

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BOR ELEMENTİNİN SOYADA KURAKLIK STRESİNE KARŞI
KULLANILMASI VE ANTİOKSİDATİF SAVUNMA MEKANİZMALARI
AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI**

ASLIHAN AVU

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2010**

Yrd. Doç Dr. Mahmut DOĞAN danışmanlığında, Aslıhan AVU'nun hazırladığı "Bor elementinin soyada kuraklık stresine karşı kullanılması ve antioksidatif mekanizmalar açısından araştırılması" konulu bu çalışma 19/ 07/ 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

Üye :Prof. Dr. Rukiye TIPIRDAMAZ

Üye : Yrd. Doç.Dr. Murat DİKİLİTAŞ

Bu Tezin Biyoloji Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Prof. Dr. Mehmet CİCİ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 923

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

sayfa no

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Borun tarım alanlarında kullanımı.....	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
2.1. Soya ile ilgili çalışmalar.....	6
2.2. Bor ile ilgili çalışmalar.....	8
2.3. Kuraklık ile ilgili çalışmalar.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1. Enzim aktivitelerinin belirlenmesi ekstraktların hazırlanması.....	16
3.2. Katalaz aktivitesi.....	16
3.3. Askorbat peroksidaz aktivitesi.....	17
3.4. Glutasyon redüktaz aktivitesi.....	17
3.5. Süperoksit dismütaz aktivitesi.....	17
3.6. İyon analizleri.....	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	19
4.1. Klorofil miktarı.....	19
4.2. MDA miktarı.....	20
4.3. İyon miktarı.....	21
4.4. Enzim miktarları.....	25
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	30
5.1. Yaprakların klorofil konsantrasyonu.....	30

5.2. Lipid peroksidasyonu.....	31
5.3. Yapraklarda iyon konsantrasyonu.....	32
5.4. Enzim aktivitelerindeki değişim.....	34
KAYNAKLAR.....	39
EKLER.....	47

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

BOR ELEMENTİNİN SOYADA KURAKLIK STRESİNE KARŞI KULLANILMASI VE ANTİOKSİDATİF MEKANİZMALAR AÇISINDAN ARAŞTIRILMASI

Ashhan AVU

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mahmut DOĞAN

Yıl: 2010, Sayfa:59

Bu tez çalışmasında, farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve daha sonra farklı sürelerde kuraklık uygulanan soya bitkisinde klorofil, MDA miktarı ve bazı antioksidatif enzim aktivitelerindeki değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır. Deney materyali olarak soya (*Glycine max. L*) cv., "A3935" çeşidi kullanılmıştır. Bor uygulaması Hoagland besin çözeltisinde çimlendirilerek 12 gün büyütülen fidelere farklı bor bileşikleri (Potasyum tetraborat tetrahidrat ($K_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ 0.1 mg/L), Amonyum tetraborat tetrahidrat ($(NH_4)_2 \cdot B_4O_7 \cdot 4H_2O$ 1 mg/L), Sodyum borhidrür ($NaBH_4$ 1 mg/L), Lityum tetraborat tetrahidrat ($Li_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ 100 mg/L), Sodyum tetraborat dekahidrat ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 100 mg/L) uygulanarak ve bitkiler bu koşullarda 12 gün büyütülerek gerçekleştirilmiştir. Bu gruptaki bitkilere daha sonra 18 gün boyunca su verilmeyerek kuraklık stresi yaratılmıştır. Kontrol, Kuraklık ve Bor+ Kuraklık uygulanmış bitkilerden kuraklığın 6. gün, 9. gün, 12. gün, 15. gün ve 18 gününde alınan örneklerde analizler yapılmıştır. Kuraklık uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, klorofil ve MDA değerlerinin ise kuraklık stresiyle değiştiği belirlenmiştir. Kuraklık stresinde Na^+ birikimi ve MDA miktarı artmış K^+ , Ca^{++} , Mg^+ ve klorofil miktarı ise azalmıştır. Potasyumlu bor uygulaması ise, sadece kuraklık uygulanmış bitkilere göre daha az Na^+ birikimini, klorofil miktarında daha az azalma ve daha az MDA oluşumunu sağlayarak kuraklık stresinin zararlı etkilerini azaltmıştır. Bu uygulama ayrıca kontrol ve kuraklık uygulanmış bitkilere göre K^+ miktarında artışa neden olmuş, Ca^{++} miktarlarının kontrol bitkilerdeki düzeylerde kalmasına ve Mg^+ miktarındaki azalmanın en az düzeyde olmasına neden olmuştur. Kuraklık kontrole göre tüm enzimlerin miktarında artışa neden olmuştur. Ayrıca Bor uygulamaları da kuraklık koşulunda CAT, GR, APX enzim aktivitelerinde artışa neden olmuştur. Potasyum tetraborat tetrahidrat uygulaması kuraklık stresi koşulunda diğer ortamlara göre, CAT aktivitesinde en fazla artışa neden olmuştur. Kuraklık stresi ve potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam dışında diğer bor uygulamaları GR ve APX aktivitesinde kontrole göre artışa neden olmuştur. Potasyum tetraborat tetrahidrat uygulaması ise hem kontrol hem de sadece kuraklık stresi uygulamalarına göre GR aktivitesinin azalmasına, APX aktivitesinin ise kontrole göre daha yüksek ancak kuraklık uygulanmış bitkilere göre daha düşük olmasına neden olmuştur. Kuraklık stresi SOD aktivitesinde de artışa neden olmuştur. Ayrıca, Potasyumlu bor uygulaması dışında, kuraklıkla birlikte diğer bor uygulamaları da SOD aktivitesinde de artışa neden olmuştur. Ancak potasyumlu bor uygulaması kuraklık koşulundaki bitkilerde SOD aktivitesinin kontrolden ve sadece kuraklık uygulanmış bitkilerden daha az düzeyde kalmasına neden olmuştur. Soyada kuraklık stresinin zararlı etkilerinin azaltılmasında Potasyum tetra borat tetra hidratın bitkinin iyon birikim mekanizmaları ile CAT, GR, APX ve SOD enzim mekanizmalarının çalışması üzerindeki etkileri arasındaki ilişkiler tartışılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: soya, kuraklık stresi, bor.

ABSTRACT

MSc Thesis

USING BORON ELEMENT IN SOYBEAN IN RESPONSE TO DROUGHT STRESS AND RESEARCH IN ANTIOXIDATIVE DEFENSE MECHANISMS

Aslıhan AVU

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Mahmut DOĞAN
Year: 2010, Page:59

In this study, by applying different boron compounds grown soybean plant and than applied to different periods of drought chlorophyll, the amount of MDA and to investigate some of the changes in antioxidative enzyme activities. Soybean varieties (*Glycine max L.*) c.v., A 3935 were used as a experimental material. Boron application, Hoagland nutrient solution 12 days grown settlings sprouting in different boron compounds (potassium tetra borate tetra hydrate ($K_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ 0.1 mg/L), ammonium tetra borate tetra hydrate ($(NH_4)_2 \cdot B_4O_7 \cdot 4H_2O$ 1 mg/L), sodium boron hydride ($NaBH_4$ 1 mg/L), lithium tetra borate tetra hydrate ($Li_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$ 100 mg/L), sodium tetra borate deca hydrate ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 100 mg/L) and plant in these conditions by applying the enlarged 12 days realized. Then, for 18 days without giving water to plant in this group was created drought stress. Applied to the control, drought and drought+boron plants drought of 6. day, 9. day, 12. day, 15. day and 18. Day samples were taken for aalysis. Depending on application of drought to keep a certain level of osmotic potential of plants water levels dropped and the drought stres of chlorophyll and MDA values were changed. Drought stres increased the amount of MDA and the accumulation of Na, Ca, Mg and chlorophyll decreased. Applied only to plants of drought according to the application of boron potassium less accumulation of Na, less reduction in the amount of chlorophyll and the formation of MDA by providin less stres on the harmful effects of drought reduced. In addition, this application, the control and drought have caused an increase in the amount of K applied to the plants, plants can control the amount of Ca and Mg levels remained at least level resulted in decrease in quantity. Drought, has led to an increase in the amount of enzymes compared to control all. In addition, application of boron in drought conditions CAT, GR, APX enzyme activity increased. potassium tetra borate tetra hydrate application environments according to other conditions, drought stres caused the highest increases CAT activity. Drought stres and the potassium tetra borate tetra hydrated boron applications other than the media caused an increase in GR and APX activity compared to control. Application of potassium tetra borate tetra hydrate according to the applications of both control and drought stress not only reduced the activity of GR, APX activity is higher than the control plants were less than applied but drought has caused. Drought stres also caused an increase in SOD activity. In addition, application of potassium boron with boron applications outside the drought has led to an increase in SOD activity. However, application of potassium boron SOD activity of control plants and drought condition only applied to drought than plant remained minimal. Reducing the harmful effects of drought stres on the last name of the plant potassium tetra borate tetra hydrate ion accumulation mechanism, CAT, GR, APX, SOD enzyme mechanisms discussed relations between their effecton work.

