

Mahmut YILDIZTEKİN<sup>1</sup>  
Atilla Levent TUNA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Köyceğiz Meslek  
Yüksekokulu, 48800 Muğla/Türkiye

<sup>2</sup>Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi,  
Biyoloji Bölümü, 48000 Muğla/Türkiye  
e-posta: mahmutyildiztekin@mu.edu.tr

## **Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Bitkisi Polikültür Koşullarda Yetiştirildiğinde Bor Alımı Etkilenir mi?**

Is The Boron Uptake Affected When Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Grown At Poly Culture Systems?

Alınış (Received): 28.11.2014

Kabul tarihi (Accepted): 24.02.2015

### **Anahtar Sözcükler:**

Ayçiçeği, Bor, Buğday, Mono-polikültür,  
Yonca

### **Key Words:**

Boron, Clover, Mono-Polyculture,  
Sunflower, Wheat

### **ÖZET**

**B**u çalışmada, ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin tek ekim olarak yetiştirilmesinin yanısıra, buğday (*Triticum aestivum* L.) ve yonca bitkileri (*Medicago sativa* L.) ile birlikte ekimi yapılmıştır. Bor uygulaması ( $H_3BO_3$ ) formunda ve 25-50-75 mg L<sup>-1</sup> bor konsantrasyonlarında yapraktan yapılmıştır. Hasat sonrası bitkilerin kuru ve yaş ağırlıkları, klorofil, karotenoid ve prolin miktarları ile yaprakların B, Ca, K ve P içerikleri belirlenmiştir. Monokültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin yapraklarında %KM ile toplam klorofil ve karotenoid miktarları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında genel olarak azalırken, ayçiçeğinin polikültür ekiminde, adı geçen parametrelerde artış görülmüştür. Monokültür yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yapraklarında % EC ve prolin kapsamında da artış tespit edilmiş, fakat ayçiçeği bitkisinin, buğday ve yonca ile polikültür olarak yetiştirilmesi sonucu bu değerlerde de düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Ayçiçeği bitkisinin yaprak bor kapsamı ise, buğday ve yonca ile birlikte ekildiğinde önemli oranlarda azalmış ve diğer bazı makro elementlerin alımı olumlu etkilenmiştir. Sonuç olarak, B problemi varlığında ayçiçeği bitkisi yetiştiriciliğinde farklı bitkilerle polikültür uygulamasının ayçiçeği bitkisinin B alımını azaltarak bitkide bor toksisitesine bağlı olumsuzlukları azaltabileceği yargısına varılmıştır.

### **ABSTRACT**

**I**n this study, sunflower (*Helianthus annuus* L.) was growth alone and with wheat (*Triticum aestivum* L.) and clover plants (*Medicago sativa* L.). Boron at 25-50-75 mg L<sup>-1</sup> concentrations was applied by the foliarly in the forms of Boric acid ( $H_3BO_3$ ). Following the yield, dry and fresh weights, chlorophyll, carotenoid and prolin contents was determined. B, Ca, K and P contents on the leaves were also determined. While total chlorophyll and carotenoid contents with DW% on the leaves of the sunflower planted monoculture system generally decreased, the same parameters increased at the poly-culture system planting. EC% and prolin contents on the leaves increased at monoculture planting but they decreased on the ones planted with wheat and clover together. When it comes to boron content; it seriously decreased when it was planted with wheat and clover but some macro elements increased. Finally, if the sunflower grows as polyculture system with the different higher plants, boron uptake decrease so it prevents some problems caused by boron toxicity.

### **GİRİŞ**

Bor bitkilerce borik asit ( $H_3BO_3$ ) ve borat  $B(OH)_4^-$  şeklinde alınmaktadır. Bor ihtiyacı ve alımı yönünden bitkiler ayırım göstermekte ve bu durum genotipik

karakterlerden kaynaklanmaktadır. Tarım topraklarında olması istenen bor konsantrasyonu 0.5-5 mg L<sup>-1</sup> arasında değişmektedir. Ancak bu değerler bitkilerin bor gereksinim düzeylerine göre de değişmektedir.

Örneğin bir monokotil olan buğday bitkisinin yapraklarında borun yeterlilik düzeyi 5-10 mg L<sup>-1</sup> iken bu değer dikotillerden domates, üçgül gibi bitkilerde 20-70 mg L<sup>-1</sup> ve şeker pancarında ise 30-200 mg L<sup>-1</sup>'dir. Buda topraktan veya yapraktan bitkiye uygulanacak bor gübrelemesinde oldukça hassas olmayı gerektirecek bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (Kacar ve Katkat, 1999).

Artan nüfusla birlikte beslenme, dünyada ve ülkemizde bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Birim alandan yüksek verim alınmasını sağlayarak küçük alanların marjinal şekilde değerlendirilmesine olanak veren, ayrıca bor bakımından kirlenmiş topraklarda birbirleri ile uyumlu ve bor toleransı farklı bitkilerin seçilmesiyle birlikte ikinci ürün tarımına geçilmesi gerektiği kaçınılmaz bir gerçektir.

