki sınır dardır. Monokotil bitkiler dikotil bitkilere kıyasla hücre duvarında daha az pektin içerdikleri için bora daha az ihtiyaç duyarlar ve toksik bor seviyelerine toleransları daha düşüktür (Chormova ve Fry, 2017; Jokanovi'c, 2020).

Bor ticari olarak sassolit, borax, üleksit, kolemanit ve kernit gibi minerallerden elde edilmektedir. Bor ısıya dayanıklı cam, deterjan, porselen, gübre, ilaç, metalürji, elektronik gibi alanlarda üretim yapmak için kullanılmaktadır. Topraktaki borun doğal kaynağı borosilikat minerali olan turmalindir, bu mineralin ayrışması sonucu bitkilerce kullanılabilir borik asit ortaya çıkmaktadır. Bor sulama suları, atık sular, gübreler, maden ve yanma atıkları yoluyla ekosisteme dahil olmaktadır (Ediz ve Özdağ, 2001; Yılmaz, 2002; Jokanovi'c, 2020). Son yüzyılda endüstrileşmenin ve kentleşmenin artması ile birlikte kirlilik problemi ortaya çıkmıştır. Fabrika atıkları veya evsel atıklar gibi kirleticilerin katkı maddesi olarak kullanılabilirliği ile ilgili yapılan çalışmalar sürdürülebilir bir gelişme açısından önemlidir. Bor fabrika atıkları ile ilgili kompozit materyal üretimi, karo üretimi, toprak stabilizasyonu, hafif tuğla üretimi, sıva harcı ve beton üretimi gibi alanlarda yapılan çalışmalar olmasına rağmen, atıkların bitkisel üretimde değerlendirilmesi veya bitkilere etkisi ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır (Karasu ve ark., 2002; Abalı ve ark., 2007; Topçu ve Boğa, 2009; Yazıcı ve Çetinkaya, 2017; Zorluer ve Gücek, 2017). Bu çalışmada farklı bor içeriğine sahip katı bor fabrikası atıklarının yem ve malt olarak kullanılan bir tahıl bitkisi olan arpada çimlenme ve bazı büyüme parametrelerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada bitkisel materyal olarak orta erkenci, kışa ve yatmaya dayanıklı olan bir arpa çeşidinin (*Hordeum vulgare* L. cv. İnce04) tohumları kullanılmıştır. Bu çeşide ait tohumlar Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden, kullanılan filtre atıkları ise Kütahya-Emet Bor İşletme Müdürlüğü Borik Asit Tesisi'nden temin edilmiştir.

Çalışmada 101 ve 102 olarak isimlendirilen ve içerikleri farklı olan 2 atık kullanılmıştır. Atıkların kimyasal içerik analiz sonuçları çizelge 1'de verilmiştir. Fabrikadan ıslak olarak alınan 101 ve 102 filtre atıkları 68 °C'lik etüvde 1 hafta boyunca tutularak kurutulmuştur. Sabit ağırlığa ulaşması sağlanan atıklardan farklı konsantrasyonlarda (0, 20, 40, 60, 80 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 ppm) çözeltiler hazırlanmıştır.

%5 sodyum hipoklorit ile yüzey sterilizasyonu yapılan arpa tohumları 2 kat kurutma kağıdı yerleştirilmiş olan petri kapları içerisine transfer edilmiştir. Her petriye benzer görünümlü olacak şekilde seçilen 20 tohum konulmuştur. Denemeler 3 biyolojik ve 3 teknik tekrarlı olacak şekilde, 1 hafta süresince kontrollü bir iklim dolabı içerisinde (16/8 saat fotoperiyot, 26/18 °C sıcaklık, 17300 lüks ışık, %70 nispi nem)

gerçekleştirilmiştir. Petri kapları içerisindeki tohumlar her gün atıklardan hazırlanan çözeltiler kullanılarak nemlendirilmiştir. Kontrol gruplarının denemeleri ise saf su ile yapılmıştır.

Gelişmeleri günlük takip edilen tohumların çimlenme değerleri 3. günün sonunda alınmıştır. Bitkiciklerin gövde ve kök uzunluk değerleri ile gövde ve kök yaş ağırlıkları ise 7. günde ölçülmüştür. Gövde ve köklere ait kuru ağırlık verileri bitki parçaları 72 saat 68 °C'lik etüvde tutulduktan sonra kayıt edilmiştir. Kuru ağırlık değerleri bir petri kabındaki kök veya gövde parçalarına ait toplam ağırlığın o petri içindeki bitki sayısına bölünmesi ile elde edilmiştir.

