

## Farklı Ekim Sisteminde Yetiştirilen Yonca (*Medicago sativa* L.) Bitkisinin Bor Alımı Yönünden Değerlendirilmesi

Mahmut YILDIZTEKİN<sup>1</sup>

Atilla Levent TUNA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MSKÜ Köyceğiz Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretimi Bölümü, Köyceğiz, Muğla

<sup>2</sup> MSKÜ Fen Fak. Biyoloji Bölümü, Muğla

\*Sorumlu Yazar:

E-mail: mahmutyildiztekin@mu.edu.tr

Geliş Tarihi: Şubat 22, 2015

Kabul Tarihi: Nisan 06, 2015

### Özet

Bu çalışmada, bor toksik topraklarda yonca (*Medicago sativa* L.) bitkisi Alsancak çeşidinin tek ekim olarak yetiştirilmesinin yanında, Flamura-85 ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* L.) ve TR 3080 ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitki çeşitleri ile birlikte ekimi yapılmıştır. Hasat sonrası bitkilerin kuru ve yaş ağırlıkları, klorofil, karotenoid ve prolin miktarları ile yaprakların B (bor), Ca (kalsiyum), K (potasyum) ve P (fosfor) içerikleri belirlenmiştir. Her bir uygulama için 25-50-75 mg L<sup>-1</sup> borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) formunda bor (B) uygulaması bitkilere üstten püskürtülerek yapılmıştır. Ayrıca kontrol grubuna ise hiçbir kimyasal uygulama yapılmamıştır. Yapılan bor uygulamalarında monokültür olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarında % DW (kuru madde) oranı, toplam klorofil ve karotenoid miktarları kontrol grubu ile karşılaştırıldığında genel olarak azalmıştır. Ancak yonca özellikle buğday bitkisi ile birlikte ekiminde, monokültür olarak yetiştirilen yonca bitkisine göre artışlar olduğu belirlenmiştir. Monokültür yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarında saptanan % EC (membran geçirgenliği) değerleri ve prolin miktarlarında ise artış olduğu görülmüştür. Fakat yonca bitkisinin, buğday ve ayçiçeği ile polikültür olarak yetiştirilmesi sonucu değerlerde düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Yonca bitkisinin yaprak bor kapsamı değerlendirildiğinde ise, buğday ve ayçiçeği ile birlikte ekim yöntemi, tek ekime göre azaltmıştır. Bunun yanında, artan bor dozlarına bağlı olarak monokültür olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarında kontrole göre Ca, K ve P kapsamlarında azalmalar olduğu, ancak yonca bitkisinin buğday ve ayçiçeği ile polikültüründe bu değerlerin kontrole göre arttığı saptanmıştır. Sonuç olarak, B toksik topraklarda yonca bitkisi yetiştirilirken; monokültür yerine ayçiçeği ve özellikle buğday bitkisi ile polikültür olarak yetiştirilmesi; yonca bitkisinin B alımını azaltarak bitkide toksisite etkilerinin görülmesini engelleyebileceği sayısal tespitlerle belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Bor, Yonca, Ayçiçeği, Buğday, Mono-polikültür

## Boron Uptake Rates Of Clover (*Medicago sativa* L.) At Different Planting Methods

### Abstract

In this study, clover species Alsancak (*Medicago sativa* L.) was planted both monoculture, with Flamura-85 wheat (*Triticum aestivum* L.) and TR 3080 sunflower (*Helianthus annuus* L.) on boron toxic soils to see boron uptake effect of different planting methods. All plants were harvested and determined dry and wet weights of plants, chlorophyll, carotenoid and proline amounts and also, B (boron), Ca (calcium), K (potassium) and P (phosphorus) on the leaves. 25-50-75 mg L<sup>-1</sup> boric acid (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) boron was sprayed onto all three tested plants but no chemical application was done to the control group. In all applications of monoculture grown clover plant, % DW (dry matter) rate total chlorophyll and carotenoid amounts generally decreased, compared to the control group. But those parameters above increased at the group where the clover was grown together with wheat and sunflower species mentioned above. % EC (membrane permeability) and proline rate increased at monoculture planted clover whereas it decreased in the polyculture planted group. When it comes to the clovers' boron content; at polyculture planted group it decreased compared to monoculture planted group. Ca, K and P contents decreased at monoculture planting compared to the control group. But it increased at polycultural planting with wheat and sunflower compared to the control group. In conclusion, it is found that in the cultivation of clover on boron-contaminated soils, instead of monocropping, the application of polycropping method using sunflower and especially wheat can prevent boron toxicity related symptoms by providing decrease in boron uptake of the plant.

