

## Fosforun Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) Bitkisinde Bor Toksisitesini Önlemede Etkisi

Metin SOY<sup>1</sup>

Aydın GÜNEŞ<sup>2</sup>

Geliş Tarihi: 24.04.2002

**Özet:** Domates bitkisinde B toksisitesini engellemede fosforun etkisi sera denemesi ile araştırılmıştır. Bu amaçla 3000 g toprak doldurulmuş saksılara 0, 10, 20 ve 40 mg kg<sup>-1</sup> B ve 10, 50, 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup> P uygulanmıştır. Bitkilerin vejetatif aksam ve kök kuru ağırlıkları, genç ve yaşlı aksamın B ve P konsantrasyonları belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulaması ile B toksisitesi görülmüş, vejetatif aksam ve kökün kuru ağırlıkları azalmıştır. Borun toksik etki göstermiş olduğu düzeyde (40 mg kg<sup>-1</sup>), bitkilerin B konsantrasyonları toksik olarak kabul edilen kritik seviyenin üzerinde olmuştur. Fosfor uygulamasıyla, bitkilerin B konsantrasyonları azalmış ve B toksisitesinin neden olduğu kuru ağırlıktaki azalmalarda düşüş görülmüştür. Sonuç olarak, domateste B toksisitesini engellemede fosfor uygulaması etkili olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** bor toksisitesi, fosfor, domates, domatesin bor ve fosfor konsantrasyonları

## Effect of Phosphorus on the Alleviation of Boron Toxicity in Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Plant

**Abstract:** A greenhouse study was conducted in order to determine the effect of P on alleviating B toxicity in tomato. For this purpose 0, 10, 20 and 40 mg kg<sup>-1</sup> B and 10, 50, 100 and 200 mg kg<sup>-1</sup> P were applied to the pots holding 3000 g soil. Vegetatif and root dry weights, B and P concentration of the young and old part of the plants were determined. According to experimental results, dry weights of vegetatif part and root were decreased at 40 mg kg<sup>-1</sup> B level. Boron concentration of the plants (both young and old parts) was higher than the critical toxicity level given for tomato at 40 mg kg<sup>-1</sup> applied B level. Increases in B concentration as a result of applied B was decreased by the P treatments and resulting in an increase in dry weight of the tomato plants. As a result of this study, it can be concluded that phosphorus was effective on alleviating the B toxicity in tomato plants.

**Key Words:** B toxicity, phosphorus, tomato, boron and phosphorus concentration of tomato

### Giriş

Bor toksisitesi, topraklarda doğal olarak oluşabildiği gibi aynı zamanda, yüksek B konsantrasyonlarına sahip sulama suları ile yapılan sulamalar sonucunda da ortaya çıkabilmektedir (Nable ve ark. 1997). Sulama suyunda bulunan 1 mg L<sup>-1</sup> B, duyarlı bitkilerde kolayca gözle görülebilen toksisite belirtilerine yol açabilmektedir. Bu değer 10 mg kg<sup>-1</sup> olduğunda ise, bora dayanıklı bitkilerde de toksisite belirtileri görülmektedir (Reisenauer ve ark. 1973). FAO tarafından 30 farklı ülkeyi kapsayan çalışmada Irak, Meksika, Pakistan ve Türkiye'de de çok yoğun bir şekilde B toksisitesi olduğu bildirilmiştir (Sillanpaa 1982).

Dünyanın farklı bölgelerinde bitki yetiştiriciliğinde önemli bir beslenme problemi olarak ortaya çıkan B toksisitesinin ülkemizde çok yaygın olmasa da, lokal olarak ortaya çıktığı yapılan bir çok çalışmada gösterilmiştir. Özellikle Orta Anadolu Bölgesi'nde ki değişik araştırma enstitüsü araştırmacılarının gözlemlerine ve diğer çalışmalara göre Orta Anadolu'da arpa ve buğday üretim alanlarında B toksisitesinin olduğu bildirilmiştir (Alkan 1994). Ülkemizde atık sularla kirlenmiş akarsuların sulama amaçlı kullanılmaları sonucu yaygın olarak bazı yöre topraklarımızda B kirliliği ve buna bağlı olarak da bu yörelerde yetiştirilen bitkilerde B toksisitesi sorunları ile

karşılaşılmaktadır. Bor içeriği yüksek sular sebebiyle Afyon, Aksaray, Bigadiç, Burdur, Konya-Ereğli, Eskişehir, Germencik-Ömerbeyli, Iğdır, Karasaz, Kayseri, Yüksekova ve Salihli yörelerindeki topraklarda yüksek düzeyde B kirliliği görülmektedir (Eken 1996).