Aynı alan ve zamanda birden fazla bitki türünün birlikte yetiştirilmesi anlamına gelen birlikte ekim, monokültür tarımın söz konusu problemlerini azaltabilecek; modern tarımla uyumlu, ekonomik ve/veya ekolojik alternatif bir tarım tekniğidir (Kass, 1978).

Bitki yetiştiriciliğinde polikültür sistemlerinin başarısındaki ilk önemli şart uygun bitkilerin seçilmesidir. Bu seçim her bölgeye ve o bölgenin ekolojik şartlarına göre değişmekle birlikte, bitkiler arasında "Agronomik interaksiyon" denilen ilginin varlığına da bağlıdır (Song et al., 2007).

Sonbaharda domates yetiştiriciliğinin ekseriyetle marul ile birlikte yapıldığı, Bibb marul çeşidinin Grand Rapids çeşidine göre domates ile birlikte yetiştiricilikte daha uygun olduğunu saptamışlardır. Bu sistemin dezavantajının marul için 18°C'nin altındaki optimum sıcaklık isteğinin, domateslerde ilk salkımda meyve tutumu ve polen üretimini azalttığı bildirilmiştir (Wittwer and Honma, 1979).

Tanzanya'da yapılan bir araştırmada, mısır, soya ve yem bezelyesini, aynı ve farklı ocaklarda yetiştirdikleri çalışmada, birlikte yetiştirmenin komponent türlerin verimlerini önemli ölçüde azalttığını, oransal verim toplamı değerinin karışım ekimlerde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Herbert et al., 1984).

1980-81 yıllarında ABD'de yapılan diğer bir çalışmada, saf mısır (M) ve saf soya (S) fasulyesi yanında, 2M+2S, 2M+1S, 1M+1S, 1M+2S ve aynı sırada M+S karışımlarını inceledikleri denemelerinde, birlikte üretim sistemlerinden hemen hemen saf mısırla aynı kuru madde ürünü elde edildiğini bildirmişlerdir (May and Misangu, 1982).

Çalışmamızda, yağ bitkileri üretiminin başında yer alan ana ürün olarak ayçiçeği bitkisi belirlenmiştir. Bununla birlikte, ülkemiz serin iklim tahılları üretiminin büyük bir bölümünü buğday oluşturduğundan ikinci ürün olarak buğday bitkisi ve son ürün olarak da yem bitkisi olarak dünya çapında yetiştirilen, bunun yanında toprak ve suyu muhafaza etme özelliği ile yonca bitkisi kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, bor tolerans sınırları yüksek olan ayçiçeği bitkisi ana bitki olarak seçilirken, ara bitkiler olarak da bor gereksinimi orta düzeyde olan yonca ve az olan buğday bitkisi tercih edilmiştir. Ayçiçeği bitkisinin kritik bor değeri kuru maddede 80-100 mg B kg<sup>-1</sup> olarak rapor edilmiştir (Kacar ve Katkat, 2007).

Bu çalışmada, bor alımı yönünden farklılık arz eden bitkiler seçilerek ana bitkinin bor alımının azaltılacağı varsayılmıştır. Ortamda Bor problemi varlığında, ayçiçeği bitkisinin, buğday ve yonca bitkileri ile polikültür olarak yetiştirilmesi sonucu bitkinin bor alımını ve bazı stres parametrelerini hangi yönde etkilediği hususu bu çalışmanın ana amacıdır. Monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinde farklı bor uygulamalarının bitkinin beslenme durumuna olası etkileri de, yaprak makro element kapsamı belirlemek suretiyle ortaya konmuştur.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, sera koşullarında 25 L'lik saksılarda ve torf:kum (3:1) ortamında saksı denemesi olarak tasarlanmış olup, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. Saksılara deneme başlangıcında 10 buğday, 5 ayçiçeği ve 20 yonca tohumu ekilmiş, çimlenmeden sonra büyümenin genç fide döneminde 6 buğday, 2 ayçiçeği ve 15 yonca fidesi kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Denemede uygulanan bor dozları, yapılan literatür araştırmaları neticesinde belirlenmiş olup 25-50-75 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında ve borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) formunda yaprak yoluyla bir hafta arayla toplamda 5 uygulama yapılmıştır. Bor uygulaması yapılırken, polikültür olarak aynı saksıda yetiştirilen 2 farklı bitkiye homojen bir püskürtme yapılmasına özen gösterilmiştir. Kontrol bitkilerine hiçbir kimyasal uygulama yapılmamış olup sadece Hoagland besin çözeltisi verilmiştir. Çalışmada kullanılan Hoagland besin çözeltisindeki mineral maddelerin bulunma oranları şöyledir: 270 mg L<sup>-1</sup> azot, 30 mg L<sup>-1</sup> fosfor, 240 mg L<sup>-1</sup> potasyum, 200 mg L<sup>-1</sup> kalsiyum, 60 mg L<sup>-1</sup> kükürt, 50 mg L<sup>-1</sup> magnezyum, 3 mg L<sup>-1</sup> demir, 0,5 mg L<sup>-1</sup> mangan, 0,5 mg L<sup>-1</sup> bor, 0,02 mg L<sup>-1</sup> bakır, 0,05 mg L<sup>-1</sup> çinko. Bitkiler 90 günün sonunda hasat edilmiştir. Hasat sonrası bitkilerin yağ