KEY WORDS: soybean, drought stres, boron

TEŐEKKÖR

Bu tezi hazırlarken benden hiçbir desteği esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Mahmut DOĞAN'a; engin sabrı, hoőgörüsü ve her zaman yanımda olduğu için sevgili eőime ve kendi çalışması gibi titizlikle bana yardım edip, onu tanıdığım için mutlu olduğum sevgili Emel BAYRI'ye sonsuz teşekkür ederim.

ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun hızlı artışıyla ortaya çıkan beslenme sorununa çözümler bulmak için yapılan araştırmalar, daha çok olumsuz çevre koşullarında tarımı yapılabilecek bitki türlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de tarım alanlarının sınırlı olması, üretimin arttırılmasında birim alandan daha fazla ürün almayı zorlamaktadır. Araştırmacılar kuraklık ve tuzluluk stresi ile bitki arasındaki ilişkilerin farklı açılardan araştırılmasına büyük önem vermişlerdir. Tarım alanlarında bor elementlerinin kullanılması gittikçe önem arz etmektedir. Bu amaçla bor bileşiklerinin soyada kuraklık stresine karşı kullanılması ve muhtemel etkileri üzerine yapılan bu çalışmada önemli sonuçların ortaya çıkması açısından önemlidir.

ŞEKİLER DİZİNİ

Şekil 1. Çimlendirme kablarında soya tohumları.....	14
Şekil 2. Çimlenmiş soya tohumları.....	14
Şekil 3. Perlit ortamında yetiştirilen soylar.....	15

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Hoagland kültür çözeltilisinin bileşimi.....	13
Çizelge 2. Deneme grupları.....	15
Çizelge 3. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde 3, 6, 9, 12, 15, 18. günde klorofil miktarı $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A. olarak hesaplanmıştır.....	20
Çizelge 4. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde 3, 6, 9, 12, 15, 18. günde MDA miktarı $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A. olarak hesaplanmıştır	22
Çizelge 5. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde 3, 6, 9, 12, 15, 18. günde Na, K, Ca, Mg miktarları (μ gr/mg K.A.) olarak hesaplanmıştır.....	24
Çizelge 6. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde 3, 6, 9, 12, 15, 18. Günde Katalaz miktarı $\mu\text{mol}/\text{dak}/\text{mg}$ T.A olarak hesaplanmıştır.....	25
Çizelge 7. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde 3, 6, 9, 12, 15, 18. günde Glutasyon redüktaz miktarı ($\mu\text{mol}/\text{dak}/\text{mg}$ T.A) olarak hesaplanmıştır.....	27
Çizelge 8. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde 3, 6, 9, 12, 15, 18. günde Askorbat peroksidaz miktarı ($\mu\text{mol}/\text{dak}/\text{mg}$ T.A) olarak hesaplanmıştır.....	28
Çizelge 9. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde 3, 6, 9, 12, 15, 18. günde Süperoksit dismutaz miktarı ($\mu\text{mol}/\text{dak}/\text{mg}$ T.A) olarak hesaplanmıştır.....	29
Çizelge 10. Klorofil, MDA Tanımlayıcı İstatistikler Tablosu.....	47
Çizelge 11. Klorofil, MDA Varyans Analiz Tablosu	48
Çizelge 12. Klorofil Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu.....	48
Çizelge 13. MDA Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu	49
Çizelge 14. Klorofil, MDA Parametreler Arasındaki Korelasyonlar Tablosu.....	50
Çizelge 15. CAT, GR, APX, SOD Varyans Analiz Tablosu	51
Çizelge 16. CAT, GR, APX, SOD Tanımlayıcı İstatistikler Tablosu.....	52
Çizelge 17. GR Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu	53
Çizelge 18. APX Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu	54
Çizelge 19. SOD Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu.....	54

Çizelge 20. CAT Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu	55
Çizelge 21. Na, K, Ca, Mg Varyans Analiz Tablosu	56
Çizelge 22. Na Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu.....	57
Çizelge 23. K Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu.....	57
Çizelge 24. Ca Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu.....	58
Çizelge 25. Mg Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu.....	58
Çizelge 26. K, Ca, Mg Parametreler Arasındaki Korelasyonlar Talosu.....	59

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
µg	Mikrogram
µmol	Mikromol
APX	Askorbat peroksidaz
Ca	Kalsiyum
CAT	Katalaz
Cl	Klor
g	Gram
GR	Glutasyon redüktaz
K	Potasyum
MDA	Malondialdehit
mg	Miligram
ml	Mililitre
mM	Milimol
Na	Sodyum
°C	Santigrat derece
SOD	Süperoksit dismutaz
TA	Taze ağırlık
TBA	Tiobarbutirik asit
TCA	Trikloroasetik asit

1. GİRİŞ

Bitki büyümesini engelleyen her faktör stres olarak tanımlanmaktadır. Dünyanın birçok yerinde kuraklık, tuzluluk, aşırı sulama, yüksek ve düşük sıcaklık, pH ve ağır metallerin neden olduğu stresler yaygındır. Bu stresler özellikle gelişmekte olan ülkeler için sosyal ve ekonomik problemlere temel oluşturmaktadır. Dünya üzerinde tarımda kullanılabilir alanların sadece % 10'u herhangi bir çevresel stres etmeni ile karşı karşıya değildir. Geriye kalan % 90'lık kısımda, % 26 oranında en fazla karşılaşılan kuraklık stresi tehdidi altında olan alanlardan sonra % 20'lik bir oranla tuz stresi gelmektedir (Blum, 1985; Ashraf, 1994).

Dünya nüfusunun hızlı artışıyla ortaya çıkan beslenme sorununa çözümler bulmak için yapılan araştırmalar, daha çok olumsuz çevre koşullarında tarımı yapılabilecek bitki türlerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de tarım alanlarının sınırlı olması, üretimin arttırılmasında birim alandan daha fazla ürün almayı zorlamaktadır. Bunun için de, ürün artışına etki eden tohumluk, sulama, tarımsal mekanizasyon, zararlılarla mücadele ve gübreleme gibi önlemler, çoraklık ve drenaj sorunları olan arazilerin ıslahının yanı sıra bu alanlarda yetişebilecek bitki çeşitlerinin belirlenmesi ve ıslah edilmesi gerekmektedir. Araştırmacılar kuraklık ve tuzluluk stresi ile bitki arasındaki ilişkilerin farklı açılardan araştırılmasına büyük önem vermişlerdir.

Çoğunlukla hücresel düzeyde oksidatif bir zararlanma olarak ortaya çıkan kuraklık stresi, kurak ve yarı kurak bölgelerde verimi etkileyen önemli bir faktördür. Kuraklık problemini çözmek için dayanıklı genotiplerin seçimi en etkili yaklaşım olarak görülmektedir (Shalaby et al., 1993). Strese karşı gösterilen tepki bakımından bitki türleri ve çeşitleri, hatta organları arasında fizyolojik ve metabolik değişimler açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır (Belkhodja et al., 1994).

Genotipe bağılı olarak farklı şiddetlerde ortaya çıkan kuraklıktan etkilenme derecesi o genotipin stres altında geliştirdiği metabolik değişimlere, yani, fizyolojik ve biyokimyasal tepkilere bağılıdır. Bitkilerdeki bu değişik tepkiler incelenerek kuraklığa karşı tolerans gösteren bitkilerin seçimleri için bazı kriterler geliştirmek mümkündür.

Bitki büyümesi üzerine stresin temel etkisi osmotik basınç ile açıklanabilmektedir. Bitkilerin kök ortamındaki osmotik basınç değişimlerine karşı içsel osmotik durumlarını ayarlayabilmek için özel mekanizmalara sahip olmaları zorunludur. Bitkilerin osmotik durumlarını ayarlamalarına ‘osmotik uyum’ denir (Hamada et al., 1992). Bitkiler stresle karşı karşıya gelince, serbest amino asitleri, iyonları ve çözünebilir maddeleri biriktirerek osmotik potansiyellerini düşürürler (Weimberg, 1986). Bitkiler stres ile karşılaştıklarında da toprak çözeltisinden çeşitli iyonları alarak ya da bazı organik bileşikleri sentezleyerek osmotik uyum sağlamaktadırlar (Ashraf, 1994, Salama et al., 1994). Bir çok araştırmacı osmotik uyum ile tuz toleransı arasında bir ilişkinin olduğunu ileri sürmektedir (Greenway and Munns, 1980; Yeo, 1983; Weimberg, 1986). McKimmie ve Dobrenz (1991), Ashraf ve ark. (1994), yaptıkları çalışmalarda kurak çevrelerde yetişen dayanıklı çeşitlerin gövdelerinde duyarlı çeşitlere göre daha az iyon biriktirdiğini bildirmektedirler. Bitkilerin yaprak dokusunun oransal su kapsamı ölçülerek de strese karşı toleransları belirlenebilmektedir. Fotosentez, stomaların açılıp-kapanması, yaprak genişlemesi gibi önemli fizyolojik ve morfolojik olayların, yaprakta azalan turgor potansiyeli ile ilişkili olduğu ve stresin artmasıyla yaprak dokusunun oransal su kapsamının azaldığı belirtilmiştir (Jones and Turner 1978). Kuraklık stresinde yeni bir kriter olarak kullanılıp kullanılamayacağı halen araştırılan fotosentez konusunda çalışmalar devam etmektedir.