Çizelge 1. 101 ve 102 filtre atıklarının içerik analizi. Hesaplamalar kuru madde üzerinden yapılmıştır.

| Atık içeriği                                     | Oran | 101 filtre atığı | 102 filtre atığı |
|--|------|------------------|------------------|
| B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                    | %    | 8,09             | 2,51             |
| SiO <sub>2</sub>                                 | %    | 5,97             | 6,88             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                   | %    | 0,41             | 0,40             |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub> | %    | 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 <sub>4</sub>                                  | %    | 40,54            | 44,67            |

## Bulgular

Tohum ekiminden sonra 3 gün gelişimleri gözlenen arpa tohumlarının çimlenme değerleri çizelge 2'de verilmiştir. 101 ve 102 filtre atıklarından ve kontrol grubundan elde edilen değerler karşılaştırıldığında atıkların arpa tohumlarının çimlenmesini etkilemediği görülmüştür.

Çizelge 2. Arpa tohumlarının % çimlenme değerlerine 101 ve 102 filtre atıklarının etkisi (SE: standart hata).

| Konsantrasyon | 101 filtre atığı | 102 filtre atığı |
|---------------|------------------|------------------|
|               | % çimlenme ±SE   | % çimlenme ±SE   |
| 0 ppm         | 90,83±1,67       | 96,66±3,33       |
| 20 ppm        | 81,66±1,67       | 93,33±6,67       |
| 40 ppm        | 91,66±4,41       | 91,66± 3,33      |
| 60 ppm        | 86,66±6,01       | 95±2,89          |
| 80 ppm        | 83,33±1,67       | 95±2,89          |
| 100 ppm       | 93,33±1,67       | 81,66± 3,33      |
| 200 ppm       | 95±2,89          | 90±0             |
| 400 ppm       | 98,3±1,67        | 85±5             |
| 600 ppm       | 93,33±4,41       | 95±0             |
| 800 ppm       | 90±2,89          | 96,66±1,67       |
| 1000 ppm      | 86,66±1,67       | 88,33±2,89       |

Petri kapları içerisinde ekimden sonra 7 gün boyunca gözlemlenen arpa tohumlarından elde edilen bitkiciklerin kök ve gövde parçaları birbirinden ayrılmış ve uzunluk değerleri ölçülmüştür. Aynı bitki parçalarının ağırlıkları hassas terazi yardımıyla ölçüldükten sonra veriler kayıt edilmiştir. Gövde ve kök uzunlukları ile yaş ağırlık değerleri çizelge 3 ve çizelge 4'te verilmiştir. Çimlenme ile ilgili verilerle karşılaştırıldığında 101 ve 102 filtre atıklarından elde edilen çözeltilerin konsantrasyonları arttıkça uzunluk ve yaş ağırlık değerlerinde düşüş olduğu görülmüştür. 101 atığının 400 ppm ve üzerindeki, 102 atığının ise 600 ppm ve üstündeki konsantrasyonlarda bu azalışlar daha belirgin bir şekilde gözlenmiştir.

Çizelge 3. Bitkiciklerin kök ve gövde uzunluğu değerlerine 101 ve 102 filtre atıklarının etkisi. Değerler cm/bitki olarak verilmiştir (SE: standart hata)