ve kuru ağırlıkları, klorofil karotenoid ve prolin miktarları ile yaprakların B (bor), Ca (kalsiyum), K (potasyum) ve P (fosfor) içerikleri belirlenmiştir. Bu çalışmada, ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. cv. TR 3080) bitkisinin tek ekim olarak yetiştirilmesinin yanısıra, ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Flamura-85) ve yonca (*Medicago sativa* L. cv. Alsancak) bitkileri ile polikültür olarak yetiştirilmesinin bor alımına etkisi değerlendirilmiştir.

#### Deneme deseni aşağıdaki gibi planlanmıştır;

- 1) Ayçiçeği (kontrol\*)
- 2) Ayçiçeği (25B\*\*)
- 3) Ayçiçeği+Buğday (25B)
- 4) Ayçiçeği+Yonca (25B)
- 5) Ayçiçeği (50B)
- 6) Ayçiçeği+Buğday (50B)
- 7) Ayçiçeği+Yonca (50B)
- 8) Ayçiçeği (75B)
- 9) Ayçiçeği+Buğday (75B)
- 10) Ayçiçeği+Yonca (75B)

\*Kontrol grubuna sadece besin çözeltisi verilmiştir.

\*\*H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> olarak Bor konsantrasyonu (mg L<sup>-1</sup>)

#### Kuru madde miktarı (% KM):

Hasat sonrası yaş bitki örnekleri etüvde 48 saat 70°C'de bekletilip son iki tartım eşit olduğunda etüvden çıkarılıp kuru ağırlıklar hesaplanmıştır.

#### Membran permeabilitesi (% EC):

Hasat sonrası laboratuvara getirilen her bir bitkinin yapraklarından 1 cm çapında diskler alınmış, diskler saf su ile yıkandıktan sonra cam şişelere 20'şer adet konularak üzerlerine 10'ar ml saf su ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler 24 saat çalkalayıcıda bırakılmış ve ardından şişelerdeki saf su tüpe boşaltılıp EC metrede EC<sub>1</sub> değeri ölçülmüştür. Ardından su şişelere geri konularak 120°C'de 20 dakika otoklavlanmış ve EC<sub>2</sub> değeri ölçülmüştür. Hesaplama  $EC_1/EC_2 \times 100$  formülünden yapılarak % EC değeri bulunmuştur (Lutts et al., 1996).

#### Klorofil ve Karotenoid tayini:

Her bir bitkinin yapraklarından 0.5'er gr alınmış ve havanda MgCO<sub>3</sub> ve 15 ml % 80'lik aseton ilavesiyle tokmakla ezilip ekstraktı çıkartılmıştır. Karışım santrifüj tüpüne konup üzerine 5 ml aseton konarak 5 dakika santrifüj edilmiş, üst fazdan 4 ml çekilip üstüne 12 ml aseton konulup çalkalanarak 645 ile 663 nm'de spektrofotometrede okunmuştur. Sıfır ayarı % 80'lik aseton ile yapılmış ve karotenoid tayini için de 450 nm'de okuma yapılmıştır (Strain and Svec, 1966).

#### Prolin tayini:

0.5 gr yaş bitki örneği alınarak % 3'lük sülfosalisilik asit ile parçalanmış ve daha sonra filtre edilmiştir. Filtre edilen örnekten 2 ml alınmış üzerine 2 ml asetik asit ve 2 ml ninhidrin reagent konulmuştur. Ninhidrin reagent; ninhidrin, asetik asit ve ortofosforik asit kullanılarak hazırlanmıştır. Daha sonra tüplere konulan örnekler 1 saat 100°C'de su banyosunda tutulmuş, reaksiyon buzda sonlandırılmıştır. Soğuyan örneklerin üzerine 4 ml toluen eklenmiş, vortekslenmiş ve 520 nm'de spektrofotometre'de okunmuştur. Daha sonra prolin standartlarıyla hesaplama yapılmıştır (Bates et al., 1973).

#### Yapraklarda B, Ca, K ve P tayini:

Yaprak örneklerinde makro element ve Bor analizi Kacar (1992)'a göre yapılmış ve sonuçlar kuru madde esasına göre mM kg<sup>-1</sup> olarak verilmiştir.

#### Veri analizi:

Çalışmada SPSS paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Gruplar arası farklılığın p<0.05'e göre istatistiksel anlamda farklı çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için LSD testi yapılmıştır.