Türkiye'de başlıca B üretimi; Kütahya ile Balıkesir il merkezleri arasında 200 km uzunlukta ve 70-120 km enindeki bir kuşak boyunca yer alan Bigadiç, M. Kemalpaşa, Emet ve Kırki yörelerinde yapılmaktadır. Üretim sırasında akarsuya boşaltılan borlu drenaj ve yıkama suları hem Simav Çayı'nı hem de Ulubat Gölü ile Marmara Denizi'ni kirlenmektedir. Tarımsal potansiyeli ve B üretimi yönünden en önemli bölge olan Bigadiç yöresindeki bor işletmeleri ilçenin 5-15 km kuzeyinde, Simav Çayı kıyısında sıralanmıştır. İşletmelerin 15-25 km aşağısında Kaletepe regülatörü yer almaktadır. Yöredeki 7 adet işletmenin drenajından Simav Çayına gelen toplam B miktarı 25.49 g sn<sup>-1</sup> olup, ortalama konsantrasyon 175 mg kg<sup>-1</sup> dir. Bölgede yapılmış olan çalışmalar; Simav Çayı'nın B konsantrasyonunun, ocaklar alanına girmeden önce 0-0.5 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişirken, ocaklardan sonra ortalama 4-6 mg kg<sup>-1</sup> a ulaştığını göstermektedir. Kaletepe regülatörünün B içeriğinin ise 1.30-9.80 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği bildirilmiş, işletmelerden gelen drenaj

<sup>1</sup> Yüksek Lisans Tezi'nden hazırlanmıştır

<sup>2</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Ankara

sularında yer yer 1200 mg kg<sup>-1</sup>'a varan B konsantrasyonları saptanmıştır (Önel 1981). Yöredeki tarım topraklarının sulanmasında Simav Çayı kollarından başka önemli bir seçenek bulunmamaktadır. Bu sebeple, Simav su toplama havzası içindeki 117.274 hektar tarım alanından 94.358 hektarı B kirliliğinden etkilenmektedir (Ural 1995). Buna ilave olarak termik santrallerde enerji kaynağı olarak kullanılan linyit kömürlerinin bileşiminde 4-300 mg kg<sup>-1</sup> düzeyinde bulunan B uçucu küller ile çevreye yayılarak B toksisitesine yol açabilmektedir (Bergmann 1992) Ülkemizde Yatağan ve Çayırhan termik santralleri çevresindeki arazilerde de bu risk olasıdır.

Bor toksisitesi görülen alanlarda, sağlıklı bir bitkisel üretim yapılabilmesi için bazı önlemlerin alınması gerekir. Bu önlemlerden bir tanesi B' un profilden yıkanmasıdır. Ancak bu yöntemin oldukça fazla zaman aldığı, ayrıca fazla miktarda ve B konsantrasyonu düşük suya gereksinim duyduğu ve pahalı olduğu bilinmektedir (Keren ve Bingham 1985).

Bor toksisitesini engellemek için, bor ile arasında interaksiyon bulunan diğer bitki besin maddeleri de kullanılabilir. Bitki tarafından bor alımı ve bitki içinde iletimi fosfor alımıyla yakından ilgilidir. Biyokimyasal ve fizyolojik davranışları kıyaslandığında borun, fosfora benzerlik gösterdiği söylenebilir. Borat ve fosfatın her ikisi de fizyolojik olarak aktif olan esterlerin yapısında yer alırlar ve boratlar organik komplekslerle polihidroksil bileşikler oluşturabilirler (Bergmann 1992). Fosfor bor ile etkileşerek, bitki tarafından bor alımını engelleyebilmektedir (Pollard ve ark. 1977). Fosforun fazla kullanımının limon ağaçlarında (Bingham ve ark. 1971), buğdayda (Singh ve ark. 1990; Güneş 2000) ve mısırdaki (Güneş ve Alpaslan 2000) B alımını azalttığı belirtilmiştir.