Ziska ve ark. (1990), yaptıkları çalışmada, stresin artışına bağılı olarak ribulozbisfosfat karboksilaz (Rubisco) aktivitesinde ve klorofil içeriğinde azalma olduğunu gözlemişler, Ganieva ve ark. (1997) da kuraklık stresinin fotosentezi olumsuz etkilediğini göstermişlerdir.

Diğer bitki türlerinde olduğu gibi soya bitkisinde de genotipler arasında kuraklığa dayanım özelliği bakımından önemli derecede farklılıklar bulunmaktadır (Joshi, 1984; Shannon et al., 1987; Perez-Alfocea et al., 1996; Cuartero and Fernandez-Munoz, 1999).

Ülkemiz için önemli bir gıda kaynağı olan soya bitkisinin kuraklığa tolerant olan genotiplerinin yetiştirilmesi verim ve kalite açısından önemlidir. Aynı zamanda genotip farklılığının kuraklığa toleransta etkili olduğu bilindiğinden bu mekanizmanın aydınlatılması, tolerant genotiplerin etkin bir yöntemle seçilebilmesi de ayrı bir önem taşımaktadır. Bu doğrultuda soyada farklı bor bileşiklerinin kullanılmasının fizyolojik bakımından etkileri tam bitkide çalışılmıştır. Ancak soyanın kuraklığa karşı toleransının bor bileşikleriyle olan ilişkileri henüz tam açıklanamamıştır.

Anavatanı Çin ve Kore gibi Uzakdoğu ülkeleri olan soya bitkisi, 4 bin yıl öncesine kadar uzanan tarihi geçmişiyle o bölgede yaşayan insanların en önemli besin ve geçim kaynağı olmuştur. 120–130 yıl kadar önce soya ile tanışan gelişmiş batılı ülkeler ise, soya sanayilerini kurarak, soya üretimine ve kullanım alanlarının geliştirilmesine önemli katkılar yapmışlardır. Günümüzde 170–180 milyon ton seviyesine ulaşan Dünya soya üretimindeki en büyük payı % 50 oranındaki üretimiyle A.B.D almakta, onu Brezilya, Arjantin ve Çin izlemektedir (Nazlıcan, 2006).

Soya bitkisi, ülkemize de ilk kez 1930'lu yıllarda girmiş ve uzun yıllar boyunca sadece Karadeniz bölgesinde tarımı yapılmıştır. Son 20 yılda uygulamaya konulan 2. Ürün Projesi ile, Ege ve Akdeniz bölgelerinin sulanır alanlarında yetiştirilmeye başlanılan soyanın tarımı bugün için ağırlıklı olarak Çukurova Bölgesinde yapılmaktadır. Adana ve Osmaniye illeri, Türkiye soya üretiminin % 80-85'ini karşılamaktadır. Ancak son yıllardaki soya üretimimiz 50–60 bin tona düşmüş

olup, çiftçilerimizin bu değerli ürünü daha fazla tanınması ve ekim nöbetinde yer vererek, soya üretimini yaygınlaştırması gerekmektedir (Nazlıcan, 2006).

Dünyayı besleyen 5–6 önemli bitkisel üründen birisi olan soyanın, yağı çıkarıldıktan sonra kalan unu ya da küspesi çok besleyici olup, proteince çok zengindir. Bu özelliğinden dolayı gıda sanayisinde bolca kullanılır. Soya tohumlarında % 40–45 oranında protein, % 18–20 oranında da yağ bulunmaktadır. Dünya’da en fazla üretilen ve tüketilen yağ soya yağı, yem sanayisinde en fazla kullanılan hammadde ise soya küspesidir. Birçok hastalığa karşı, soyanın insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır. Gelişmiş ülkelerin tıp çevreleri kendi insanlarını, soyayı özellikle kalp ve kanser hastalıklarına karşı koruyucu olarak tüketmek üzere sürekli bilgilendirmektedir. Hatta Amerika Birleşik Devletlerinde bazı soyalı gıda ürünlerinin üzerine, “kalp sağlığına karşı yararlı etkisi vardır ” şeklinde uyarıcı ve bilgilendirici etiketlerin konularak kullanılmasına izin verilmiştir.

Bugün için gelişmiş ülkelerin piyasalarında, soyanın sütü, peyniri, filizi, sosu, dondurması, eti ve unundan, mürekkebi, mumu ve benzinine kadar pek çok soyalı sanayi ürünü bulunabilmektedir. Son yıllarda ülkemizde de, ithal soyalı ürünlerin birçoğunu market raflarında bulmak mümkün olmuştur. Özellikle gıda sanayi ürünlerinden yararlanmak, yetersiz beslenme problemiyle boğuşan Türk insanı için de vazgeçilmez bir seçenektir. İstatistiklere göre; 2003 yılında 175 bin tonu soya yağı olmak üzere toplam 1,5 milyon tonluk soyalı ürünün ülkemize ithal edilmiş olması, soyanın tüketim alışkanlıklarımız içerisinde giderek artan şekilde yer almaya başladığını göstermektedir. Bir baklagil bitkisi olarak soya, toprağa azot kazandırarak, kendisinden sonra ekilecek olan ürünlerde verimi artırır ve gübre tasarrufu sağlar. Ekim nöbeti için en uygun bitkilerden birisidir (Nazlıcan, 2006).

1.1 Borun Tarım Alanlarında Kullanımı

Bor'un tarımda kullanımı ile ilgili bilgiler 8 nci yüzyıla kadar dayanmaktadır, ancak insanoğlu bilmeden bitkiler için büyük öneme sahip olan Bor'u tarım alanlarında sürekli kullanmışlardır. Bor'un bitkilerdeki önemi bitkilerin iç beslenme koşullarının oluşturulmasında ortaya çıkmaktadır. Çok düşük miktarlardaki Bor bitkilerin çiçeklenmesinin kontrolünde, polen üretiminde, tohum ve meyve gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda bitkilerde yakıt pompası işlevini de yapmaktadır; buna göre bitki üzerindeki yaşlı yapraklardan yeni yetişenlere ve köklere şeker taşımada rol oynamaktadır. Bor doğal olarak toprakta bulunmasına rağmen bazı bölgelerdeki yoğun yağışlar, coğrafik koşullar ve tarım yöntemlerindeki farklı uygulamalar nedeniyle bor oranı azalarak bitkilerin ihtiyacı olan ve yukarıda belirtilen fonksiyonları yerine getiremeyecek oranlara düşebilmektedir. Böyle alanlarda kullanılan gübrelerde bor kullanılması bitkilerin yetişmesinde önemli rol oynamaktadır. Böyle alanlarda kullanılacak Bor miktarı hektar başına 0.2 ila 4 kilogram arasında değişmektedir. Pamuk, mısır, soya fasulyesi gibi bazı bitkilerde daha yüksek oranda Bor'a ihtiyaç bulunmaktadır (Nazlıcan, 2006).

Bu tez çalışmasında, farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve daha sonra farklı sürelerde kuraklık uygulanan soya bitkisinde klorofil ve bazı antioksidatif enzim aktivitelerindeki değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır. Bor uygulamalarının kuraklık stresi koşullarında adı geçen fizyolojik parametreler üzerindeki etkileri belirlenerek, kuraklık stresi ile bor arasındaki ilişkiler aydınlatılmaya çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Soya ile İlgili Çalışmalar

Son zamanlarda popüler bir ürün olan soya fasulyesi ile ilgili yapılan çalışmalar hız kazanmıştır. Tayyar ve ark., (2007) tarafından yapılan bir araştırmada, Ülkemizin ihtiyaç duyduğu bitkisel yağ açığının kapatılması ile yüksek yağ ve protein veriminden dolayı önemli bir endüstri bitkisi olan soya fasulyesinin ana ürün olarak Biga şartlarındaki verim ve verim öğeleri iki yıllık yetiştirme periyodunda incelemiştir.

Genotiplerin verimlerinin 189.0-330.2 kg/da, bitki boylarının 50.5-75.0 cm, ilk bakla yüksekliklerinin 13.1-20.6 cm ve bitkide bakla sayılarının ise 17.9-27.9 adet arasında değiştiği, ele alınan karakterler bakımından genotipler arasındaki farklılıkların olduğu saptanmıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi ekolojik koşullarında 1993 yılında 14, 1994 yılında 10 soya çeşidi ile yürütülen çalışmada, ilk meyve yüksekliği, dal sayısı ve bitki boyunun, dekara tohum verimi üzerine en etkili özellikler olduğu ve bölge koşullarında yapılacak ıslah çalışmalarında, bu özelliklerin önemli seleksiyon kriterleri olarak dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır (İşler ve ark., 1998).