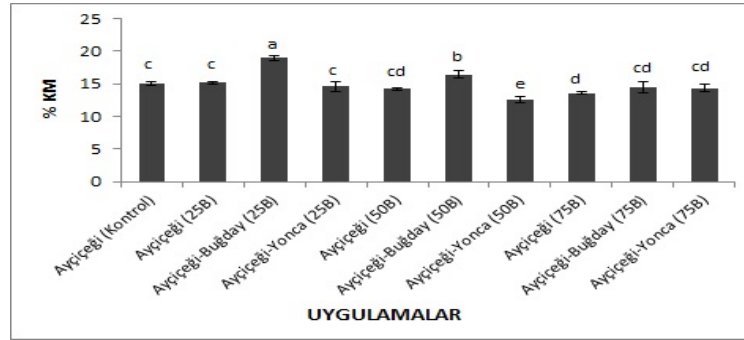
## BULGULAR ve TARTIŞMA

### % Kuru madde

25-50-75 (mg L<sup>-1</sup>) bor uygulaması neticesinde monokültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin yaprak % KM oranını kontrole göre genel anlamda azaltmıştır. Bununla birlikte özellikle 25 ve 50 mg L<sup>-1</sup>'lik bor uygulamaları ile polikültür yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yapraklarında saptanan % KM oranı, monokültüre göre önemli düzeyde yükseltmiştir. Örneğin 25 mg L<sup>-1</sup> bor uygulamasında %15.15 olan monokültür ayçiçeğinin yaprak % KM değeri buğday polikültüründe %18.98 olarak belirlenmiştir. Uygulanan diğer bor dozlarında da benzer durumlar tespit edilmiştir (Şekil 1). Bu durum, monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin kuru madde kapsamı arasında yetiştirme tekniğine bağlı olarak önemli oran-da bir farkı yansıtmaktadır. Baykal ve Öncel (2006)'in yapmış oldukları çalışmada bor toksisitesi altında yetiştirilen buğday fidelerine uygulanan bor konsantrasyonunun artışına bağlı olarak % kuru madde miktarında azalma olduğu rapor edilmiştir. Song et al. (2007), buğday ve mısır

bitkilerini solo ve birlikte yetiştirdikleri iki yıllık çalışmalarında, her iki yılda da buğday bitkisinin solo olarak yetiştirilmesiyle karşılaştırıldığında mısır ile polikültür edildiğinde ürün miktarının sırasıyla % 26 ve % 24 oranlarında arttığını rapor etmişlerdir. Inal ve ark. (2007), yerfıstığı / mısır polikültüründe, monokültürle karşılaştırıldığında daha düşük kuru

madde oranlarıyla karşılaşmışlar, ancak polikültür olarak yetiştirilen bitkilerin daha sağlıklı olduklarını ve Fe noksanlık semptomu göstermediğini rapor etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda elde ettiğimiz veriler ile yukarıda bahsedilen literatür araştırmaları arasında benzer bulgular tespit edilmiştir.



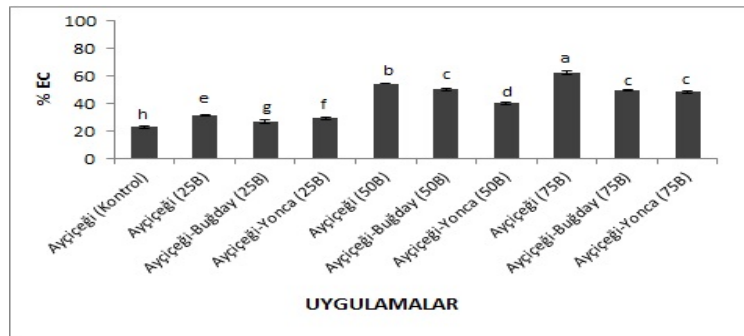
**Şekil 1.** Farklı bor uygulamalarının monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yapraklarının % KM kapsamı üzerine etkileri. Şekilde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

**Figure 1.** Effects of different boron treatments on % DW of sunflower plants grown under monoculture and polyculture system

### Membran geçirgenliği (% EC)

Bor problemi varlığında yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin yapraklarında tespit edilen % EC değerlerine bakıldığında monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen bitkiler arasında fark gözlenmektedir. Şekil 2'den de görüleceği gibi uygulanan bor dozlarına bağlı olarak monokültür ayçiçeği bitkisinin % EC değerlerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir. Örneğin 25 ( $\text{mg L}^{-1}$ ) bor uygulamasında monokültür yetiştirilen ayçiçeği bitki yaprağında belirlenen % EC değeri yaklaşık olarak % 32 iken, bu değerler Ayçiçeği-Buğday polikültüründe % 27, Ayçiçeği-Yonca polikültüründe ise % 29 olarak tespit edilmiştir. Bu durum ayçiçeğinin polikültür olarak yetiştirilmesi ile bor toksisitesine bağlı olarak yükselen % EC değerlerinin anlamlı bir

şekilde düştüğünü göstermektedir. Karabal ve ark. (2003)'un yapmış oldukları bir çalışmada % EC miktarının bor uygulamalarına bağlı olarak artış gösterdiği saptanmıştır. Bunun yanısıra Gunes ve ark. (2006), asma bitkisine 3 farklı dozda bor uygulaması yapmış ve artan bor dozuna bağlı olarak % EC değerinin de arttığını belirtmişlerdir. %EC değerleri ile stres altındaki bitkilerin yapraklarında artan membran permeabilite-sinin bir sonucu olarak yükseliş gösteren MDA (Malondialdehyde) arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Ren et al. (2008), pirinç ile polikültür olarak yetiştirilen kavun yapraklarında MDA oranının monokültür kavuna göre yaklaşık % 300 oranında daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir.