Bu çalışmada artan düzeylerde uygulanan fosforun değişik seviyelerde B içeren kireçli bir toprakta yetiştirilen domates bitkisinde B toksisitesini gidermedeki etkisi sera koşullarında araştırılmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Denemede tekstürü siltili killi tın (kum % 13.54, kil % 39.42, silt % 47.04), pH' ı 8.14, kireç kapsamı % 7.54, organik maddesi % 0.804, bitkiye yararlı P ve B kapsamı sırasıyla 5.13 ve 2.80 mg kg<sup>-1</sup> olan bir toprak kullanılmıştır.

Sera denemesi, içerisine polietilen torbalar geçirilmiş 3000 g mutlak kuru toprak alan plastik saksılar ile yürütülmüştür. İki faktörlü (4x2) tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülen denemede test bitkisi olarak domates yetiştirilmiştir. Çimlendirme kasalarında perlit ortamında yeknesak çimlenme ve gelişme gösteren domates fideleri (SL HEINZ 2274) saksılara 1'er adet şaşırtılarak kullanılmıştır. Deneme topraklarına dikimden önce temel gübreleme olarak, 100 mg kg<sup>-1</sup> N ve 100 mg kg<sup>-1</sup> K (KNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) çözelti halinde verilmiştir. Deneme planına göre saksılara P: 10, 50 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup> düzeyinde H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>' ten, B ise 0,

10, 20 ve 40 mg kg<sup>-1</sup> düzeyinde H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> den çözelti halinde uygulanmıştır.

Deneme süresince saksılar her gün saf su ile tarla kapasitesinin % 75' i düzeyinde sulanmıştır. Yine deneme süresince tekerrürlere seradaki yerleri tesadüfi olarak belirlenmiş ve saksıların yerleri kendi aralarında her gün değiştirilerek tekdüzellik sağlanmıştır.

Deneme bitkileri 29 günlük bir gelişme sonunda toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir. Bitkiler genç ve genç aksamlardaki B ve P analizleri için ortadan ikiye bölünmüş ve alt kısım genç, üst kısım ise genç olarak değerlendirilmiştir. Bitki kökleri de hasattan sonra yıkanarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

Hasat edilen bitkiler önce saf su daha sonra da iki kez redestile su ile yıkandıktan sonra torba kağıtlarına konularak 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma dolabında kurutulmuştur. Kuru ağırlıkları belirlenen bitki örnekleri cam blenderde öğütüldükten sonra, kuru yakma yöntemi ile yakılmıştır. Bitkilerin genç ve yaşlı aksamlarının B kapsamı Wolf (1974) tarafından bildirildiği şekilde spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Bitkilerin P kapsamı da, yine genç ve yaşlı aksam olmak üzere iki bölümde Kacar (1972) tarafından bildirildiği şekilde belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarının önemliliği Minitab paket programı ile belirlenmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıkların önemliliği ise Mstat paket programı ile Duncan testi yapılarak karşılaştırılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada domates bitkisinde, B toksisitesinin giderilmesi üzerine artan düzeylerde uygulanan P' un etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, farklı B ve P düzeylerinde 29 gün süreyle yetiştirilen domates bitkilerinin, vejetatif aksam ve kök kuru ağırlıkları ile genç ve yaşlı aksamının B ve P konsantrasyonları incelenmiştir.

**Vejetatif aksam kuru ağırlığı:** Domates bitkisinde B toksisitesini yaratmak amacıyla artan düzeylerde B uygulanarak yetiştirilen domates bitkisinin kuru ağırlığı üzerine P' un artan düzeylerinin etkisi Çizelge 1' de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, artan düzeylerde uygulanan B' un 20 mg kg<sup>-1</sup> seviyesinden sonra domates bitkisine toksik etki gösterdiği ve 40 mg kg<sup>-1</sup> B düzeyinde bitkilerin kuru ağırlıklarında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Bor uygulanmayan saksılardaki bitkilerin kuru ağırlıkları ortalama 20.64 g iken 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulanan saksılardaki bitkilerin kuru ağırlıkları ortalama 14.46 g' a düşmüştür. Artan P uygulamalarına bağlı olarak bitkilerin kuru ağırlıkları, 100 mg kg<sup>-1</sup> P uygulamasına kadar artış göstermiş ve bu artış istatistiksel olarak önemli olmuştur. Bitkilerin kuru ağırlıkları üzerine B x P interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte B' un toksik etkisini önlemede P' un etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 1) Fosforun en düşük düzeyinde, kuru ağırlık B' un toksik etkisinin başladığı