**Keywords:** Boron, Clover, Sunflower, Wheat, Mono-Polyculture

## 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 ppm arasında değişmektedir. Ancak bu değerler bitkilerin bor gereksinim düzeylerine göre de değişmektedir. Örneğin bir monokotil olan buğday bitkisinin yapraklarında borun yeterlilik düzeyi 5-10 ppm iken bu değer dikotillerden domates, üçgül gibi bitkilerde 20-70 ppm ve şeker pancarında ise 30-200 ppm'dir. Buda topraktan veya yapraktan bitkiye uygulanacak bor gübrelemesinde oldukça hassas olmayı gerektirecek bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır [1].

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 [2].

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 [3].

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 [4].

Tanzanya'da yapılan bir çalışmada, mısır, soya ve yem bezelyesini, aynı ve farklı ocaklarda yetiştirdikleri çalışmada, birlikte yetiştirilmenin komponent türlerin verimlerini önemli ölçüde azalttığını, oransal verim toplamı değerinin karışım ekimlerde daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir [5].

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 [6].

Çalışmamızda, yem bitkisi olarak dünya çapında yetiştirilen, bunun yanında toprak ve suyu muhafaza etme özelliği ile birinci ürün olarak yonca bitkisi belirlenmiştir. Bununla birlikte, ülkemiz serin iklim tahılları üretiminin büyük bir bölümünü buğday oluşturduğundan ikinci ürün olarak buğday bitkisi seçilmiş ve son ürün olarak da yağ bitkileri üretiminin başında gelen ayçiçeği bitkisi kullanılmıştır.

Bu çalışmada, bor alımı yönünden farklılık arz eden bitkiler seçilmiştir. Bor bitkiler için mutlak gerekli bir mikro besin maddesi olmasının yanısıra aynı zamanda da toksik bir elementtir. Bor toksisitesi; büyüme, gelişme ve membranların geçirgenliği gibi zararlanmaların dışında oksidatif zarara da yol açmaktadır. Bor bakımından kirlenmiş topraklarda önemli bir ekonomik değere sahip olan yonca bitkisinin, buğday ve ayçiçeği bitkileri ile

polikültür olarak yetiştirilmesi sonucu bitkinin bor alımını hangi yönde etkilediği çalışmamızın ana amacını oluşturmaktadır. Ayrıca bor toksik topraklarda, monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin beslenme durumuna olası etkileri, yaprak makro ve mikro element kapsamını belirlemek suretiyle araştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, sera koşullarında saksı denemesi olarak tasarlanmış olup tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Her bir uygulama için 25-50-75 mg L<sup>-1</sup> borik asit ( $H_3BO_3$ ) formunda bor (B) uygulaması bitkilere üstten püskürtülerek yapılmıştır. Ayrıca kontrol bitkilerine ise hiçbir kimyasal uygulama yapılmamıştır. Sadece Hoagland besin çözeltisi verilmiştir. Araştırmamızda kullanılan Hoagland besin çözeltisindeki mineral maddelerin bulunma oranları şöyledir: 270 ppm azot, 30 ppm fosfor, 240 ppm potasyum, 200 ppm kalsiyum, 60 ppm kükürt, 50 ppm magnezyum, 3 ppm demir, 0.5 ppm mangan, 0.5 ppm bor, 0.02 ppm bakır, 0.05 ppm çinko.