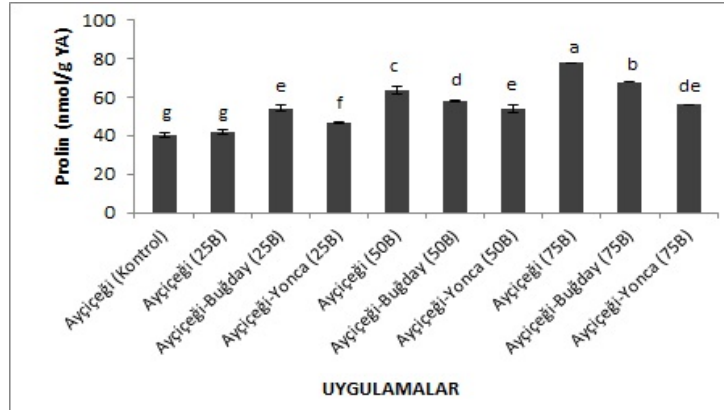
**Şekil 2.** Farklı bor uygulamalarının monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yapraklarının % EC kapsamı üzerine etkileri. Şekilde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ( $p < 0.05$ ).

**Figure 2.** Effects of different boron treatments on % EC of sunflower plants grown under monoculture and polyculture system

### Prolin kapsamı

Bor konsantrasyonları yükseldikçe monokültür yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin yapraklarında saptanan prolin kapsamları da artış göstermiştir. Ancak ayçiçeğinin polikültür yetiştirilmesiyle birlikte yaprak prolin kapsamlarında anlamlı düşüşler saptanmıştır. Örneğin monokültür ekilen ayçiçeğinde 75 mg L<sup>-1</sup>lik bor konsantrasyonunda yaprak prolin kapsamı 78 (nmol/g YA) iken, buğday ile polikültüründe bu değer yaklaşık % 13 azalarak 68 (nmol/g FW) olmuştur. Benzer sonuç-

lar diğer bor konsantrasyonlarında da elde edilmiştir (Şekil 3). Selçuk (1999) yaptığı bir çalışmada, makarnalık ve ekmeçlik buğday çeşitlerinde 10 mM borik asit uygulamasının buğday bitkisinin kök ve yapraklarında prolin miktarını artırdığını saptamıştır. Ayrıca Yıldıztekin (2012), domates bitkisi yapraklarına farklı bor konsantrasyonları ve pestisit uygulamaları neticesinde yaprak prolin miktarlarında kontrole göre artış rapor etmiştir. Bu bulgular elde ettiğimiz sonuçlarla örtüşmektedir.



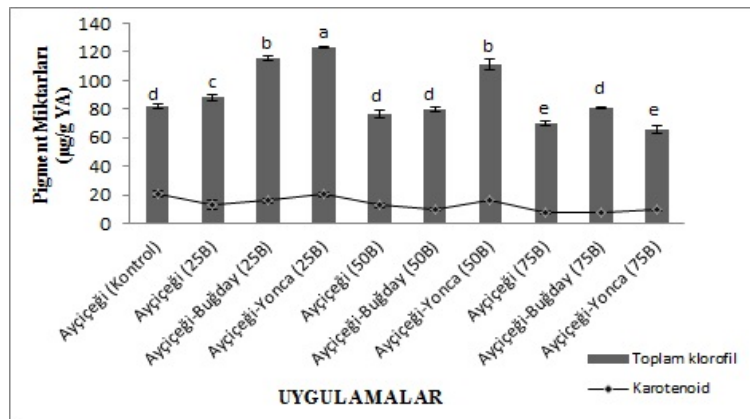
**Şekil 3.** Farklı bor uygulamalarının monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yapraklarının prolin kapsamları üzerine etkileri. Şekilde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

**Figure 3.** Effects of different boron treatments on proline contents of sunflower plants grown under monoculture and polyculture system

### Toplam klorofil ve karotenoid kapsamları

Bor uygulamalarının artması ile monokültür olarak yetiştirilen ayçiçeğinin yapraklarında tespit edilen toplam klorofil miktarları kontrole göre azalış göstermiştir. Yani, kontrol ile kıyaslanması sonucu en fazla azalış % 15 ile ayçiçeği (75 mg L<sup>-1</sup> B) tek ekiminde

ve % 19 ile Ayçiçeği-Yonca (75 mg L<sup>-1</sup> B) birlikte ekiminde tespit edilmiştir (Şekil 4). Buna göre, özellikle 25 ve 50 mg L<sup>-1</sup>lik Bor uygulamalarında polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yaprakların toplam klorofil kapsamlarında önemli oranda artış gözlenmiştir.