Çizelge 1. Bor ve fosfor uygulamalarının domates bitkisinde vejetatif aksam kuru ağırlıkları üzerine etkisi, (g)

P düzeyleri mg kg <sup>-1</sup>	B düzeyleri mg kg <sup>-1</sup>				Ort.
	0	10	20	40	
10	10.25	9.89	9.92	5.86	8.98 c
50	20.21	20.61	21.84	16.43	19.77 b
100	25.21	25.08	25.60	18.79	23.67 a
200	26.90	24.86	24.11	16.75	23.16 a
Ortalama	20.64 A	20.11 A	20.37 A	14.46 B	

F test: B: 35.40 \*\*\* P: 187.83 \*\*\* BxP: 1.636d

(\*\*\*: p&lt;0.001, öd: önemli değil)

20 mg kg<sup>-1</sup> B uygulamasında 9.92 g iken, 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulamasında kuru ağırlık % 40'lık bir azalma ile 5.86 g'a düşmüştür. Fosforun 50, 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde ise 20 ve 40 mg kg<sup>-1</sup> B seviyeleri arasındaki kuru ağırlıktaki azalma sırasıyla % 25, % 27 ve % 31 düzeyinde olmuştur. Bu oranlardan anlaşılacağı üzere P uygulamasıyla B toksisitesine bağlı olarak kuru ağırlıkta meydana gelen azalma daha düşük seviyelerde olmuştur.

**Kök kuru ağırlığı:** Artan düzeylerde B içeren topraklarda yetiştirilen domates bitkisinin kök kuru ağırlığı üzerine P'un artan düzeylerinin etkisi Çizelge 2' de verilmiştir.

Fosfor uygulamalarının bitkinin kök kuru ağırlığını artırdığı görülmektedir. Fosforun en düşük olduğu 10 mg kg<sup>-1</sup> P düzeyinde bitkilerin ortalama kök kuru ağırlığı 2.79 g iken, 50 mg kg<sup>-1</sup> P düzeyinde 6.47 g, 100 mg kg<sup>-1</sup> P düzeyinde 7.55 g ve 200 mg kg<sup>-1</sup> P düzeyinde 8.07 g olmuştur. Fosforun 50 mg kg<sup>-1</sup> düzeyindeki kök kuru ağırlığındaki artış istatistiksel olarak önemli olmuş, bu düzeyden sonra P uygulamaları arasındaki farklılıklar önemli olmamıştır.

Bor'un artan düzeylerine bağlı olarak domates bitkisinin kök kuru ağırlığı azalmış ancak bu azalma istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bor uygulanmayan saksılardaki bitkilerin kök kuru ağırlıkları ortalama 6.58 g iken 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulanan bitkilerin kök kuru ağırlığı 4.88 g olmuştur. Bor'un 20 mg kg<sup>-1</sup>'den 40 mg kg<sup>-1</sup>'a yükselmesiyle ortaya çıkan ağırlık azalması düşük P (10 mg kg<sup>-1</sup>) seviyesinde yüksek (% 39.58) düzeyde olurken, bor'un aynı seviyelerinde P'un 50, 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup> düzeylerinde kök kuru ağırlığında B toksisitesine bağlı azalmalar sırasıyla % 19.29, % 28.95 ve 18.34 gibi daha düşük olmuştur. Bir başka ifade ile 50 mg kg<sup>-1</sup> ve daha sonraki P düzeyleri B toksisitesine bağlı zararlanmaları kısmen de olsa azaltmıştır.

**Domatesin genç aksamının B konsantrasyonu:** Bor ve P uygulamalarına bağlı olarak domates bitkisinin genç aksamındaki B konsantrasyonları Çizelge 3'de verilmiştir. Artan düzeylerde uygulanan B bitkilerin genç aksamındaki B konsantrasyonlarını önemli düzeylerde artırmıştır. Bor uygulanmayan saksılardaki bitkilerin B konsantrasyonları ortalama 39.12 mg kg<sup>-1</sup> iken, 10 mg kg<sup>-1</sup> B uygulamasında 67.01 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur. Ancak bu artış istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Bor düzeyi, 20 mg