| Konsantrasyon | 101 filtre atığı |                   | 102 filtre atığı |                   |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|
|               | Kök uzunluğu±SE  | Gövde uzunluğu±SE | Kök uzunluğu±SE  | Gövde uzunluğu±SE |
| 0 ppm         | 6,935±0,34       | 10,48±0,31        | 7,14±0,33        | 10,47±0,24        |
| 20 ppm        | 6,33±0,31        | 10,89±0,30        | 6,36±0,28        | 10,51±0,18        |
| 40 ppm        | 7,05±0,24        | 10,91±0,20        | 7,20±0,31        | 10,06±0,27        |
| 60 ppm        | 6,77±0,27        | 10,87±0,33        | 6,45±0,27        | 11,02±0,22        |
| 80 ppm        | 6,54±0,22        | 11,19±0,29        | 6,54±0,35        | 10,42±0,23        |
| 100 ppm       | 6,49±0,34        | 10,90±0,39        | 5,96±0,24        | 11,05±0,24        |
| 200 ppm       | 8,19±0,18        | 11,47±0,27        | 5,05±0,18        | 9,90±0,25         |
| 400 ppm       | 3,14±0,18        | 7,69±0,39         | 6,03±0,23        | 10,21±0,38        |
| 600 ppm       | 2,95±0,11        | 6,42±0,29         | 4,37±0,12        | 7,87±0,24         |
| 800 ppm       | 2,51±0,14        | 5,82±0,28         | 3,22±0,19        | 7,55±0,29         |
| 1000 ppm      | 1,39±0,10        | 4,21±0,16         | 3,28±0,17        | 7,46±0,41         |

Çizelge 4. Bitkiciklerin kök ve gövde yaş ağırlık değerlerine 101 ve 102 filtre atıklarının etkisi. Değerler mg/bitki olarak verilmiştir (SE: standart hata).

| Konsantrasyon | 101 filtre atığı    |                       | 102 filtre atığı    |                       |
|---------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
|               | Kök yaş ağırlığı±SE | Gövde yaş ağırlığı±SE | Kök yaş ağırlığı±SE | Gövde yaş ağırlığı±SE |
| 0 ppm         | 62,14±3,11          | 115,09±14,43          | 64,17±5,03          | 108,60±17,32          |
| 20 ppm        | 64,27±2,81          | 118,29±23,18          | 49,05±7,77          | 97,35±21,48           |
| 40 ppm        | 59,66±16,7          | 118,33±14,92          | 54,90±4,48          | 103,90±15,80          |
| 60 ppm        | 61,23±6,82          | 122,22±3,85           | 51,89±4,93          | 109,64±13,35          |
| 80 ppm        | 61,318±2,72         | 124,18±12,15          | 45,14±3,17          | 95,13±16,92           |
| 100 ppm       | 57,90±13,42         | 118,89±6,98           | 60,30±2,01          | 115,95±20,24          |
| 200 ppm       | 64,20±4,46          | 124,86±15,6           | 46,66±3,72          | 105,88±12,76          |
| 400 ppm       | 24,4±4,25           | 78,56±3,31            | 45,85±1,49          | 107,98±11,33          |
| 600 ppm       | 17,63±5,05          | 63,81±7,77            | 33,02±1,52          | 81,04±5,71            |
| 800 ppm       | 15,97±1,90          | 52,39±1,53            | 21,90±0,95          | 83,80± 2,59           |
| 1000 ppm      | 14,85±2,09          | 40,59±1,78            | 23,20±0,48          | 71,90± 3,53           |

Bitkiciklerin kök ve gövde parçaları etüvde sabit ağırlığa ulaştıktan sonra kuru ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Uzunluk ve yaş ağırlık değerlerine benzer şekilde

atıklardan hazırlanan çözeltilerin konsantrasyon artışına bağlı olarak bitki parçalarının kuru ağırlık değerleri de azalış göstermiştir. Kuru ağırlık değerlerine ait veriler çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 5. Bitkiciklerin kök ve gövde kuru ağırlık değerlerine 101 ve 102 filtre atıklarının etkisi. Değerler mg/bitki olarak verilmiştir (SE: standart hata).

| Konsantrasyon | 101 filtre atığı     |                        | 102 filtre atığı     |                        |
|---------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
|               | Kök kuru ağırlığı±SE | Gövde kuru ağırlığı±SE | Kök kuru ağırlığı±SE | Gövde kuru ağırlığı±SE |
| 0 ppm         | 6,65±0,50            | 10,83±0,32             | 6,93±0,53            | 10,85±0,34             |
| 20 ppm        | 7,89±0,39            | 12,87±0,056            | 6,51±0,25            | 10,32±0,38             |
| 40 ppm        | 6,68±0,19            | 10,80±0,048            | 6,86±0,19            | 12,57±0,42             |
| 60 ppm        | 7,81±0,39            | 12,11±0,31             | 6,05±0,21            | 11,35±0,35             |
| 80 ppm        | 6,81±0,20            | 12,46±0,33             | 7,11±0,35            | 11,54±0,27             |
| 100 ppm       | 6,28±0,31            | 10,61±0,28             | 6,96±0,40            | 10,75±0,32             |
| 200 ppm       | 6,18±0,47            | 9,86±0,36              | 6,27±0,22            | 10,86±0,23             |
| 400 ppm       | 4,21±0,35            | 7,88±0,25              | 5,73±0,18            | 9,65±0,37              |
| 600 ppm       | 3,46±0,021           | 6,97±0,21              | 6,05±0,26            | 8,83±0,29              |
| 800 ppm       | 3,14±0,018           | 5,45±0,22              | 4,96±0,14            | 8,18±0,25              |
| 1000 ppm      | 2,45±0,016           | 4,12±0,17              | 4,98±0,17            | 7,68±0,31              |

## Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Emet Borik Asit Tesisine ait iki farklı filtre atığı kullanılarak arpa tohumlarının çimlenme ve erken fide dönemine ait bazı vejetatif parametreler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Atıklardan farklı oranlarda hazırlanan çözeltiler arpa tohumlarının çimlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Atıklardan hazırlanan çözeltilerin tüm konsantrasyonlarında arpa tohumlarında çimlenme gerçekleşmiştir. Atıklarla yapılan denemelerden elde edilen sonuçların kontrol grubu ile karşılaştırması yapıldığında özellikle 101 atığının kullanıldığı çözeltilerin bazı konsantrasyonlarında çimlenme oranının daha fazla olması atıkların tohumların çimlenmesi üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını göstermiştir.

Çimlenme oranları dikkate alındığında belli miktarda uygulanan bor tohumlarda çimlenmeyi teşvik etmek için kullanılabilir. Bitkilerin bora duyarlılığı ise genotipe göre farklılık göstermektedir. Bakore arpa çeşidinde 100 µM bor çimlenme değerlerini azaltırken, düşük oranda (50 µM) bor uygulaması tohum çimlenmesini arttırıcı etki göstermiştir (Alamri ve ark., 2018). Ermiş (2002) farklı arpa çeşitleri ile yaptığı çalışmada yüksek bor konsantrasyonlarının tohum çimlenmesini olumsuz yönde etkilediğini ve toksik etkiye sebep olduğunu bulmuştur. Farooq ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada pirinç tohumlarının %0,001 ve 0,1 oranında bor içeren çözeltilerle ön muamelesinin çimlenme oranı, ortalama çimlenme zamanı ve çimlenme endeksi gibi değerler üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmüştür. 0,01 M bor ile ön işleme tabi tutulan buğday tohumlarının çimlenme değerleri kontrol grubu veya hidropriming uygulanmış tohumlara göre daha fazla olmuştur (Iqbal ve ark., 2017). Danda’a çeşidi buğday tohumlarının çimlenme oranları 0,25 mg/L ve üstündeki bor konsantrasyonlarında azalmakta, daha yüksek konsantrasyonlarda ise toksisite belirtileri

görülmektedir (Ashagre ve ark., 2014). Havuç tohumlarının %1, 1,5 ve 2 bor çözeltilisi ile muamelesinin tohum çimlenmesini engelleyici etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Munavar ve ark., 2013). %1 ve daha düşük oranlarda uygulanan bor dereotu tohumlarında çimlenmeyi teşvik edici etki gösteriyorken, bu konsantrasyonun üstündeki değerler tohum canlılığını negatif yönde etki etmiştir (Mirshakari, 2012). İki farklı maş fasulyesi ile yürütülen bir çalışmada bor eksikliği ve toksisitesinin bitki büyümesini ve verimliliğini önemli ölçüde azaltmasına rağmen, 0,01 oranında bor uygulamasının çimlenme değerlerini önemli ölçüde arttırdığı bulunmuştur (Rehman ve ark., 2022)