**Şekil 4.** Farklı bor uygulamalarının monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yapraklarının toplam klorofil ve karotenoid kapsamları üzerine etkileri. Şekilde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

**Figure 4.** Effects of different boron treatments on total chlorophyll and carotenoid contents of sunflower plants grown under monoculture and polyculture system

Karotenoid kapsamlarına bakıldığında ise, monokültür yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin artan bor konsantrasyonlarına (25, 50 ve 75 mg L<sup>-1</sup>) bağlı olarak anlamlı bir azalış tespit edilmiştir. Bu durumun aksine, polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinde ise her üç bor konsantrasyonunda da (25, 50 ve 75 mg L<sup>-1</sup>) yaprakların karotenoid kapsamlarında artış olduğu gözlenmiştir. Örneğin, 25 mg L<sup>-1</sup> bor uygulamasında monokültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yapraklarında saptanan karotenoid miktarı 13.46 (µg/g YA) iken, Ayçiçeği-Buğday polikültüründe bu oran 16.09 (µg/g YA)'e yükselmiştir (Şekil 4). Nable et al. (1997) yapmış oldukları çalışmalarında, bor stresine maruz kalmış bitkilerde ilk toksite belirtilerinin klorofil konsantrasyonunda azalma şeklinde ortaya çıktığını rapor etmişlerdir.

Bununla birlikte Bor elementi, bitki büyüme ve gelişmesi yönünden ön görülen sınır değerlerinin üzerine çıkması sonucunda fotosentetik metabolizmada olumsuz etkiler meydana getirdiği yapmış olduğumuz analizler sonucu belirlenmiştir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda uygulanan Bor'un polikültür yöntemiyle yetiştirilen ana bitkinin yanı sıra ara bitkiler tarafından da paylaşılması ile stres faktörünün hafifletilmiş olabileceği ve bunun neticesinde de yaprak klorofil ve karotenoid kapsamında artışa neden olduğu ön görülmektedir. Çalışmamıza benzerlik gösteren Wang et al. (2011) yapmış oldukları bir çalışmada, bor stresi koşulları altında armut yapraklarındaki fotosentetik pigment miktarlarında önemli bir azalış tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada, bor stresine maruz kalmış bitkilerde kontrol grubuna göre yapraklarındaki Kl-a, Kl-b, Car ve Kl a/b miktarlarında azalış olduğunu rapor etmişlerdir. Zuo et al. (2000) mısır ile polikültür olarak yetiştirilen

yerfistiğinin Fe beslenmesi ve klorofil kapsamı üzerine yaptığı çalışmalarında mısır ile polikültür olarak yetiştirilen yerfistiğinin genç yapraklarındaki klorofil kapsamının solo yerfistiği yetiştiriciliğine oranla önemli ölçüde arttığını rapor etmişlerdir.

#### Makro element ve Bor kapsamları

Artan bor uygulamaları monokültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin yaprak bor kapsamlarını kontrole göre önemli olarak yükseltmiştir. Ancak özellikle 50 ve 75 mg L<sup>-1</sup>lik Bor uygulamaları ile polikültür yetiştirilen ayçiçeğinin yaprak Bor kapsamları monokültüre göre önemli olarak azalmıştır. Örneğin 75 mg L<sup>-1</sup> Bor uygulamasında 303 mg L<sup>-1</sup> olan monokültür ayçiçeğinin yaprak Bor kapsamı buğday polikültüründe %27 oranında azalarak 221 mg L<sup>-1</sup>'e düşmüştür. (Çizelge 1). Bu durum, polikültür olarak yetiştirilen bitkilerin yetiştirme ortamındaki bor elementini rekabet esaslarına göre paylaşmalarıyla ve bünyelerinde azaltmalarıyla açıklanabilir. Ayrıca farklı konsantrasyonlarda Bor uygulamaları yaprakların Ca, K ve P kapsamlarını da önemli oranda etkilemiştir. Monokültür ayçiçeği bitkisinin yaprak Ca kapsamı Bor uygulamalarıyla beraber azalma göstermiş, ancak 75 mg L<sup>-1</sup>lik Bor uygulamasında yaprakların Ca kapsamı polikültürde önemli oranda artmıştır. Benzer durum K ve P için de geçerlidir. İlginç şekilde B kaynağının, çoğu bitkide diğer elementler (P, K, Ca gibi) üzerinde değişik (pozitif veya negatif) etkiler gösterdiği birçok araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada da yüksek konsantrasyonlarda uygulanan Bor; monokültür yetiştiriciliğinin aksine polikültür sistemi ile yetiştirilen bitkilerin yapraklarında belirlenen Ca, K ve P konsantrasyonları üzerine olumlu etki göstermiştir.

**Çizelge 1.** Farklı bor uygulamalarının monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yapraklarının makro element ve bor kapsamları üzerine etkileri.