kg<sup>-1</sup> olduğunda bitkilerin genç aksamındaki B konsantrasyonu 129.02 mg kg<sup>-1</sup> ve uygulanan B düzeyi 40 mg kg<sup>-1</sup> olduğunda ise 275.42 mg kg<sup>-1</sup> a artmıştır. Jones ve ark. (1991) tarafından domates için kritik B konsantrasyonu 75 mg kg<sup>-1</sup> ve üzeri olarak bildirilmiştir. Çizelge 3' den görüldüğü gibi, kritik B konsantrasyonu 20 mg kg<sup>-1</sup> B uygulamasıyla birlikte aşılmakta ve B'un toksik etkisi ortaya çıkmaktadır. Fosforun en düşük düzeyinde genç aksamın B konsantrasyonu, B'un toksik etkisinin başladığı 20 mg kg<sup>-1</sup> B seviyesinde 99.83 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenirken, 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulaması ile 230.75 mg kg<sup>-1</sup> a yükselmiştir.

Fosforun en düşük seviyesinde bitkilerin genç aksamının B konsantrasyonlarındaki bu artış % 131 olarak gerçekleşmiştir. Fosforun artan düzeylerinde ise, uygulanan B'un 20 mg kg<sup>-1</sup>'den 40 mg kg<sup>-1</sup>'a artışı ile meydana gelen B konsantrasyonlarındaki artış miktarı yaklaşık % 97' ye kadar düşmüştür. Bu nedenle, uygulanan P'un bitkilerin B alımını kısmen engellediği ve bitkilerdeki B'un toksik etkisini önlemede başarılı olduğunu söylemek mümkündür.

#### Domatesin yaşlı aksamının B konsantrasyonu:

Domates bitkisinin yaşlı aksamının B konsantrasyonuna B ve P'un etkisi Çizelge 4' de verilmiştir. Artan düzeylerde uygulanan B bitkilerin yaşlı aksamının B konsantrasyonunu önemli oranda artırmıştır. Bor uygulanmayan saksılardaki bitkilerin yaşlı aksamının B konsantrasyonu 41.57 mg kg<sup>-1</sup> iken, 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulamasıyla bitkilerin yaşlı aksamının B konsantrasyonu 318.3 mg kg<sup>-1</sup> a yükselmiştir. Artan B düzeylerine bağlı olarak ortaya çıkan bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Jones ve ark. (1991) tarafından bildirilen domates için kritik B konsantrasyonu olan 75 mg kg<sup>-1</sup>, bitkilerin yaşlı aksamlarında 10 mg kg<sup>-1</sup> B uygulaması ile aşılmıştır. Borun 20 ile 40 mg kg<sup>-1</sup>

Çizelge 2. Bor ve fosfor uygulamalarının domatesteki kök kuru ağırlıkları üzerine etkisi, (g)

P düzeyleri mg kg <sup>-1</sup>	B düzeyleri, mg kg <sup>-1</sup>				Ort.
	0	10	20	40	
10	3.30	3.25	2.88	1.74	2.79 b
50	6.88	7.63	6.27	5.06	6.47 a
100	9.46	6.98	7.75	6.01	7.55 a
200	6.68	10.64	8.23	6.72	8.07 a
Ortalama	6.58	7.14	6.28	4.88	

F test: B: 1.48 öd, P: 9.08 \*\*\* BxP: 0.496d

(\*\*\*: p&lt;0.001, öd: önemli değil)

Çizelge 3. Bor ve fosfor uygulamalarının domatesteki genç aksam B konsantrasyonları üzerine etkisi, (mg kg<sup>-1</sup>)

P düzeyleri mg kg <sup>-1</sup>	B düzeyleri, mg kg <sup>-1</sup>				Ort.
	0	10	20	40	
10	38.38	81.00	99.83	230.75	107.49
50	39.22	74.78	145.46	287.54	136.75
100	37.26	65.19	136.70	286.24	131.35
200	41.64	67.06	134.10	297.14	134.98
Ortalama	39.12 C	67.01 C	129.02 B	275.42 A	