İkinci ürün koşullarına uygun, yüksek verimli soya çeşitlerini geliştirmek amacıyla 1993-2003 yılları arasında yapılan bir çalışmada melezleme yönteminin uygulandığı ıslah programında; S.4240, Williams ve A.3127 gibi soya çeşitlerinin verim potansiyelleri, standart çeşitlerden oldukça yüksek bulunmuştur (Arioğlu ve ark., 2005).

1992-93 yıllarında, Kahramanmaraş'ta yürütülen başka bir çalışmada, 23 soya çeşidinin ikinci ürün koşullarına adaptasyonunun incelenmiş ve Kahramanmaraş'ta ikinci ürün soya tarımı için P9272 (OGII), P9301 (OGIII), P9302 (OGIII) ve P9391(OGIII) çeşitleri önerilmiştir (Yılmaz ve ark., 1998).

Harran Ovası koşullarında, ikinci ürün olarak, 2002 ve 2003 yıllarında yürütülen çalışmada, 14 soya çeşidi ile 6 soya hattının, bölge koşullarına uyumu araştırılmıştır. Çalışmada ele alınan soya çeşit ve genotiplerinin bitki boyu, bitki başına dal sayısı, bakla sayısı, ilk bakla yüksekliği, dekara verim, yağ oranı ve vejetasyon süresi gibi önemli tarımsal ve morfolojik özellikleri incelenmiş, S.4240, Williams, Sloan ve Amsoy-71 çeşitlerinin Harran Ovası Ekolojisinde üst sıralarda yer aldıklarını bildirmişlerdir (Yılmaz ve ark., 2005).

Harran Ovasında, 2002-2003 yıllarında yürütülen bir çalışma, farklı dönemlerde uygulanan bazı bitki büyüme düzenleyicilerin, geciken hasatlarda, bakla çatlaması ve buna bağlı verim kaybı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılmış, A.3935 soya çeşidi ile 7 farklı bitki büyüme düzenleyici kullanılmış, hasat zamanı geciktirildikçe, verim kayıplarında önemli artışlar olduğu gözlenmiştir. Ana ürün koşullarında hem verim artışı sağlamak ve hem de verim kaybını azaltmak için, İkinci ürün koşullarında ise, birim alandan elde edilecek verim göz önüne alınarak, bitki büyüme düzenleyicisi uygulamaları önerilmektedir (Güllüoğlu, ve ark., 2005).

Başka bir çalışma da soya fasulyesi (*Glycine max* L.) bitkisinde hasat kayıplarının asgariye indirilmesi açısından bitki boyunun uzun olması, sık ekimlerde dallanma, bakla ve tohum sayılarında azalmalar meydana geldiğini, asrın harika bitkisi olarak tanımlanan soyanın sulu tarımda yapılması gerektiği bildirilmiştir (Bakoğlu, ve ark., 2005).

2.2. Bor ile ilgili çalışmalar

Bor bitkiler için önemli besin elementlerinden biridir. Fakat diğer besin elementlerinden farkı, yokluk ve toksik konsantrasyonları arasındaki farkın çok küçük olmasıdır. Bor toprak tarafından dolaylı yoldan emilir, fakat toprak çözeltisindeki bor aktivitesine bitkiler doğrudan cevap verir. Topraktaki boru absorbe eden yüzeyler alüminyum ve demir oksitleri, magnezyum hidroksit, kil mineralleri, kalsiyum karbonat ve organik maddelerdir (Goldberg, 1997). Yapılan bir çalışmada araştırmacılar, *Cicer arietinum* L. Vd1-8'in bora hassas nohut hattı olduğunu, bor uygulandığında gövde boyunun arttığını, yokluğunda ise türe ve bitki yaşına bağlı olarak çok çeşitli fizyolojik belirtilerin ortaya çıkmasıyla birlikte özellikle apikal dominansinin kaybolarak bitkinin fazla dallanmasına neden olduğunu bildirmişlerdir (Taiz & Zeiger, 2002).

Bor absorpsiyonunda kalsit arttıkça pH'da buna bağlı olarak artmakta ve artışa paralel bir absorpsiyon da görülmektedir. Zira kireçli topraklarda bor absorpsiyonu için kalsiyum karbonatın önemli bir tespit edici rolü olduğu bilinmektedir (Goldberg ve Forster, 1991).

Bor ve kalsiyumun yukarıda anlatılan yokluğu ve toksisitesini gözlemek üzere, farklı iki nohut hattı seçilerek perlit ortamında; bor ve kalsiyum karbonat içeren Hoagland besin çözeltileri ile fideler yetiştirilmiş kök, gövde boyları, yaş, kuru ağırlıkları, klorofil analizleri, Borun hormonlar üzerindeki bilinen etkilerini saptamak amacıyla da hormon analizleri ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Bitki başına tane verimi, bakla sayısı, bitki boyu, sap verimi ve ham protein oranı üzerine etkisi istatistik bakımdan önemli olurken, bakladaki tane sayısı, dal sayısı ve bin tane ağırlığı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. (Gezgin ve ark., 2006)

Bor (B) bakımından fakir alanlar yaygın olmamakla birlikte, dünyanın pek çok kurak ve yarı kurak bölgesinde toksik dozda B içeren topraklar, üretimi sınırlayan

önemli bir abiyotik stres faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya B rezervlerinin %63'üne sahip olan ülkemizde de B toksisitesi ciddi bir sorundur. Alüminyum (Al) ise dünyadaki yaklaşık %40'ını kapsayan asidik topraklarda bitki büyüme ve gelişmesini engelleyen diğer önemli bir abiyotik stres faktörüdür. B ve Al'un toksik dozları bitki kök büyümesinin engellenmesi ile sonuçlanır. (Doğaç ve ark., 2008)

Bor (B), bitkiler için mutlak gerekli olan önemli bir mikro besin elementi olduğu, bitkilerde B noksanlığı ile toksitesi arasında çok dar bir aralık olmakla birlikte, bu elemente karşı tepkilerinde de bitkilerin türler arası ve tür içi geniş bir genetik varyasyon gösterdiği bildirilmiştir (Goldberg, 1997). B-noksan topraklarda yetişen bitkilerde sterilitenin arttığı, kültür bitkilerinden alınan üründe ise önemli ölçüde düşüş görüldüğü, bununla birlikte yüksek B içeren topraklarda da bitkisel üretimde ciddi düşüşler yaşandığı bildirilmiştir (Goldberg ve Forster, 1991). Fizyolojik pH koşullarında, B yüksüz borik asit formunda bulunup biyolojik membranlardan rahatlıkla penetre olmaktadır. Yeterli beslenme koşullarında aktif B taşınması gerektiği, B noksanlığında ise kökte ekspresyonu yapılan taşıyıcı bir proteinin ksilem parankimasından ksileme B yüklemesi yaparak bitki gövdesine sağlanan borun artırıldığı model bitki Arabidopsis'te gösterilmiştir (Gigon, ve ark., 2004) . Bu taşıyıcı proteinlerin genellikle B noksan ya da yeterli koşullardaki rolleri üzerinde durulmuştur. Ancak, son zamanlarda yapılan çalışmalar B-transporter proteinlerinin B-toksitesi koşullarında da önemli olduğunu göstermiştir. Bu taşıyıcı proteinlerin varlığı B hassasiyeti yüksek olan tahıllarda da gösterilmiştir. B-toksitesine tolerans, bitki dokularında düşük oranda B birikimi ile paralellik göstermekte, bunun da B-taşıyıcı genlerin bitki kök hücrelerindeki ekspresyonları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bitkilerin bora tepkilerinin tür içi varyasyonunun çok geniş olduğu ve B toksitesine tolerans ile hassasiyetin B taşıyıcı proteinlerin varlığı ve ekspresyon düzeyleri ile yakın ilişkisi olduğu bildirilmektedir. (Hakkı, 2008)

2.3. Kuraklıkla ilgili çalışmalar

Yapılan bir çalışmada kuraklığa maruz bırakılan yazlık ve kışlık mercimek çeşitlerinde morfolojik ve moleküler düzeydeki değişiklikler araştırılarak verim ve verim ile ilişkili karakterlerde en yüksek değerleri veren çeşitler seçilmiştir. Stoma sayıları ve büyüklükleri hem yazlık hem de kışlık çeşitlerde benzerlik göstererek, sulama durumlarına bağlı olarak önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Ancak stoma açıklıkları su seviyesinde düşüğe bağlı olarak azalmıştır. (Hamurcu ve ark., 2006)

Bir başka çalışmada kuraklık stresi altındaki bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin fotokimyasal etkinliklerindeki değişimler Kautsky etkisi yaklaşımı ile belirlenip, çeşitlerin kuraklığa tolerans kapasiteleri yorumlanmıştır. Toprak kültüründe kontrollü koşullarda yetiştirilen 12 günlük mısır çeşitleri sulama yapılmaksızın 12 gün süre ile kuraklık periyoduna bırakılmış ve ardından 6 gün boyunca yeniden sulama yapılmıştır. Klorofil a floresans sonuçları, kuraklığın tüm çeşitlerinde maksimum floresans (Fm) intensitesini azalttığını, buna karşın minimum floresans (Fo) intensitesini sadece Doge çeşidinde arttığını kuraklığın Vero çeşidinin fotokimyasal etkinliğini diğer çeşitlere göre daha az etkilediğini göstermiştir. Bunun yanı sıra, kuraklığı izleyen yeniden sulama uygulamasının, tüm çeşitlerde fotokimyasal etkinliği kontrol seviyesine kadar iyileştirdiği belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, Vero çeşidinin diğer çeşitlere göre fotokimyasal performansının daha yüksek olduğunu ve kuraklık stresinden diğer iki çeşide göre daha az etkilendiğini göstermiştir (Hamurcu ve ark., 2006).