**Table 1.** Macro elements and boron contents in leaves of sunflower plants grown under monoculture and polyculture system

UYGULAMALAR	Bor (B) mg L <sup>-1</sup>	Kalsiyum (Ca) mM kg <sup>-1</sup>	Potasyum (K) mM kg <sup>-1</sup>	Fosfor (P) mM kg <sup>-1</sup>
<b>Ayçiçeği (Kontrol)</b>	14.57±0.88(i)	74.63±0.09(c)	134.57±0.15(b)	103.33±0.88(b)
<b>Ayçiçeği (25B)</b>	99.33±0.88(h)	61.80±0.06(e)	125.93±0.07(d)	83.00±0.58(e)
<b>Ayçiçeği+ Buğday (25B)</b>	96.27±0.88(h)	77.53±0.09(b)	110.33±0.09(f)	101.00±0.58(c)
<b>Ayçiçeği + Yonca (25B)</b>	105.17±1.49(g)	56.93±0.09(f)	126.87±0.09(c)	104.00±0.58(b)
<b>Ayçiçeği (50B)</b>	206.43±0.87(d)	54.87±0.09(g)	97.63±0.09(i)	54.00±0.58(h)
<b>Ayçiçeği + Buğday (50B)</b>	185.40±1.55(f)	54.83±0.09(g)	105.23±0.03(h)	57.33±0.88(g)
<b>Ayçiçeği + Yonca (50B)</b>	194.30±0.058(e)	47.53±0.09(h)	99.97±0.09(i)	75.00±0.58(f)
<b>Ayçiçeği (75B)</b>	303.77±2.45(a)	57.00±0.06(f)	117.17±0.09(e)	73.00±0.58(f)
<b>Ayçiçeği + Buğday (75B)</b>	221.90±0.62(c)	69.80±0.12(d)	108.70±0.06(g)	97.67±0.88(d)
<b>Ayçiçeği + Yonca (75B)</b>	276.83±0.27(b)	80.20±0.06(a)	168.67±0.09(a)	216.67±0.88(a)

\*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemlidir (p<0.05).

Bu durum yüksek konsantrasyonlarda uygulanan Bor'un ara bitkiler tarafından paylaşılması ile Bor toksisitesinin kısmen hafifletildiğini düşündürmektedir. Buna göre, özellikle yüksek Bor ( $75 \text{ mg L}^{-1}$ ) uygulaması altında bile, polikültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin yapraklarında tespit edilen makro elementlerin tümünde önemli oranda artış gözlenmiştir. Atalay (2003), buğday bitkisi besin ortamında bor miktarı arttıkça kök ve gövde bor içeriklerinin önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur. Nable and Paull (1990), arpa ve buğdayda, ortamda bor artışına paralel olarak doku bor konsantrasyonunda da artış olduğunu bildirmiştir. Inal ve ark. (2007) monokültür olarak ve yer fıstığı ile birlikte yetiştirilen mısır bitkisinin yaprak P, K ve Ca kapsamını karşılaştırdığı çalışmalarında, polikültür yetiştirilen mısır bitkisinin yaprak P ve K kapsamının daha yüksek olduğunu, Ca kapsamında ise hafif düşüş olduğunu rapor etmişlerdir. Li et al. (2001), buğday ve mısırı mono ve polikültür olarak yetiştirdikleri çalışmalarında, yaprak P ve K kapsamını değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar polikültür olarak yetiştirilen buğday ve mısır bitkisinin P ve K alımlarının, solo yetiştirilen buğday ve mısıra göre yaklaşık % 50 oranında artış gösterdiğini ileri sürmüşlerdir.

### SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma genel anlamda değerlendirildiğinde, artan bor uygulamaları monokültür olarak yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin yaprak bor kapsamını kontrole göre önemli olarak yükseltmiştir. Ancak yüksek Bor uygulamaları ile polikültür yetiştirilen ayçiçeğinin

yaprak Bor kapsamı monokültüre göre önemli olarak azalmıştır. Ayrıca Ca, K ve P konsantrasyon değerlerine bakıldığında ise monokültür yönteminin aksine polikültür yönteminde artış olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, artan bor dozuna bağlı olarak monokültür yetiştirilen ayçiçeği bitkisi yaprağının % kuru madde oranı, Toplam klorofil ve karotenoid konsantrasyonunda azalma olduğu görülmüşürken, polikültür sistemde bu değerlerin arttığı belirlenmiştir. Yine, % EC ve prolin değerlerine baktığımızda ise monokültür yetiştiricilikte artış gözlenirken polikültür yönteminde azalış olduğu yapılan analizlerle ortaya konulmuştur.