F test: B: 73.94\*\*\*, P: 1.23 \*\*\* BxP: 0.346d

(\*\*\*: p&lt;0.001, öd: önemli değil)

düzeyleri arasındaki, bitkilerin yaşlı aksamlarının B konsantrasyonlarında meydana gelen artış incelendiğinde uygulanan P<sup>1</sup> un, bitkinin B alimini kısmen engellediği görülmektedir (Çizelge 4). Fosforun en düşük düzeyinde 20 mg kg<sup>-1</sup> B uygulaması ile yaşlı aksamdaki B konsantrasyonu 154.86 mg kg<sup>-1</sup> iken, 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulaması % 125'lik bir artış ile bitkinin B konsantrasyonunun 349.93 mg kg<sup>-1</sup> a yükselmesine neden olmuştur. Borun 20 mg kg<sup>-1</sup> dan 40 mg kg<sup>-1</sup> a yükselmesiyle bitkilerin yaşlı aksamlarının B konsantrasyonlarında meydana gelen artış, artan P uygulamaları ile % 125 den % 81'e kadar gerilemiştir.

**Domatesin genç aksamının P konsantrasyonu;** Artan düzeylerde uygulanan B ve P<sup>1</sup> un kombinasyonları ile yetiştirilen domates bitkisinin genç aksamlarının P konsantrasyonları Çizelge 5'de verilmiştir. Domates bitkisinin genç aksamlarının P konsantrasyonu artan düzeyde uygulanan P<sup>1</sup> a paralel olarak bir artış göstermiştir. Fosforun en düşük düzeyinde bitkilerin genç aksamlarının P konsantrasyonu % 0.183' den, 200 mg kg<sup>-1</sup> P düzeyinde % 0.271'e yükselmiştir. İstatistiki bakımdan önemli olmasada artan B düzeylerine paralel olarak bitkilerin genç aksamlarının P konsantrasyonlarında belirgin bir artış olmuştur (Çizelge 5).

**Domatesin yaşlı aksamının P konsantrasyonu;** Fosforun artan düzeylerine bağlı olarak domates bitkisinin yaşlı aksamlarındaki P konsantrasyonu artmıştır (Çizelge 6). Domates bitkisinin genç aksamlarına benzer şekilde yaşlı aksamında P konsantrasyonu artan B düzeylerine paralel olarak bir artış göstermiştir.

Çizelge 4. Bor ve fosfor uygulamalarının domatesteki yaşlı aksam B konsantrasyonları üzerine etkisi, (mg kg<sup>-1</sup>)

P düzeyleri mg kg <sup>-1</sup>	B düzeyleri, mg kg <sup>-1</sup>				Ort.
	0	10	20	40	
10	39.87	89.40	154.86	349.93	158.52
50	37.82	90.43	163.71	297.51	147.37
100	42.20	85.96	136.15	303.56	141.96
200	46.39	87.54	152.63	322.19	152.18
Ortalama	41.57	88.33	151.83	318.30	
	D	C	B	A	

F test: B: 169.94\*\*\*, P: 0.58 öd, BxP: 0.49öd  
(\*\*\*: p<0.001, öd: önemli değil)

Çizelge 5. Bor ve fosfor uygulamalarının domatesteki genç aksam P konsantrasyonları üzerine etkisi, (%)

P düzeyleri mg kg <sup>-1</sup>	B düzeyleri, mg kg <sup>-1</sup>				Ort.
	0	10	20	40	
10	0.183	0.179	0.173	0.198	0.183 b
50	0.164	0.152	0.144	0.168	0.157 b
100	0.180	0.198	0.199	0.212	0.197 b
200	0.243	0.258	0.289	0.293	0.271 a
Ortalama	0.193	0.197	0.201	0.218	

F test: B: 0.77öd, P: 15.07\*\*\*, BxP: 0.27öd  
(\*\*\*: p<0.001, öd: önemli değil)

Çizelge 6. Bor ve fosfor uygulamalarının domatesteki yaşlı aksam P konsantrasyonları üzerine etkisi, (%)

P düzeyleri mg kg <sup>-1</sup>	B düzeyleri, mg kg <sup>-1</sup>			
	0	10	20	40
10	0.132 B a	0.123 B a	0.131 B a	0.149 B a
50	0.111 B a	0.109 B a	0.114 B a	0.138 B a
100	0.127 B b	0.132 B b	0.144B ab	0.189 B a
200	0.205 A c	0.217 A c	0.270 A b	0.448 A a

F test: B: 22.38\*\*\*, P: 81.65\*\*\*, BxP: 6.06\*\*\*

(\*\*\*: p<0.001, öd: önemli değil)