Bitkiler 90 günün sonunda hasat edilmiştir. Hasat sonrası bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları, klorofil, karotenoid ve prolin miktarları ile yaprakların B (bor), Ca (kalsiyum), K (potasyum) ve P (fosfor) içerikleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada, bor toksik topraklarda yonca (*Medicago sativa* L. cv. Alsancak) bitkisinin tek ekim olarak yetiştirilmesinin yanında, ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Flamura-85) ve ayçiçeği (*Helianthus annuus* L. cv. TR 3080) bitki çeşitleri ile polikültür olarak yetiştirilmesinin bor alımına etkisi değerlendirilmiştir.

Denemede gerçekleştirilen uygulamalar:

- 1) Yonca (kontrol); sadece besin çözeltisi,
- 2) Yonca (25 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+25 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,
- 3) Yonca/buğday (PK) (25 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+25 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,
- 4) Yonca+Ayçiçeği (PK) (25 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+25 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,
- 5) Yonca (50 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+50 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,
- 6) Yonca/buğday (PK) (50 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+50 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,
- 7) Yonca+Ayçiçeği (PK) (50 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+50 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,
- 8) Yonca (75 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+75 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,
- 9) Yonca/buğday (PK) (75 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+75 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,
- 10) Yonca+Ayçiçeği (PK) (75 mg L<sup>-1</sup>B): besin çözeltisi+75 mg L<sup>-1</sup> B ( $H_3BO_3$ ) uygulaması,

### Kuru Madde Miktarı (% KM)

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

### Membran Permeabilitesi (% EC)

Hasat sonrası laboratuara getirilen her bir bitkinin yapraklarından 1 cm çapında diskler alınır. Diskler saf su ile yıkanır. Yaprak örnekleri kahverengi cam şişelere 20'şer tane konulur. Üzerlerine 10'ar ml saf su ilave edilir. 12 şişe hazırlanır. Her örnekten 2 denek hazırlanır. Hazırlanan şişeler 24 saat çalkalayıcıda bırakılır. 10 ml saf su tüpe boşaltılıp EC metrede EC1 değeri ölçülür. Ardından su

şişelere geri boşaltılır. 120°C'de 20 dakika otoklavlanır. Daha sonra EC2 değeri ölçülür ve EC1/EC2×100 formülünden % EC değeri hesaplanır [7].

### Klorofil ve Karotenoid Tayini

Hasat sonrası her bir bitkinin yapraklarından 0,5'er gr alınır, kıyılır ve tartılır. Havana alınır. Spatül ucuyla CaCO<sub>3</sub> konulur ve üzerine 15 ml % 80'lik aseton ilave edilir, tokmakla ezilir ve ekstraktı çıkartılır. Karışım santrifüj tüpüne konur ve üzerine 5 ml aseton konarak 5 dakika santrifüj edilir. Üst fazdan 4 ml çekilir, üstüne 12 ml aseton konulur. Tüp çalkalanır ve 645 ile 663 nm'de ayrı ayrı spektrofotometrede okuma yapılır. Sıfır ayarı % 80'lik aseton ile yapılır. Karotenoid tayini için de 450 nm'de okuma yapılır [8].

### Prolin Analizi

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 spektrofotometrede okunmuştur. Daha sonra prolin standartlarıyla hesaplama yapılmıştır [9].

### Toprak üstü ve Toprak altı Aksamın Makro Element ve Bor Analizleri

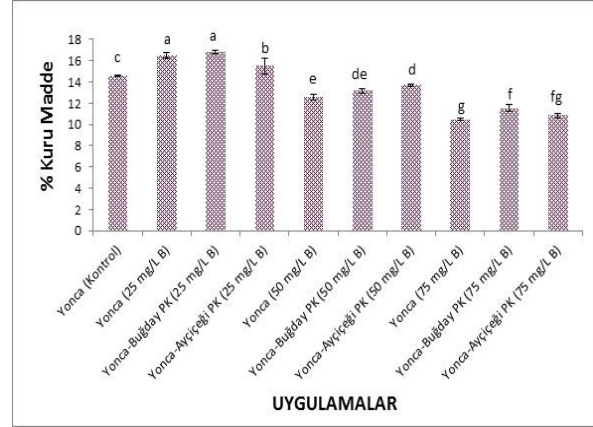
Toprak üstü ve toprak altı aksamın makro element analizi Kacar [10] 'a göre yapılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### %Kuru Madde