Kuraklık; bitkilerde büyüme, gelişme ve verimi kısıtlayan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Kuraklık stresinin iki nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşidinin fotokimyasal aktiviteleri üzerindeki fizyolojik etkilerini ortaya koymak ve kuraklık stresinden kaynaklanan oksidatif hasarın giderilmesinde antioksidan enzim aktivitelerinin rolünü belirlemek üzere bir araştırma yapılmıştır. Toprak kültüründe yetiştirilen 20 günlük 2 nohut çeşidi sulama yapılmaksızın 0 (kontrol), 3, 5 ve 7 günlük kuraklık periyoduna maruz bırakılmış, kuraklık uygulamaları sonunda,

kuraklıkla indüklenen fotoinhibisyon klorofil a, malondialdehit (MDA) analizi yapılmıştır. Klorofil a fluoresansı sonuçları, nohut çeşitlerinde, artan kuraklık stresinin PSII'nin fotooksidasyonuna neden olduğunu göstermiştir. Artan kuraklık stresine bağlı olarak her iki çeşidin membranlarında da oluşan MDA içeriğindeki artış oksidatif hasarın bir göstergesidir. Bitkilerde oksidatif hasara karşı oluşturulan savunma sistemlerinden biri olan antioksidan enzim (SOD, POD, APX ve GR) aktiviteleri nohut çeşitlerinde kuraklık uygulamaları ile genel olarak artış göstermiş; ancak çeşitler arasında enzim davranışları bakımından belirgin farklılıklar ortaya çıkmadığı belirlenmiştir (Kalefetoğlu ve ark., 2008).

Başka bir çalışmada, tuz (çoraklık) ve kuraklık stresleri altında *Triticum aestivum* çeşitlerinin tuz ve kuraklık streslerine dirençli *Triticum aestivum* (Bayraktar) ve *Triticum aestivum* (Atay) varyetelerinin antioksidan enzimler düzeyinde verdiği yanıtlar incelenmiştir. Analizler sonucunda stres uygulamalarında MDA, prolin ve antioksidan enzim aktivitelerinde artış olduğu tespit edilmiştir. GB uygulamasının MDA, prolin ve antioksidan enzim seviyelerinde azalmalara neden olduğu gözlenmiştir (Yediyıldız ve ark.,2008).

Bir başka çalışmada *G.densa* üç farklı kuraklık periyodu (çok kurak, orta derecede kurak ve iyi sulanmış) ve beş farklı tuzluluk (0, 125, 250, 375, 500 mol m⁻³) derecesinde incelemiştir. Kök büyüme oranının 250 ve 500 mol m⁻³ tuzluluk derecesinden olumsuz etkilendiğini, tuzluluk ve kuraklığın *G.densa*'da kök ve gövde uzamasını olumsuz etkilediğini ve yapraklarda klorozise yol açtığını belirlemişlerdir. (Demirezen ve ark., 2008).

Kuraklık koşullarına dayanıklılığı farklı olan *Phaseolus vulgaris* L. çeşitlerinde kuraklık koşulları altında su potansiyelindeki azalma ve antioksidan enzim aktivitesindeki artış arasında iyi bir korelasyonun olduğunu ortaya koymuşlardır (Terzi ve ark., 2008).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada deney materyali olarak kullanılan soya (*Glycine Max. L*) cv., "A3935" çeşitine ait tohumları Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri bölümünden alınmıştır. Sağlam ve benzer büyüklükte yeteri kadar seçilen tohumların yüzeysel sterilizasyonu Ellis ve ark. (1988)'nin yöntemine uyularak gerçekleştirilmiştir. Buna göre tohumlar bir veya iki damla tween 20 içeren % 20'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 15 dakika tutulmuştur. Bu sürenin sonunda 3 defa 5'er dakika süreyle distile su ile yıkanan tohumlar çimlendirme kaplarına alınmış ve İklim dolabında 25±1 °C sıcaklıkta olup karanlıkta çimlendirilmiştir. Çimlenen 6 günlük fideler saksılarda perlit ortamına alınarak, ilk gerçek yapraklar çıkmaya başlayınca kadar; 14 gün, Hoagland (Çizelge 1) kültür çözeltisiyle büyütülmüşlerdir. 14 günlük fideler gruplandırılarak Kontrol, Kuraklık ve Bor + Kuraklık uygulamaları olmak üzere 3 farklı deney seti hazırlanmıştır.

- 1- Kontrol Grubu; . Kontrol grubundaki bitkiler deney boyunca (31 gün boyunca) sadece Hoagland besin çözeltisi ile sulanmaya devam edilmiştir
- 2- Kuraklık uygulaması; 14 günlük fideler 12 gün daha Hoagland besin çözeltisinde büyütüldükten sonra 18 gün boyunca su verilmeyerek kuraklık stresi oluşturulmuştur.
- 3- Bor + Kuraklık uygulaması; 14 günlük bitkilere Hoagland besin çözeltisiyle beraber borun farklı bileşikleri ve konsantrasyonları uygulanarak ve bitkiler bu koşullarda 12 gün büyütülerek Bor uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu gruptaki bitkilere daha sonra 18 gün boyunca su verilmeyerek kuraklık stresi yaratılmıştır. Kuraklık uygulamasının 6 gün, 9 gün, 12 gün, 15 gün ve 18 gününde yukarıda belirtilen üç deney grubundan da örnekler alınarak analizlere yapılmıştır.

Bor uygulamasında farklı bor bileşikleri kullanılmıştır. Denemede uygulanan bor bileşiklerinin dozları bir ön çalışma ile bitki için en uygun büyüme eşik değerleri

olarak tespit edilen dozlardır. Kullanılan bor bileşikleri ve dozları; Potasyum tetraborat tetrahidrat ($K_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$) 0.1 mg/L, Amonyum tetraborat tetrahidrat ($(NH_4)_2 \cdot B_4O_7 \cdot 4H_2O$) 1 mg/L, Sodyum bor hidrür ($NaBH_4$), Lityum tetraborat tetrahidrat ($Li_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$) 100 mg/L, Sodyum tetraborat dekahidrat ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) 100 mg/L dir. Böylece denemede kontrol grubu, sadece kuraklık stresi uygulanan grup ve 5 farklı Bor uygulaması + kuraklık stresi uygulanan grup olmak üzere toplam 7 deney grubu oluşturulmuştur. Bu gruplar Çizelge 2’de toplu olarak verilmiştir. Çimlenme ve büyüme evresini kapsayan tüm denemeler iklim odasında 25 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 ’e ayarlanmış bağıl nem deney süresince sabit tutulmuştur. Işık şiddeti bitki yaprak yüzeyinden 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğu olacak şekilde ayarlanmıştır.

Çizelge 1. Hoagland kültür çözeltilisinin bileşimi (Hoagland, 1938).

<u>Makro Elementler</u>	<u>g/lt*</u>
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	0.821
KNO_3	0.506
KH_2PO_4	0.136
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	0.120
<u>Mikro Elementler</u>	<u>mg/lt</u>
$C_6H_5FeO_7 \cdot 5H_2O$ (Ferric sitrat)	50.00
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	1.80
H_3BO_3	2.90
$ZnCl_2$	0.12
<u>$CuCl_2 \cdot 2H_2O$</u>	<u>0.05</u>

* $\frac{1}{2}$ oranında sulandırılmış Hoagland çözeltilisi hazırlamak için belirtilen makro ve mikro element miktarları 2 lt, distile suda eritilmiştir. Çözeltinin pH’sı 0.05 M KOH ile 5.7-5.8’e ayarlanmıştır.