(Büyük harfler dikey, küçük harfler yatay değerlendirmeyi göstermektedir)

## Sonuç

Bor uygulamasının domates bitkisi üzerindeki toksik etkisi 20 mg kg<sup>-1</sup> seviyesinden sonra başlamış ve 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulamasıyla net bir şekilde görülmüştür. Bor toksisitesinin ortaya çıktığı bu düzeyde bitkinin genç aksamında B konsantrasyonu ortalama 275.42 mg kg<sup>-1</sup>, yaşlı aksamda ise 318.30 mg kg<sup>-1</sup> olmuştur. Bitki dokularında belirlenen bu B konsantrasyonları, Jones ve ark. (1991) tarafından bildirilen kritik konsantrasyonun (75 mg kg<sup>-1</sup>) oldukça üzerindedir. Bu durum bitkide B'un toksik etkisine bağlı olarak yaş ve kuru bitki ağırlığındaki azalmayı açıklamaktadır. Benzer şekilde Güneş ve ark. (1999), Alpaslan ve Güneş (2001), tarafından domates bitkisiyle yürütülen çalışmada da 20 mg kg<sup>-1</sup> B uygulamasıyla toksik etki görülmüştür. Bergmann (1992) ve Marschner (1995) tarafından da bildirildiği gibi, B'un akümüülasyonu, bitkinin yaşlı aksamında genç aksamına göre daha yüksek olmuştur. Taşınımı büyük ölçüde transpirasyona bağlı olan B, özellikle yaşlı yapraklarda birikmektedir. Dolayısıyla B toksisitesine bağlı ilk belirtilerde yaşlı yapraklarda ortaya çıkmaktadır (Nable ve ark. 1990). Bu çalışmada da özellikle 20 mg kg<sup>-1</sup> ve üzerindeki B seviyesinde yetiştirilen bitkilerin öncelikle yaşlı yapraklarında koyu kahverengi benekler ve yaşlı yaprakların kenarlarında sarama şeklinde kendini göstermiştir.

Bitkinin genç ve yaşlı aksamlarında, toksik etkinin görülmeye başladığı 20 mg kg<sup>-1</sup> ve daha sonraki düzey olan 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulaması ile B konsantrasyonlarındaki artışlar, fosfor uygulamaları ile azalmıştır. Burada fosforun, ortamda yüksek düzeyde bulunan B'un alimini engellemede etkili olduğunu söylemek mümkündür. Bitkilerin yaş ve kuru ağırlığında görülen B toksisitesine bağlı olan azalmalar, P uygulaması ile daha düşük düzeyde olmuştur. Dolayısıyla B toksisitesi, P uygulamasıyla kısmen giderilmiştir. Benzer konuda çalışmalar yürüten araştırmacılar da P<sup>1</sup> un B toksisitesini engellemede etkili olduğunu değişik bitkilerde belirlemişlerdir. (Pollard ve ark. 1977, Singh ve ark. 1990, Güneş ve ark. 1999).

Bitkilerin P konsantrasyonu artan P uygulamaları ile artış göstermiştir. Buna ilave olarak gerek genç gerekse yaşlı aksamda P konsantrasyonu artan B düzeylerine bağlı olarak bir artış göstermiştir. Bu artışı özellikle 40 mg kg<sup>-1</sup> B uygulaması ile bitki kuru ağırlığından meydana gelen azalmaya bağlı olarak açıklamak mümkündür.

Bor toksisitesi bitkisel üretimi sınırlandıran ve önemli miktarlarda ürün kayıplarına neden olan bir beslenme problemidir. Bor toksisitesi görülen toprakları ıslah etmek oldukça zor bir çözümdür. Islah yöntemlerinin genellikle maaliyeti ve zahmeti yüksektir. Ayrıca soruna sebep olan faktörler (drenaj bozukluğu, sulama sularındaki yüksek B gibi) ortadan kaldırılmadığı sürece, ıslah çalışmalarının başarısı da sınırlıdır. Bu durumda olumsuz toprak şartlarına toleransı yüksek bitki çeşitlerini seçmek veya bitki besin maddeleri arasında mevcut olan interaksiyonlardan yararlanarak bu sorunun üstesinden gelmek mümkündür. Bu çalışmada fosforun, domates bitkisinde B toksisitesini engellediği sonucuna varılmıştır. Diğer bitki çeşitleri ve farklı özellikteki topraklarla çalışılarak fosforun B toksisitesini engellemedeki etkileri daha kapsamlı olarak görülebilir. Bu sayede B toksisitesinin neden olduğu ekonomik kayıpları önlemek mümkündür.