25-50-75 (mg L<sup>-1</sup>) bor uygulaması neticesinde % KM oranı tüm gruplarda kontrole göre genel bir azalış göstermiştir. Bununla birlikte monokültür olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarında saptanan % KM oranı, her üç bor dozunda da buğday ve ayçiçeği ile polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinde elde edilen % KM değerlerine göre daha düşüktür. 75 (mg L<sup>-1</sup>) bor uygulamasında monokültür olarak yetiştirilen yonca da % KM değeri yaklaşık % 10 iken, Yonca-Buğday polikültüründe % 12 ve yonca-ayçiçeği ipolikültüründe de % 11 olarak kaydedilmiştir. Uygulanan diğer bor dozlarında da benzer durumlar tespit edilmiştir (Şekil 1). Bu durum, monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin kuru madde kapsamı arasında yetiştirme tekniğine bağlı olarak önemli oranda bir farkı yansıtmaktadır. Baykal ve Öncel [11]'in yapmış oldukları çalışmada bor toksisitesi altında yetiştirilen buğday fidelerine uygulanan bor konsantrasyonunun artışına bağlı olarak % kuru madde miktarında azalma saptandığı rapor edilmiştir. Song vd. [12], buğday ve mısır bitkilerini solo ve birlikte yetiştirdikleri iki yıllık çalışmalarında, her iki yılda da buğday bitkisinin solo olarak yetiştirilmesiyle karşılaştırıldığında mısır ile intercrop edildiğinde ürün miktarının sırasıyla % 26 ve % 24 oranlarında arttığını rapor etmişlerdir. Inal vd. [13], peanut/maize intercroppingde, monokültürle karşılaştırıldığında daha düşük kuru madde oranlarıyla karşılaşmışlar, ancak intercrop olarak yetiştirilen bitkilerin daha sağlıklı olduklarını ve Fe noksanlık semptomu göstermediğini rapor etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda elde

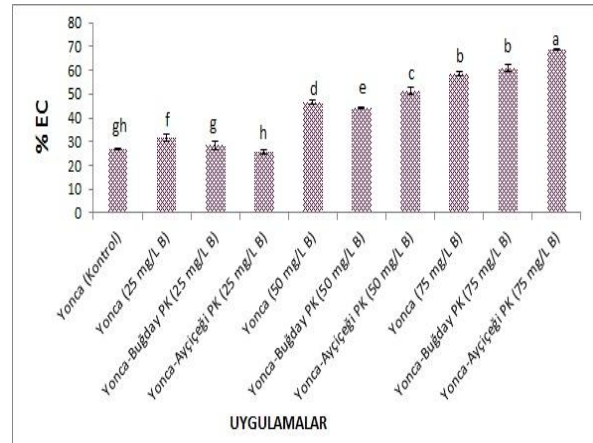
ettiğimiz veriler ile yukarıda bahsedilen literatür araştırmaları arasında benzer bulgular tespit edilmiştir.



Şekil 1. Farklı bor uygulamalarının monokültür (MK) ve polikültür (PK) olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarının % KM kapsamı üzerine etkileri