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde, bor problemi varlığında ayçiçeği bitkisi yetiştiriciliğinde; monokültür yerine buğday veya yonca bitkileri ile polikültür yöntemi ayçiçeği bitkisinin bor alımını azaltarak borun neden olduğu stres faktörünü hafifleteceği ön görüşünden dolayı tercih edilebilir. Polikültür olarak yetiştirilen bitkinin Bor alımının azalmış olması, bu çalışmadan elde edilen önemli bir bulgudur. Ayrıca literatürde bor problemi varlığında yürütülmüş herhangi bir polikültür çalışmasına rastlanmamış olup, bu durum çalışmanın özgün değerini arttırmaktadır. Buna ek olarak, bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında, herhangi bir stres faktörü olsun ya da olmasın, polikültür yetiştiriciliğin bitkilerin büyüme, gelişme ve beslenmeleri açısından bir avantaj olabileceği yargısına varılmıştır. Ancak Bor toksik topraklarda veya Bor'un topraktan verileceği geniş kapsamlı tarla denemeleri ile daha net bilimsel yargıya ulaşmakta mümkün olabilecektir.

### KAYNAKLAR

- Atalay, E., S. Gezgin and M. Babaoglu. 2003. Boron uptake of in vitro seedlings of wheat (*Triticum durum* Desf.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) as determined by ICP-AES. Journal of the Faculty of Agriculture, 17 (32): 47-52.
- Bates, L.S., R.P. Waldren and I.D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies, Plant Soil, 39: 205-207.
- Baykal, A.S. ve I. Oncel. 2006. Changes of soluble phenolic and soluble protein amounts on the tolerance of boron toxicity in wheat seedlings. Cumhuriyet Science Journal, 27: 1.
- Gunes, A., G. Söylemezoglu, A. Inal, E.G. Bagci, S. Coban and G. Sahin. 2006. Antioxidant and stomatal responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. Scientia Horticulturae, 110: 279-284.
- Herbert, S.J., D.H. Putnam, M.I. Poos-Floyd, A. Vargas and J.F. Creighton. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. Agronomy Journal, 76(4):507-510.
- Inal, A., A. Gunes, F. Zhang and I. Cakmak. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiology and Biochemistry, 45: 350-356.
- Kacar, B. 1992. Yapraktan Bardağa Çay, T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları No:23, T.C. Ziraat Bankası Matbaası, Ankara.
- Kacar, B. ve A.V. Katkat. 1999. Bitki Besleme, Uludağ Üniversitesi, Vıpaş Yayınları, Bursa.
- Kacar, B. ve A.V. Katkat. 2007. Bitki Besleme, 3. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım.
- Karabal, E., M. Yücel and H.A. Öktem,. 2003. Antioxidant response soft tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. Plant Science, 164: 925-933.
- Kass, D.C.L. 1978. Polyculture cropping systems, review and analysis. Cornell International Agricultural Bulletin, 32.
- Li, L., J. Sun, F. Zhang, X. Li, S. Yang and Z. Rengel. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping. I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Crops Research, 71: 123-137.

- Lutts, S.J., M. Kinet and J. Bouharmont. 1996. NaCl- induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany*, 78: 389- 398.
- May, K.W. and R. Misangu. 1982. Some observations on the effects of plant arrangements for intercropping, Proceeding of Second Symposium on Intercropping in semi-arid areas, IDRC-186e, p:34-42, Ottawa, Canada.
- Nable, R.O., Banuelos, G. S. ve Paul, J.G. (1997) Boron Toxicity, *Plant and Soil*, 193: 181-98.
- Nable, R.O. and J.G. Paull. 1990. Effect of excess grain boron concentrations on early seedling development and growth of several wheat (*Triticum aestivum*) genotypes with different susceptibilities to boron toxicity. *Plant Nutrition- Physiology and Applications*, 291- 295.
- Ren, L., S. Su, X. Yang, Y. Xu, Q. Huang and Q. Shen. 2008. Intercropping with aerobic rice suppressed *Fusarium wilt* in watermelon. *Soil Biology & Biochemistry*, 40: 834- 844.
- Selçuk, F. 1999. Türk buğday çeşitlerinin bor stresi altında fizyolojik ve biyokimyasal olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniv., Fen Bilimler Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Ankara.
- Song, N.H., X.L.Yin, G.F. Yin Chen and H. Yang. 2007. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils, *Chemosphere*, 68 (9): 1779-1787.
- Strain, H.H. and W.A. Svec. 1966. Extraction, Separation, estimation and isolation of chlorophylls, 21-66, Bernon, V.P., Seely, G.R. (eds), In the chlorophylls, Academic Pres, New York.
- Wang, J.Z., S.T. Tao, K.J. Qi, J. Wu, H.Q. Wu and S.L. Zhang. 2011. Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity. *African Journal of Biotechnology*, 10 (85): 19693-19700.
- Wittwer, S.H., S. Honma. 1979. Greenhouse Tomatoes, Lecttuce and Cucumbers. Michigan State University Pres, p: 173-203. USA.
- Yıldıztekin, M. 2012. Bazı Bor Bileşiklerinin ve Yaygın Kullanılan Pestisitlerin Domates Bitkisinin (*L. esculentum*) Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Biyoloji Bölümü, Fen Bilimler Enstitüsü, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Zuo, Y., F. Zhang, X. Li and Y. Cao. 2000. Studies on the improvement in iron nutrition of peanut by intercropping with maize on a calcareous soil. *Plant and Soil*, 220: 13- 25.