Filtre atıklarının tohum çimlenmesi üzerinde olumsuz yönde bir etkisi görülmemesine rağmen bitkilerin atıklardan hazırlanan çözeltilerin konsantrasyonunun artması erken fide büyümesi döneminde bitkiciklerde büyüme geriliğine bağlı olarak uzunluk, yaş ve kuru ağırlık değerleri gibi fizyolojik parametreler üzerinde azalmalara yol açmıştır. Bu etki içerik olarak daha fazla bora sahip olan 101 filtre atığı ile yapılan uygulamalarda daha belirgin olmuştur. Bitkilerde bor eksikliği ve fazlalığı arasındaki sınır dardır ve genellikle düşük miktarda bor bitki büyümesi ve gelişmesi için yeterlidir. Arpa gibi tahıl bitkileri bora duyarlıdır (Taban ve Erdal, 2000). Bitkilerin bor ihtiyacı türlere veya çeşitlere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bitkiler arasında bor eksikliği veya fazlalığına gösterilen tepkiler genotip, çevresel faktörler, toprak yapısı ya da uygulama metodu gibi faktörlere bağlı olabilir. Farklı arpa çeşitleriyle yapılan çalışmalarda uygulanan bor konsantrasyonu arttıkça bitkiciklerin uzunluk, yaş ve kuru ağırlık değerlerinin azaldığı bulunmuştur (Ayvaz, 2002; Ermiş, 2002; Keskin, 2010; Ayvaz ve ark., 2012; Alamri ve ark., 2018). Boru bünyesinde biriktirebilen bora orta dayanıklı *Stizolobium aterrimum* ile toleransı yüksek olan *Puccinellia distans* ve *Gypsophila sphaerocephala* gibi bitkiler tahıl bitkileri için toksik olarak nitelendirilebilecek bor düzeylerinde yaşamlarını devam ettirebilmektedir (Babaoğlu ve ark., 2004; Stiles ve ark., 2010; Costa ve ark., 2018).

Hassas ve tolerat iki arpa çeşidiyle yapılan bir çalışma 10 mM bor uygulamasının her iki çeşitte kök yaş ağırlığını azalttığını göstermiştir (Karabal ve ark., 2003). Giza 123 arpa çeşidinin tohumlarına yapılan 1,5 mg/L oranında bor ile priming uygulaması yaş-kuru ağırlık, yaprak alanı, klorofil a ve b gibi büyüme parametrelerini arttırıyorken, 3 mg/L ve üzerindeki bor konsantrasyonları bütün ölçülebilir parametrelerde azalmaya neden olmuştur (Elfeky ve ark., 2012). Karpuz bitkisinde ise 10 mg/L bor uygulaması büyümeyi sınırlamamakta, bitkilerde uzunluk ve kuru ağırlık değerlerini arttırıcı etki yapmaktadır (Frag ve Fang, 2014). Farklı buğday genotipleriyle yapılan bir çalışmada bazı genotiplerde toksik olabilecek bor düzeylerinde büyüme artışı gözlemlendiği, bazı genotiplerde ise kritik düzeyde bor uygulaması ile bitkilerde kuru madde miktarının azaldığı tespit edilmiştir (Torun ve ark., 2006). Çalışmada kullanılan arpa çeşidinin bor içeren atıkların artan dozlarına büyüme parametrelerinde düşüşler göstererek cevap vermesi bu çeşidin bora hassas olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Bu çalışmada Emet Borik Asit Tesisi'nden elde edilen ve bor içerikleri farklı olan iki atıktan farklı konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltilerle muamele edilen arpa bitkisinde çimlenme ve erken fide büyümesi dönemine ait bazı parametrelerde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Arpa tohumlarının çimlenme değerleri dikkate alındığında filtre atıkları çimlenme üzerinde herhangi bir olumsuz etki göstermemesine

rağmen özellikle % olarak daha fazla bor içeren 101 filtre atığının erken fide büyümesini azaltıcı yönde etki ettiği görülmüştür. Atık içeriğinde bulunan minerallerin bazıları suda çözünür formda değildir, bazıları ise suda çözünüyor olsa bile bitki tarafından alınabilir yapıda olmadığı için filtre atıklarının arpada çimlenme ve erken fide büyümesine etkilerinin değerlendirilmesi bor minerali üzerinden yapılmıştır. Bitkilerde mineral madde alımı toprak yapısına ya da uygulama şekline göre değişebildiği için atıklarla tarla veya sera koşullarında denemeler yapılabilir. Bor fabrikası katı atıkları farklı sektörlerde katkı maddesi olarak değerlendirilmesine rağmen atıkların bitkiler üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar eksiktir. Bu yüzden çalışmada ortaya çıkan sonuçların benzer araştırmalar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

### Teşekkür

Bu çalışma Dumlupınar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (DPÜBAP/ 2006-3).