### Membran Geçirgenliği

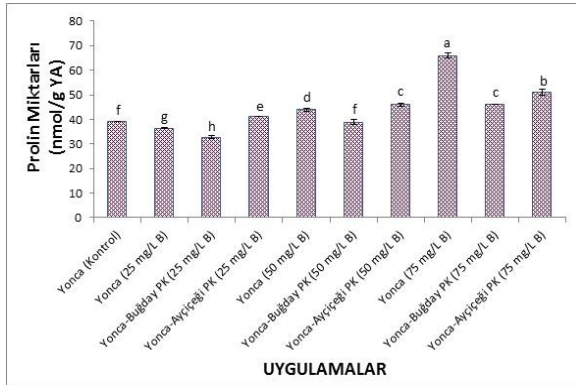
Bor toksisitesi altında yetiştirilen yonca bitkisinin yapraklarında tespit edilen % EC değerlerine bakıldığında monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen bitkiler arasında fark gözlenmektedir. Şekil 2'den de görüleceği gibi uygulanan bor dozlarında % EC değerlerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir. Örneğin 25 (mg L<sup>-1</sup>) bor dozunda monokültür yetiştirilen yoncada % EC değeri % 32 iken, bu değerler yonca-buğday polikültüründe % 28, yonca-ayçiçeği polikültüründe % 25 olarak tespit edilmiştir. Bu durum yoncanın polikültür olarak yetiştirilmesi ile bor toksisitesine bağlı olarak yükselen % EC değerlerinin anlamlı bir şekilde düştüğünü göstermektedir. Karabal vd. [14]'nin yapmış oldukları bir çalışmada % EC miktarının bor uygulamalarına bağlı olarak artış gösterdiği saptanmıştır. Bunun yanısıra Güneş vd. [15], 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 permeabilitesinin bir sonucu olarak yükseliş gösteren MDA (Malondialdehyde) arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Ren vd. [16], pirinç ile intercrop olarak yetiştirilen kavun yapraklarında MDA oranının monocrop kavuna göre yaklaşık % 300 oranında daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 2. Farklı bor uygulamalarının monokültür (MK) ve polikültür (PK) olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarının % EC kapsamı üzerine etkileri

### Prolin Konsantrasyonları

Bor konsantrasyonları yükseldikçe monokültür yetiştirilen yonca bitkisinin yapraklarında saptanan prolin kapsamları da artış göstermiştir. Ancak yoncanın polikültür yetiştirilmesiyle birlikte yaprak prolin kapsamlarında anlamlı düşüşler saptanmıştır. Örneğin monokültür ekilen yoncada  $75 \text{ mg L}^{-1}$  Bor konsantrasyonunda yaprak prolin kapsamı  $66 \text{ (nmol/g YA)}$  iken, yonca-buğday polikültür olarak yetiştirilmesinde bu oran yaklaşık % 30 azalarak  $46 \text{ (nmol/g YA)}$  olmuştur. Benzer sonuçlar  $50$  ve  $75 \text{ (mg L}^{-1})$  bor dozlarında elde edilmiştir (Şekil 3). Selçuk [17] yaptığı bir çalışmada, makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitlerinde  $10 \text{ mM}$  borik asit uygulamasının buğday bitkisinin kök ve yapraklarında prolin miktarını artırdığını saptamıştır. Ayrıca Yıldıztekin [18], domates bitkisi yapraklarına farklı bor konsantrasyonları ve pestisit uygulamaları neticesinde yaprak prolin miktarlarında kontrolle göre artış rapor etmiştir. Bu bulgular elde ettiğimiz sonuçlarla örtüşmektedir.



Şekil 3. Farklı bor uygulamalarının monokültür (MK) ve polikültür (PK) olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarının prolin kapsamları üzerine etkileri

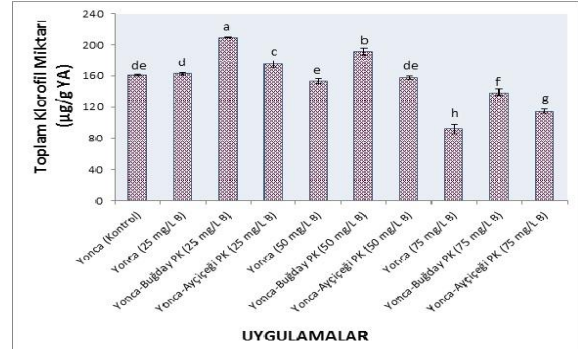
### Toplam Klorofil ve Karotenoid Miktarları

Genel olarak, tüm bor uygulamaları, monokültür olarak yetiştirilen yonca yapraklarında tespit edilen toplam klorofil miktarları kontrole göre azalmıştır. Kontrol ile kıyaslandığında en fazla azalış % 43 ile yonca ( $75 \text{ mg L}^{-1}$  B) tek ekiminde ve % 28 ile yonca-ayçiçeği ( $75 \text{ mg L}^{-1}$  B) birlikte ekiminde tespit edilmiştir (Şekil 4). Yüksek bor konsantrasyonlarında monokültür ve polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarında toplam klorofil miktarında genel olarak azalmalar görülmüştür. Ancak yonca özellikle buğday bitkisi ile polikültür olarak yetiştirildiğinde monokültür olarak yetiştirilen yonca bitkisine göre klorofil oranlarında artışlar olduğu belirlenmiştir.