Şekil 1: Çimlendirme kablarında soya tohumları



Şekil 2: Çimlenmiş soya tohumları

Çizelge 2. Deney grupları

Kontrol
Kuraklık Stresi
Potasyum tetraborat tetrahidrat ($K_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$), (0.1 mg/L) + Kuraklık Stresi
Amonyum tetraborat tetrahidrat ($(NH_4)_2 \cdot B_4O_7 \cdot 4H_2O$), (1 mg/L) + Kuraklık Stresi
Sodyum bor hidrür ($NaBH_4$), (1 mg/L) + Kuraklık Stresi
Lityum tetraborat tetrahidrat ($Li_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$), (100 mg/L) + Kuraklık stresi
Sodyum tetraborat dekahidrat ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), (100 mg/L); + Kuraklık stresi

Kontrol, kuraklık stresi ve bor +kuraklık stresi uygulanan soya fidelerinde rast gele seçilen 3 bitkiden alınan yaprak örneklerinde klorofil miktarları Luna ve ark., (2000) göre belirlenmiştir. Bunun için, bitkinin 2. yapraklarından bilinen miktarda alınan taze örnekler % 80'lik 10 ml etanol içine konmuş ve su banyosunda 80 °C'de 20 dakika bekletildikten sonra 654 nm'de absorbans (A) değerleri "Analitik Jena Spekdord 40 Model" spektrofotometrede okunmuştur. Yaprak dokularındaki klorofil miktarı toplam klorofil: $A \cdot 654 \times 1000 / 39,8 \times \text{taze örnek (mg)}$ formülü ile $\mu\text{g/mg T.A.}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3: Perlit ortamında yetişen soyalar

Yaprak dokularındaki MDA miktarı Lutts ve ark. (1996)'nın yöntemi esas alınarak belirlenmiştir. Bu yöntemle göre -80 °C de donmuş olan örneklerden 200 mg

yaş yaprak örneği alınmış, bunun üzerine 5 ml % 0.1 'lik Trichloro Aceticacid (TCA) ilave edilmiş ve bu karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. 5 ml'lik ekstrakttan 3 ml süpernatant alınarak, üzerine % 20 Thiobarbituric Acid (TBA) bulunan % 0.1'lik 3 ml TCA ilave edilmiştir. 95 °C' deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilen karışımın, 532 ve 600 nm'de absorbans değerleri Shimadzu 1040 model spektrofotometrede okunmuştur. Kör olarak, içinde % 20 TBA bulunan % 0.1'lik TCA kullanılmıştır. Yaprak dokularındaki MDA miktarı, MDA: $(A_{532}-A_{600}) \times \text{Ekstraksiyon hacmi (ml)} / (155 \text{ mM/cm} \times \text{Örnek miktarı (mg)})$ formülü ile ($\mu\text{mol/g T.A.}$) olarak hesaplanmıştır.

3.1. Enzim aktivitelerinin belirlenmesi ve ekstraktların hazırlanması

Kontrol ve kuraklık ile kuraklık artı bor uygulanmış bitkilerin 2. yapraklarından Çakmak ve Marschner (1992) ve Çakmak (1994)'in yöntemlerine göre ekstraktlar hazırlanmıştır. Buna göre yaklaşık, 0.5 gram taze yaprak örneği sıvı azotta ezilmiş ve içinde 0.1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM'lık (pH 7.6) fosfat (P) tampon çözeltisi ile (10 ml) homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 15 dk süre ile 15000 g ve + 4 °C de santrifüj edildikten sonra, elde edilen süpernatantta enzim aktiviteleri yine Çakmak ve Marschner (1992) ve Çakmak (1994)'in yöntemlerine göre belirlenmiştir.

3.2. Katalaz (CAT) aktivitesi

Spektrofotometrede H_2O_2 'nin 240 nm'de ($E=39.4 \text{ mM cm}^{-1}$) parçalanma oranı esas alınarak ölçülmüştür. Buna göre, son hacim 1 ml olan reaksiyon ortamını 0.1 mM EDTA içeren 25 mM'lık fosfat tamponu (pH 7.6), 0.1 ml 100 mM H_2O_2 ve enzim ekstraktı oluşturmaktadır. Yukarıda hazırlanışı açıklanan ekstrakta 10'ar saniye ara ile 1 dakika süredeki H_2O_2 dekompozisyonu spektrofotometrede okunmuş ve CAT enzim aktivitesi $\mu\text{mol/min/g T.A.}$ olarak hesaplanmıştır.

3.3. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi

290 nm'de ($E=2.8 \text{ mM cm}^{-1}$) askorbatın oksidasyon hızı ölçülerek saptanmıştır. Buna göre, son hacmi 1 ml olan reaksiyon ortamına 0.1 mM EDTA içeren 50 mM'lık fosfat tamponu (pH 7.6), 0.1 ml 10 mM EDTA içeren 12 mM H_2O_2 , 0.1 ml 0.25 mM L(+) askorbik asit ve enzim akstraktı ilave edilerek askorbat oksidasyonu 20 saniye ara ile 1 dakika süredeki askorbat oksidasyonu spektrofotometrede okunmuş ve AP aktivitesi $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$ T.A. olarak hesaplanmıştır.

3.4. Glutasyon redüktaz (GR) enzim Aktivitesi

340 nm'de ($E=6,2 \text{ mM cm}^{-1}$) NADPH' nin oksidasyonu esas alınarak ölçülmüştür. Buna göre, son hacim 1 ml olan reaksiyon ortamına 0.1 mM EDTA içeren 50 mM'lık fosfat tamponu (pH 7.6), 0.1 ml 0.5 mM okside gulutasyon, 0.1 ml 0.12 mM NADPH ve enzim ekstraktı ilave edilerek NADPH oksidasyonu 340 nm'de 20 saniye ara ile 1 dakika süre ile okunmuş ve GR aktivitesi $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{g}$ T.A. olarak hesaplanmıştır.

3.5. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi

Nitro blue tetrazolium kloridin (NBT) ışık altında O_2^- tarafından indirgenmesi yöntemine göre ölçülmüştür. Bu yönleme göre son hacim 5 ml olacak şekilde cam şişeler içinde oluşturulan reaksiyon ortamına önce 0.1 mM Na-EDTA içeren 50 mM'lık (pH 7.6) fosfat tamponundan konulduktan sonra üzerine sırasıyla enzim ekstraktı (25-100 μl), 0.5 ml 50 mM Na_2CO_3 (pH 10.2), 0.5 ml 12 mM L-methionine, 0.5 ml 75 μM p-NBT ve 0.5 ml 10 μM riboflavin eklenmiştir. NBT'in O_2^- tarafından indirgenmesi ise örneklerin 24 °C ve 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ışık intensitesi altında 10-15 dk tutulması ile sağlanmıştır. SOD aktivitesi U/g T.A. olarak

hesaplanmıştır. Bir SOD aktivite ünitesi, (U) 560 nm’de ölçülen NBT’un indirgenme oranının % 50’sinin engellenmesi için gereken enzim miktarı olarak ifade edilmiştir.

3.6. İyon analizleri

İyon analizleri (Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg) kurutulmuş yaprak örneklerinden Taleisnik ve ark. (1997), ın yöntemine göre hazırlanan ekstraktlarda ICP spektrofotometre cihazı kullanılarak tayin edilmiştir. Buna göre; kök, gövde ve yaprak olmak üzere her bir uygulamaya ait 80 °C de 48 saat kurutulmuş örnekler porselen havanda öğütülerek toz haline getirilmiştir. Daha sonra, hassas olarak tartılan bilinen miktardaki örnek, bir tüp içine alınarak üzerine 1 N Nitrik asitten (HNO_3) 10 ml ilave edilerek homojenize edilip 20 dakika süreyle çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Homojenize edilen örnekler 95 °C de bir saat su banyosunda bekletildikten sonra, soğutulularak 3500 rpm de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı alınarak 10 ml daha 1 N HNO_3 ilave edilerek aynı işlem tekrarlanmıştır. Aynı işlem sonunda alınan süpernatant kısmı bilinen bir hacme tamamlanmıştır. Bu şekilde hazırlanan ekstraktlarda Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg^+ iyonları ICP cihazı ile analiz edilmiş absorbans değerleri $\mu\text{g}/\text{mg}$ K.A. olarak hesaplanmıştır.

Deney 3 tekrarlı olarak düzenlenmiş, her bir tekrarda 20 adet tohum, tüm denemede ise 1200 adet tohum kullanılmıştır. Tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekrarlı olarak yürütülen denemenin sonuçları faktörlerin etkisi bakımından varyans analizi ile incelenmiş ve ayrıca uygulamalar arasındaki farklar anlamlı önemli fark (A.Ö.F.) çoklu karşılaştırma yöntemi ile incelenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Dünyada meydana gelen kuraklık problemiyle beraber bilim adamları kuraklık stresini ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için çalışmalar başlatmışlardır. Son yıllarda bor bileşiklerinin tarımda kullanılması gittikçe yaygınlaşmıştır.