### Kaynakça

- Abali, Y., Yurdusev, M. A., Zeybek, M. S., Kumanlioglu, A.A. (2007).Using phosphogypsume and boron concentrator wastes in light brick production. *Construction and Building Materials*, 21(1), 52-56. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.07.009>
- Alamri, S.A, Siddiqui,M.H., Al-Khaishani, M.Y., Ali, H.M. (2018). Boron induces seed germination and seedling growth of *Hordeum vulgare* L. under Nacl stress. *Journal of Advances in Agriculture*, 8(1), 1224-1234. <https://doi.org/10.24297/jaa.v8i1.7116>
- Ashagre, H., Hamza, I.A., Fita, U., Nedesa, W. (2014). Influence of boron on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *African Journal of Plant Science*, 8(2), 133-139. <https://doi.org/10.5897/AJPS2014.1148>
- Ayvaz, M. (2002). *Bazı arpa çeşitlerinde borun büyüme ve gelişme üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Ayvaz, M., Koyuncu, M., Güven, A., Fagerstedt, K.V. (2012). Does boron affect hormone levels of barley cultivars?. *Eur. Asian J. Biosci.*, 6, 113-120. doi: 10.5053/ejobios.2012.6.0.14
- Babaoğlu, M, Gezgin, S., Topal, A., Sade, B., Dural, H. (2004). *Gypsophila sphaerocephala* Fenzl ex Tchihat.: A boron hyperaccumulator plant species that may phytoremediate soils with toxic B levels. *Turkish Journal of Botany*, 28, 273-278.
- Brown, P.H., Hu, H. (1997). Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants?. In: Ando, T., Fujita, K., Mae, T., Matsumoto, H., Mori, S., Sekiya, J. (eds). *Plant Nutrition for Sustainable Food Production and Environment. Developments in Plant and Soil Sciences*, vol 78 (63-67). Springer: Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-0047-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-009-0047-9_6)

- Brown, P. H., Bellaloui, N., Wimmer, M. A., Bassil, E. S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeffer, H., Dannel, Römheld, V. (2002). Boron in plant biology. *Plant Biol.*, 4, 205- 223.
- Chormova, D., Fry, S.C. (2017). Boron bridging of rhamnogalacturonan-II is promoted in vitro by cationic chaperones, including polyhistidine and wall glycoproteins. *New Phytol.*, 209, 241–251. <https://doi.org/10.1111/nph.13596>
- Costa, B.G.P, Justino, G.C., Aguiar, L.F., Souza, L.A., Camargos, L.S. (2018). Boron phytoremediation: *Stizolobium aterrimum* is tolerant and can be used for phytomanagement of boron excess in soils. *International Journal of Environmental Studies*, 76(2), 329-337. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1497883>
- Dordas, C., Chrispeels, M.J., Brown, P.H. (2000). Permeability and channel-mediated transport of boric acid across membrane vesicles isolated from squash roots. *Plant Physiol.*, 124, 1349–1361. <https://doi.org/10.1104/pp.124.3.1349>
- Ediz, N., Özdağ, H. (2001). Bor mineralleri ve ekonomisi. *DPÜ Fen Bilim. Enst. Derg.*, 2, 133-151.
- Elfeky, S., El-Shintinawy, F., Shaker, E.M., El Din, H.S. (2012). Effect of elevated boron concentrations on the growth and yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) and alleviation of its toxicity using different plant growth modulators. *Australian Journal of Crop Science*, 6(12), 1687-1695.
- Ermış, İ. (2002). *Bazı arpa çeşitlerinin çimlenme yüzdesi ve antioksidant enzim düzeylerine bor stresinin etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Farag, M., Fang, Z. M. (2014). Effect of boron toxicity stress on seed germination, root elongation and early seedling development of watermelon *Citrullus lanatus* Thumb. *Journal of Animal and Plant Science*, 21(2), 3313 – 3325.
- Farooq, M., Rehman, A., Aziz, T, Habib, M. (2011). Boron nutripripping improves the germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 34(10), 1507-1515. <https://doi.org/10.1080/01904167.2011.585207>
- Goldbach, H.E., Wimmer, M.A., Findeklee, P. (2000). Discussion paper: Boron – How can the critical level be defined?. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 163, 115–121. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-2624\(200002\)163:1%3C115::AID-JPLN115%3E3.0.CO;2-%23](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-2624(200002)163:1%3C115::AID-JPLN115%3E3.0.CO;2-%23)
- Iqbal, S., Farooq, M., Cheema, S.A., Afzal, I. (2017). Boron seed priming improves the seedling emergence, growth, grain yield and grain biofortification of bread wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(1), 177–182. [doi:10.17957/IJAB/15.0261](https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0261)
- Jokanović, M.B. (2020). Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *Int. J. Mol. Sci.*, 21, 1424; [doi:10.3390/ijms21041424](https://doi.org/10.3390/ijms21041424)
- Karabal, E., Yücel, M., Öktem, H.A. (2003). Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. *Plant Science*, 164(6), 925-933. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00067-0](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00067-0)
- Karasu, B., Kaya, G., Yurdakul, H. (2002). Etibor Kırka Boraks İşletmesi konsantre ve türev atıklarının duvar karosu bünye özelliklerine etkisi. *I. Uluslararası Bor Sempozyumu* (224-228) Kütahya, Türkiye.