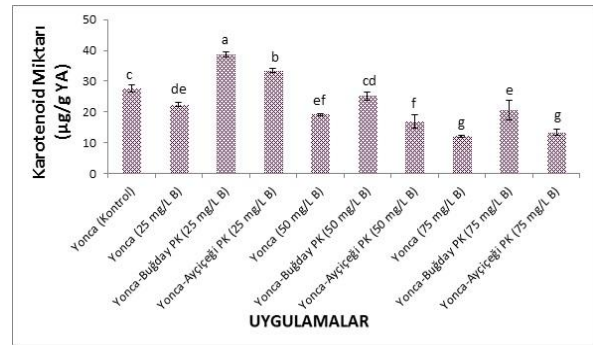
Monokültür yetiştirilen yonca bitkisinde artan bor konsantrasyonlarına ( $25$ ,  $50$  ve  $75 \text{ mg L}^{-1}$ ) bağlı olarak karotenoid kapsamları anlamlı şekilde azalmıştır. Polikültür olarak yetiştirilen yoncada her üç bor uygulamasında da ( $25$ ,  $50$  ve  $75 \text{ mg L}^{-1}$ ) yaprakların karotenoid kapsamları önemli derecede yükselmiştir. Örneğin,  $25 \text{ mg L}^{-1}$  bor uygulamasında monokültür olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarında saptanan karotenoid miktarı  $22,34 \text{ (}\mu\text{g/g YA)}$  iken, yonca-buğday polikültüründe bu oran  $38,67 \text{ (}\mu\text{g/g YA)}$ 'e yükselmiştir. Bu yükseliş yaklaşık olarak % 73 oranında bir artışı temsil etmektedir (Şekil 5).

Bor elementi, bitki büyüme ve gelişmesi yönünden ön görülen sınır değerlerinin üzerine çıkması sonucunda fotosentetik metabolizmada olumsuz etkiler meydana getirdiği elde ettiğimiz verilerden görülmektedir.

Çalışmamıza benzerlik gösteren Wang vd. [19] 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 K1-a, K1-b, Car ve K1 a/b miktarlarında azalış olduğunu rapor etmişlerdir. Zuo vd. [20] mısır ile intercrop olarak yetiştirilen peanut'un Fe beslenmesi ve klorofil kapsamı üzerine yaptığı çalışmalarında mısır ile intercrop olarak yetiştirilen peanut'un genç yapraklarındaki klorofil kapsamınının solo peanut yetiştiriciliğine oranla önemli ölçüde arttığını rapor etmişlerdir.



Şekil 4. Farklı bor uygulamalarının monokültür (MK) ve polikültür (PK) olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarının toplam klorofil kapsamları üzerine etkileri



Şekil 5. Farklı bor uygulamalarının monokültür (MK) ve polikültür (PK) olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarının karotenoid kapsamları üzerine etkileri

### Bor (B), kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve fosfor (P) kapsamları

Artan bor uygulamaları monokültür yetiştirilen yonca bitkisinin yaprak bor kapsamlarını yükseltmiştir. Monokültür yetiştirilen yonca bitkisinin yapraklarındaki bor kapsamları ile polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin yapraklarındaki Bor kapsamları karşılaştırıldığında çarpıcı sonuçlarla karşılaşmıştır. Her 3 bor dozunda da polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin yapraklarındaki bor kapsamları anlamlı bir azalma kaydetmiştir. Çalışmamızda uygulanan bor konsantrasyonları arttırıldıkça, monokültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin B alımı da artmış ve yaprak bor kapsamlarında korelatif bir artış gözlenmiştir (Çizelge 4). Ancak polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin bor alımı önemli oranda azalma kaydetmiştir. Atalay [21], buğday bitkisi besin ortamında bor miktarı arttıkça kök ve gövde bor içeriklerinin önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur. Nable vd. [22], arpa ve buğdayda, ortamda bor artışına paralel olarak doku bor konsantrasyonunda da artış olduğunu bildirmiştir.