#### Kaynaklar

- Alkan, A. 1994. Orta Anadolu ve GAP Bölgelerinde Yetiştirilen Değişik Arpa ve Buğday Genotiplerinin Bor Beslenme Statüsünün Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Alpaslan, M. ve A. Güneş, 2001. Interactive effects of boron and salinity stress on the growth, membrane permeability and mineral composition of tomato and cucumber plants. *Plant and Soil*, 236, 123-128.
- Bergmann, W. 1992. Nutritional Disorders of Plants. Pp 204-239, Gustav Fischer, New York.
- Bingham, F. T., A. L. Page, N. T. Coleman and K. Flach, 1971. Boron adsorption characteristics of selected soils from Mexico and Hawaii. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 35, 546-550.
- Eken, D. 1996. İç Anadolu Bölgesi Kahverengi Büyük Toprak Grubunun Çeşitli Fazlarına Ait Toprakların Bazı Mikrobeyin Maddesi Kapsamları. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Güneş, A., M. Alpaslan, Y. Çıkılı ve H. Özcan, 1999. Effects of zinc on the alleviation of boron toxicity in tomato. *J. of Plant Nutr.*, 22 (7) 1061-1068.
- Güneş, A. 2000. Ekmeklik (*T. aestivum*) ve makarnalık (*T. durum*) buğday genotiplerinin bor alımı üzerine fosforun etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 6 (4) 44-48.
- Güneş, A., M. Alpaslan, 2000. Boron uptake and toxicity in maize genotypes in relation to boron and phosphorus supply. *J. Plant Nutr.*, 23 (4) 451-550.
- Jones, Jr. J. B., B. Wolf and H. A. Mills, 1991. *Plant Analysis Handbook*. Macro Micro Publishing Inc. USA.
- Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. 2 Bitki Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları:453, Uygulama kılavuzu: 155, Ankara Üniv. Basımevi, Ankara.
- Keren, R. and F. T. Bingham, 1985. Boron in water, soils and plants. *Adv. Soil Sci.*, 1, 230-276.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2<sup>nd</sup> ed Academic Press, New York. Pp. 379-396.
- Nable, R. O., G. S. Banuelos and J. G. Paull, 1997. Boron Toxicity. In: *Plant and Soil. Proceedings*. Eds. R. W. Bell and B. Rekasem, pp 198: 181-198.
- Nable, R. O., J. G. Poul and B. Cartwright, 1990. Problems associated with the use of foliar analysis for diagnosing boron toxicity in barley. *Plant Soil*, 128, 225-232.
- Önel, A. 1981. Marmara Bölgesi'nde Bazı Su ve Toprak Kaynaklarının Bor, Arsenik ve Kömürden Kirlenmesi ile Alınması Gerekli Tedbirler. DSİ Gn. Md. Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı, Cilt II, s: 686-722, Ankara.
- Pollard, A. S., A. J. Parr and B. C. Loughman, 1977. Boron in relation to membrane function in higher plants. *J. Exp. Bot.*, 28, 831-841.
- Reisenauer, H. M., L. M. Walsh and R. G. Hoefft, 1973. Testing Soils For Sulphur, Boron, Molybdenum and Chlorine. In: *Soil Testing and Plant Analysis*. Eds. L. M. Walsh and J. D. Beaton. Rev. Ed. pp 173-200. Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Sillanpaa, M. 1982. *Micronutrients and the Nutrient Status of Soils: A Global Study*. FAO Soils Bulletin 48. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Singh, S. P., D. J. Dahiya and R. P. Narwal, 1990. Boron uptake and toxicity in wheat in relation to zinc supply. *Fertilizer Research*, 24, 105-110.
- Ural, E. 1995. Türkiye'nin Çevre Sorunları. Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara,.
- Wolf, B. 1974. Improvements in the azomethine-H method for the determination of boron. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.*, 5 (1) 39-44.

İletişim adresi:

Aydın GÜNEŞ

Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü-Ankara

Tel: 0312 317 05 50/1332

Fax: 0 312 317 84 65

E-mail: agunes@agri.ankara.edu.tr