- Keskin, H., (2010). *Arpa çeşitleri (Hordeum vulgare) ile çorak çimi'nde (Puccinellia distans) bor toksitesinin temel fizyolojik ve biyokimyasal özelliklere etkisinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- Mirshakari, B. (2012). Seed priming with iron and boron enhances germination and yield of dill (*Anethum graveolens*). *Turk Journal of Agriculture and Forestry*, 36, 27-33. <https://doi.org/10.3906/tar-1007-966>
- Munawar, M., Ikram, M., Iqbal, M., Raza, M.M., Habib, S., Hammad, G., Najeebullah, M., Saleem, M., Ashraf, R. (2013). Effect of seed priming with zinc, boron and manganese on seedling health in carrot (*Daucus carota* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(22), 2697-2702.
- Rehman, A., Fatima, F., Qamar, R., Farukh, F., Alwahibi, M.S., Hussain, M. (2022). The impact of boron seed priming on seedling establishment, growth, and grain biofortification of mungbean (*Vigna radiata* L.) in yermosols. *PLoS ONE*, 17(3): e0265956. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265956>
- Seth, K., Aery, N.C. (2017). Boron induced changes in biochemical constituents, enzymatic activities, and growth performance of wheat. *Acta Physiol. Plant.*, 39, 244. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2541-3>
- Stiles, A.R., Bautista, D, Atalay, E., Babaoğlu, M., Terry, N. (2010). Mechanisms of boron tolerance and accumulation in plants: A physiological comparison of the extremely boron-tolerant plant species, *Puccinellia distans*, with the moderately boron-tolerant *Gypsophila arrostil*. *Environ. Sci. Technol.*, 44(18), 7089–7095. <https://doi.org/10.1021/es1016334>
- Taban, S., Erdal, İ. (2000). Bor uygulamasının değişik buğday çeşitlerinde gelişme ve toprak üstü aksamda bor dağılımı üzerine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24, 255-262.
- Topçu, İ.B., Boğa, A.R. (2009). Effect of boron waste on the properties of mortar and concrete. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 28(7), 626-633. Doi: 10.1177/0734242X09345561. <https://doi.org/10.1177/0734242X09345561>
- Torun, A., Yazıcı, A., Erdem, H., Çakmak, İ. (2006). Genotypic variation in tolerance to boron toxicity in 70 durum wheat genotypes. *Turk Journal of Agriculture and Forestry*, 30, 49-58.
- Wang, Q., Lu, L., Wu, X., Li, Y., Lin, J. (2003). Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. *Tree Physiology*, 23, 345- 351. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.5.345>
- Yazıcı, D.T., Çetinkaya, H. (2017). Evaluation of boron industrial solid waste in composite materials. *Composite Interfaces*, 25(1), 13-25. <https://doi.org/10.1080/09276440.2017.1319668>
- Yılmaz, A. (2002). Her derde deva hazinemiz:bor. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 414, 38- 48.
- Zhao, D., 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. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00095-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00095-3)
- Zorluer, İ., Gücek, S. (2017). Usage of fly ash and waste slime boron for soil stabilization. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(1), 51-54. <https://dx.doi.org/10.21533/pen.v5i1.74>