**Çizelge 4.** Bor toksisitesi altında monokültür (MK) ve polikültür (PK) olarak yetiştirilen yonca bitkisi yapraklarının bor (B), kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve fosfor (P) kapsamı

Uygulamalar	Bor (B)	Kalsiyum (Ca)	Potasyum (K)	Fosfor (P)
	mg kg <sup>-1</sup>	mM L <sup>-1</sup>	mM L <sup>-1</sup>	mM L <sup>-1</sup>
Yonca (Kontrol)	21,40±3,78(i)	117,67±0,88(g)	135,33±2,02(cd)	154,33±0,88(b)
Yonca (25 ppm)	108,67±2,40(g)	140,33±1,45(d)	133,67±0,88(d)	138,67±0,88(d)
Yonca + Buğday (25 ppm)	101,00±1,52(h)	191,67±1,76(b)	135,33±1,45(bc)	158,33±1,45(b)
Yonca+Ayçiçeği (25 ppm)	112,67±0,57(g)	228,67±0,88(a)	166,33±1,52(a)	171,33±2,02(a)
Yonca (50 ppm)	289,67±1,45(e)	112,33±0,88(h)	106,67±0,88(f)	128,67±1,45(e)
Yonca + Buğday (50 ppm)	206,00±2,08(f)	131,00±1,45(e)	140,67±2,30(e)	143,67±0,88(c)
Yonca+Ayçiçeği (50 ppm)	299,33±1,45(d)	170,33±0,88(c)	145,67±1,45(b)	122,67±1,45(f)
Yonca (75 ppm)	657,33±1,45(a)	94,67±2,02(i)	85,67±1,73(h)	134,33±1,45(d)
Yonca + Buğday (75 ppm)	507,33±1,76(c)	143,00±1,45(d)	95,33±1,73(g)	79,00±1,73(h)
Yonca+Ayçiçeği (75 ppm)	570,33±1,15(b)	123,33±0,57(f)	107,00±1,15(f)	117,33±1,45(g)

Yonca bitkisinin yapraklarında bulunan Ca kapsamı değerlendirildiğinde, monokültür yoncada her üç bor uygulamasının yaprak Ca kapsamını azalttığı saptanmıştır. Uygulanan bor dozuna bağlı olarak monokültür yoncanın Ca alımını olumsuz etkilemiş görünmektedir. Ancak yonca-buğday, yonca-ayçiçeği polikültüründe, yonca bitkisinin Ca alımında önemli oranlarda artışlar kaydedilmiştir. Benzer durum K için de geçerlidir. Kontrol ile karşılaştırıldığında, polikültür yonca bitkisinin yaprak P kapsamı 25 (mg L<sup>-1</sup>) bor uygulamasıyla artmış ancak daha yüksek bor dozlarıyla azalmıştır. Burada da dikkat çekici durum yonca-buğday polikültüründe gözlenmektedir (Çizelge 4). Inal [13] monocrop olarak ve peanut ile birlikte yetiştirilen mısır bitkisinin yaprak P, K ve Ca kapsamını karşılaştırdığı çalışmalarında, intercrop yetiştirilen mısır bitkisinin yaprak P ve K kapsamının daha yüksek olduğunu, Ca kapsamında ise hafif düşüş olduğunu rapor etmişlerdir. Li vd. [23], buğday ve mısır solo ve intercrop olarak yetiştirdikleri çalışmalarında, yaprak P ve K kapsamını değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar intercrop olarak yetiştirilen buğday ve mısır bitkisinin P ve K alımlarının, solo yetiştirilen buğday ve mısır göre yaklaşık % 50 oranında artış gösterdiğini ileri sürmüşlerdir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen veriler genel anlamda değerlendirildiğinde bor toksik topraklarda yonca bitkisi yetiştirilirken; monokültür yerine özellikle buğday bitkisi ile polikültür yöntemi; yonca bitkisinin bor alımını azaltarak borun neden olduğu stres faktörünü hafifleteceği ön görüşünden dolayı tercih edilmelidir. Ayrıca yapılan literatür araştırmalarında bor stres faktörünün etkin olduğu topraklarda yürütülmüş bir polikültür çalışmasına rastlanmamış olup, bu durum çalışmanın özgün değerini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte stres faktörü olsun ya da olmasın, polikültür yetiştiriciliğinin bitkilerin büyüme, gelişme ve beslenmeleri açısından bir avantaj olabileceği yargısına ulaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Kacar B., Katkat AV. 1999. *Bitki Besleme*, Uludağ Üniversitesi, Vipaş Yayınları, Bursa.
- [2] Kass DCL. 1978. Polyculture cropping systems, review and analysis. *Cornell Int. Agric. Bull.* 32.
- [3] Song NH., Yin XL., Chen GF., Yang H. 2007. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils, *Chemosphere*, 68: 1779-1787.
- [4] Wittwer SH., Honma S. 1979. Greenhouse Tomatoes, Lettuce and Cucumbers. Michigan State University Press, p: 173-203. USA.
- [5] Herbert SJ., Putnam DH., Poos-Floyd MI., Vargas A., Creighton JF. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. *Agron.J.*, 76(4):507-510.
- [6] May KW., Misangu R. 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.
- [7] Lutts SJ., Kinet M., Bouharmont J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany* 78: 389- 398.
- [8] Strain HH., Svec, WA. 1966. Extraction, Separation, estimation and isolation of chlorophylls, 21-66, Bernon, V.P., Seely, G.R. (editörler), *In the chlorophylls* Academic Press, New York.
- [9] Bates LS., Waldren RP., Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies, *Plant Soil*, 39: 205-207.
- [10] Kacar B. 1992. *Yapraktan Bardağa Çay*, T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları No:23, T.C. Ziraat Bankası Matbaası, Ankara.
- [11] Baykal AS., Onel I. 2006. Changes of soluble phenolic and soluble protein amounts on the tolerance of boron toxicity in wheat seedlings. *Cumhuriyet Science Journal* 27: 1.

- [12] Song NH., Yin XL., Yin Chen GF., Yang H. 2007. Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils, *Chemosphere*, 68 (9): 1779-1787.
- [13] Inal A., Gunes A., Zhang F. Cakmak I. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry* 45: 350- 356.
- [14] Karabal E., Yücel M., Öktem, HA. 2003. Antioxidant response soft tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. *Plant Science* 164: 925- 933.
- [15] Gunes A., Söylemezoglu G., Inal A., Bağcı E.G., Coban S., Sahin, G. 2006. Antioxidant and stomatal responses of grapevine (*Vitis vinifera* L.) to boron toxicity. *Scientia Horticulturae* 110: 279–284.
- [16] Ren L., Su S., Yang X., Xu Y., Huang Q., Shen Q. 2008. Intercropping with arobic rice suppressed *Fusarium* wilt in watermelon. *Soil Biology & Biochemistry* 40: 834-844.
- [17] 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.
- [18] 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 Ens., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- [19] Wang JZ., Tao ST., Qi KJ., Wu J., Wu HQ. Zhang SL. 2011. Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity. *African Journal of Biotechnology* 10: 85.
- [20] Zuo Y., Zhang F., Li X., Cao Y. 2000. Studies on the improvement in iron nutrition of peanut by intercropping with maize on a calcareous soil. *Plant and Soil* 220: 13- 25.
- [21] Atalay E., Gezgin S., Babaoglu M. 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.
- [22] Nable RO., Paull JG. 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.
- [23] Li L., Sun J., Zhang F., Li X., Yang S., Rengel Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping. I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. *Field Crops Research* 71: 123- 137.