Bu çalışma, Soya'da Bor uygulamalarının kuraklık stresi koşullarında bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerindeki etkilerini belirlemek ve kuraklık stresi ile bor arasındaki ilişkileri aydınlatmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve daha sonra farklı sürelerde kuraklık uygulanan soya bitkisinde klorofil miktarı ve bazı antioksidatif enzim aktivitelerindeki değişimler belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Klorofil Miktarları

Kontrol, kuraklık, bor + kuraklık stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen klorofil miktarları Çizelge 3'de verilmiştir. Klorofil miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde klorofil miktarı üzerinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.005$). Kuraklık ve diğer tüm uygulamalarda klorofil miktarının azaldığı belirlenmiştir.

Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam dışında diğer Bor bileşikleri kuraklık şartlarında bitkilerdeki klorofil miktarını önemli düzeyde azaltmıştır (Çizelge 3). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen bitkilerin klorofil miktarının kontrol grubu ile hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Diğer ortamlarda ise kontrole göre önemli azalmalar meydana gelmiştir.

Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen soya yapraklarının klorofil düzeyinin kontrole göre değişmemiş olması, borun kuraklık stresinden kaynaklanan yaprak dökülmelerini önemli ölçüde azaltmış olduğunu göstermektedir. Bu ortamda Klorofil düzeyinin kontrol grubu ile aynı düzeyde kalması potasyum ve borun birlikte kullanılmasının kuraklık stresine karşı klorofil miktarı üzerinde olumlu bir etki yaptığını göstermektedir. Diğer borlu ortamlar kuraklık stresine karşı aynı iyileştirici etkiyi yapmamış olması potasyumun olumlu etkide bulunduğu bir göstergesi olabilir.

Çizelge 3. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde kuraklığın 3, 6, 9, 12, 15, 18 gününde klorofil miktarları ($\mu\text{g}/\text{mg T.A.}$).

Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
Kontrol	128 \pm 1	127 \pm 2	127 \pm 2	125 \pm 2	124 \pm 1
Kuraklık Stresi	99 \pm 2	95 \pm 1	95 \pm 1	96 \pm 1	94 \pm 2
Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	115 \pm 1	115 \pm 1	113 \pm 2	113 \pm 2	113 \pm 4
Amonyum tetraborat tetrahidrat + Stres	84 \pm 3	84 \pm 3	82 \pm 1	80 \pm 2	78 \pm 1
Sodyum bor hidrür + Stres	81 \pm 2	82 \pm 2	82 \pm 3	80 \pm 4	79 \pm 2
Lityum tetraborat tetrahidrat + Stres	88 \pm 1	84 \pm 1	84 \pm 2	82 \pm 2	80 \pm 1
Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	77 \pm 2	75 \pm 2	70 \pm 1	69 \pm 1	66 \pm 2

4.2. MDA Miktarları

Kontrol, kuraklık, bor + kuraklık stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen MDA miktarları Çizelge 4'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde MDA miktarı üzerinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.005$). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda kuraklık stresi uygulanmış bitkilerdeki MDA miktarının kontrole kıyaslandığında değişmediği görülmüştür. 6., 9. ve 12. günlerde MDA oranları birbirine yakın bulunurken kuraklığın süresi ve şiddeti artmaya başlayınca MDA oranında artma meydana gelmiştir. Diğer ortamlarda ise 6. Günden başlayarak 18. güne kadar önemli artış meydana gelmiştir. Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam

dışında diğer bor bileşikleri MDA miktarında kontrole önemli sayılabilecek artışlar sağlamıştır (Çizelge 4).

Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen soya yapraklarının MDA düzeyinin kontrole göre değişmemiş olması, borun kuraklık stresinden kaynaklanan hücre hasarını engellediğini göstermektedir. Lipit peroksidasyon ürünü olan MDA hücre zarında meydana gelen bozulmanın ürünü olarak karşımıza çıktığından, potasyumlu bor uygulanmasının bu bozulmayı önlediği anlaşılmaktadır. Diğer borlu ortamlar kuraklık stresine karşı aynı direnci gösterememişlerdir. Bu ortamlarda MDA düzeyinin kontrol gruplarıyla aynı miktarda kalması potasyum ve borun birlikte kullanılmasının, kuraklık stresine karşı olumlu bir etki yaptığının göstergesi olabilir. Ayrıca Potasyum tetraborat tetrahidratlı bor dışındaki ortamlarda soya yapraklarında lipid peroksidasyon değerlerinin kontrollerden yüksek olması soyanın çevresel stres faktörlerinden daha fazla etkilenebileceği ve serbest radikal oluşumunun daha yüksek olabileceği sonucunu ortaya çıkartmaktadır.

Artan kuraklık stresine bağlı olarak bor uygulamaları sonucunda soya membranlarında oluşan MDA içeriğindeki artış oksidatif hasarın bir göstergesidir (Çizelge 4). Potasyum tetraborat tetrahidratlı bor uygulamasıyla lipid peroksidasyonunda görülen önemsiz değişiklik, borun membranların dayanıklılığına katkıda bulunduğu işaret etmektedir.

4.3. İyon (Na^+ , K^+ , Ca^{++} ve Mg^+) Miktarları

Kontrol, kuraklık, bor + kuraklık stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen iyon miktarları Çizelge 5'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde iyon miktarları üzerinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.005$).

Çizelge 4. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde kuraklığın 3. 6, 9, 12, 15, 18 gününde MDA miktarları ($\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A.) .

Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
Kontrol	48 \pm 1	47 \pm 2	47 \pm 2	45 \pm 3	49 \pm 2
Kuraklık Stresi	59 \pm 1	65 \pm 1	65 \pm 1	66 \pm 2	63 \pm 1
Potasyum tetraborat tetrahidrat+ Stres	49 \pm 1	52 \pm 2	49 \pm 2	45 \pm 1	47 \pm 2
Amonyum tetraborat tetrahidrat+ Stres	62 \pm 2	64 \pm 3	74 \pm 3	73 \pm 2	77 \pm 3
Sodyum bor hidrür + Stres	67 \pm 1	68 \pm 1	74 \pm 1	66 \pm 3	76 \pm 2
Lityum tetraborat tetrahidrat+ Stres	64 \pm 1	69 \pm 2	76 \pm 2	68 \pm 2	68 \pm 1
Sodyum tetraborat dekahidrat+ Stres	65 \pm 1	67 \pm 1	69 \pm 2	72 \pm 1	73 \pm 2

Farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve kuraklık stresi uygulanan yaprakların Na^+ miktarında tüm uygulama ortamlarında önemli ($p < 0,01$) artışlar görülmüştür (Çizelge 5). Kuraklık stresi ve Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda, Na^+ miktarı kontrole kıyaslandığında önemli, diğer uygulama ortamlarıyla kıyaslandığında ise önemsiz miktarda arttığı görülmüştür. Diğer ortamlarda da kontrole göre önemli artışlar meydana gelmiştir.

Kontrol, kuraklık, bor + kuraklık stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen K^+ miktarları Çizelge 5’de verilmiştir. K^+ miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde K^+ miktarı üzerinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.005$). Kuraklık stresi Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda, K^+ miktarı kontrole kıyaslandığında önemli, diğer uygulama ortamlarıyla kıyaslandığında ise önemsiz miktarda arttığı görülmüştür. Diğer ortamlarda da kontrole göre önemli artışlar meydana gelmiştir.

Farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve kuraklık stresi uygulanan yaprakların K^+ miktarında Potasyum tetraborat tetrahidratlı uygulama dışında, kontrole göre önemli bir değişiklik belirlenmemiştir (Çizelge 5). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen soya yapraklarının K^+ düzeyi kontrole ve diğer uygulama ortamlarına göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

Potasyum tetraborat tetrahidratlı bor uygulamasıyla K^+ görülen önemli değişiklik, borun ve K^+ un bitkinin dayanıklılığına katkıda bulunduğuna işaret etmektedir. Kuraklık uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, ortamda diğer bileşiklerle beraber bulunan Na^+ iyonunun gereğinden fazla alınması sonucu oluşan, rekabet nedeniyle K^+ iyonu alımında azalmaların ve böylece diğer ortam uygulamalarındaki K^+ noksanlığının ortaya çıktığı düşünülebilir.

Kontrol, kuraklık, bor + kuraklık stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen Ca^{++} miktarları Çizelge 5’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde Ca^{++} miktarı üzerinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Kuraklık stresi Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda, Ca^{++} miktarı kontrolle kıyaslandığında önemli, diğer uygulama ortamlarıyla kıyaslandığında ise önemsiz değiştii görülmüştür. Diğer ortamlarda kontrole göre anlamsız değişiklikler meydana gelmiştir.

Farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve kuraklık stresi uygulanan yaprakların Ca^{++} miktarında Potasyum tetraborat tetrahidratlı uygulamada, kontrole göre artışlar sağlanmıştır (Çizelge 5). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen soya yapraklarının Ca^{++} düzeyi kontrole ve diğer uygulama ortamlarına göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Artan kuraklık stresine bağlı olarak Potasyum tetraborat tetrahidratlı bor uygulamaları sonucunda soya yapraklarında Ca^{++} miktarında azalma gözlenmiştir. Potasyum tetraborat tetrahidratlı bor uygulamasıyla Ca^{++} oranında stresin artan şiddetine göre görülen dengeli azalma (Çizelge 5) potasyumlu borun bitkinin dayanıklılığına katkıda bulunduğuna Ca^{++} oranının dengede tutulmasına işaret etmektedir.

Kontrol, kuraklık, kuraklık+bor stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen Mg^+ miktarları Çizelge 5’de verilmiştir. Mg^+

miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde Mg^+ miktarı üzerinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Kuraklık stresi Mg miktarında kontrole göre önemli azalmaya neden olmuştur. Tüm bor uygulamalarında da Mg miktarında kontrole göre azalma belirlenmiştir. Ancak Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda kontrole ve kuraklık stresine göre gözlenen azalmanın diğer bor uygulamalarına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Genel olarak iyonların birbirleri ile ilişkileri önemli bulunmuştur. Na^+ un K^+ oranı ile negatif, Ca^{++} ve Mg ile pozitif yönde ilişkili olduğu görülmüştür. K^+ ile Na^{++} arasında %39'luk negatif ve istatistikî açıdan çok anlamlı bir ilişki vardır ($p<0,01$). Dolayısıyla bu değişkenlerden biri arttığında diğeri azalmıştır. (Ek: 5, Çizelge 12) Benzer ilişki Ca^+ ile K^+ arasında %25'lik Mg^+ ile K^+ arasında % 50'lik ve Mg^+ ile Ca^{++} arasında % 23'lük oranda tespit edilmiştir. Mg^+ ile Na^+ arasında ise % 37'lik çok anlamlı pozitif bir ilişki bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 5. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde kuraklığın 3. 6, 9, 12, 15, 18 gününde Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^+ miktarları ($\mu g/mg$ K.A.) .

	Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
Na^+	Kontrol	9.7±1	9.6±11	7.1±2	10.3±3	11.1±1
	Kuraklık Stresi	31.7±1	35.1±1	29.4±1	26.3±1	29.2±1
	Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	27.5±1	25.4±1	21.0±1	27.3±1	25.9±2
	Amonyum tetraborat tetrahidrat + Stres	32.0±3	32.4±4	48.4±4	35.7±4	36.4±3
	Sodyum bor hidrür + Stres	35.1±1	35.7±2	29.9±1	36.4±2	39.8±1
	Lityum tetraborat tetrahidrat + Stres	40.7±2	41.8±1	54.6±1	54.3±1	53.3±2
	Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	32.3±3	33.5±3	45.4±3	36.5±3	37.4±3
K^+	Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
	Kontrol	25.1±1	25.3±1	20.5±2	28.9±3	22.0±1
	Kuraklık Stresi	24.9±2	29.0±5	25.0±2	25.6±2	27.2±2
	Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	34.2±1	34.4±4	36.7±3	37.2±1	41.9±3
	Amonyum tetraborat tetrahidrat + Stres	25.1±2	25.3±3	20.3±1	23.4±3	21.2±2
	Sodyum bor hidrür + Stres	24.5±1	16.9±5	16.4±3	15.9±6	24.1±1
	Lityum tetraborat tetrahidrat + Stres	25.1±1	25.3±2	20.5±2	28.9±4	22.0±2

	Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	29.4±1	19.9±2	17.6±3	25.8±2	16.7±1
Ca ⁺⁺	Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
	Kontrol	28.5±1	16.7±1	22.3±2	24.2±2	26.3±2
	Kuraklık Stresi	19.4±1	15.7±2	18.5±3	17.3±4	18.4±3
	Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	29.9±2	17.9±4	14.5±2	21.8±3	16.6±2
	Amonyum tetraborat tetrahidrat + Stres	26.3±3	25.2±3	19.8±1	17.5±1	25.3±1
	Sodyum bor hidrür + Stres	23.3±2	24.3±1	19.5±2	19.1±1	25.5±2
	Lityum tetraborat tetrahidrat + Stres	29.4±1	19.9±3	14.6±1	25.8±2	30.6±3
	Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	24.4±2	19.5±2	17.6±2	25.8±2	26.3±2
Mg ⁺	Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
	Kontrol	33.1±2	31.9±3	34.2±3	38.8±1	34.1±3
	Kuraklık Stresi	14.8±3	15.3±3	19.4±2	13.7±1	12.9±2
	Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	16.4±2	15.7±3	22.2±1	23.7±2	28.5±2
	Amonyum tetraborat tetrahidrat + Stres	11.5±3	14.3±2	16.5±2	17.8±2	18.5±2
	Sodyum bor hidrür + Stres	13.5±2	17.4±1	18.6±3	18.7±1	14.9±2
	Lityum tetraborat tetrahidrat + Stres	15.3±3	15.2±4	12.2±2	17.8±3	13.9±1
	Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	19.4±2	19.8±2	17.6±3	15.8±2	16.4±2

4.4. Enzim Miktarları

Kontrol, kuraklık, bor + kuraklık stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen enzim miktarları Çizelge 6'da verilmiştir. Enzim miktarı ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde enzim miktarları üzerinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$).

CAT enzim aktivitesi ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 6) enzim miktarı üzerinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Tüm uygulamalar kontrole göre enzim miktarında artışa neden olmuştur. Ancak en fazla artış Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda

belirlenmiştir. Kuraklık stresi Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda diğer ortamlara göre, CAT miktarında kontrole göre çok yüksek artışa neden olmuştur.

Çizelge 6. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde kuraklığın 3. 6, 9, 12, 15, 18 gününde Katalaz miktarı ($\mu\text{mol/dak/mg T.A}$).

Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
Kontrol	54±0.1	54±0.2	52±0.3	53±0.2	53±0.2
Kuraklık Stresi	156±1	158±0.3	155±0.2	157±0.5	160±0.3
Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	255±0.2	255±0.4	258±0.4	260±0.4	265±0.4
Amonyum tetraborat tetrahidrat+ Stres	164±0.3	172±0.2	175±0.3	178±0.3	180±0.5
Sodyum bor hidrür+ Stres	155±0.5	156±0.3	161±0.2	162±0.4	166±0.6
Lityum tetraborat tetrahidrat + Stresi	162±0.3	168±0.2	190±0.3	192±0.2	180±0.4
Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	126±0.4	145±0.4	146±0.2	178±0.3	189±0.3

Kontrol, kuraklık, bor + kuraklıkstresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen GR enzim aktivitesi miktarları Çizelge 7’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam dışında, kuraklık stresi ve diğer Bor uygulamaları GR enzim aktivitesinde kontrole göre artışa neden olmuştur. Diğer yandan Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam uygulaması hem kontrol hem de kuraklık stresi uygulamalarına göre GR miktarının azalmasına neden olmuştur. Diğer bor + kuraklık uygulaması ortamlarında da kontrole göre artışlar olmasına rağmen bu artışlar önemli bulunmamıştır.

Çizelge 7. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde kuraklığın 3. 6, 9, 12, 15, 18 gününde Gulutasyon Redüktaz miktarı ($\mu\text{mol/dak/mg T.A}$).

Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
Kontrol	155 \pm 0.2	152 \pm 0.4	152 \pm 0.4	153 \pm 0.4	156 \pm 0.8
Kuraklık Stresi	158 \pm 0.3	158 \pm 0.2	155 \pm 0.2	156 \pm 0.5	163 \pm 0.7
Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	97 \pm 0.4	87 \pm 0.3	102 \pm 0.3	103 \pm 0.6	108 \pm 0.6
Amonyum tetraborat tetrahidrat + Stres	181 \pm 0.6	182 \pm 0.4	172 \pm 0.4	181 \pm 0.4	189 \pm 0.4
Sodyum bor hidrür + Stres	123 \pm 0.4	145 \pm 0.4	151 \pm 0.3	155 \pm 0.3	155 \pm 0.5
Lityum tetraborat tetrahidrat + Stres	142 \pm 0.2	145 \pm 0.3	154 \pm 0.4	152 \pm 0.4	159 \pm 0.6
Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	133 \pm 0.3	144 \pm 0.4	149 \pm 0.5	152 \pm 0.4	151 \pm 0.7

Kontrol, kuraklık, kuraklık+bor stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen APX enzim aktivitesi miktarları Çizelge 8’de verilmiştir. APX enzim aktivitesi ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Kuraklık stresi ve diğer tüm uygulamalar APX miktarında kontrole göre artışa neden olmuştur. Ancak Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda kuraklık uygulanmış bitkilerde APX miktarındaki artışın diğer ortamlara göre daha az olduğu gözlenmiştir. Kuraklık ve Diğer bor+ kuraklık uygulaması ortamlarında da kontrole göre artışlar önemli görülmektedir. Ancak bu uygulamaların birbiriyle olan farkları önemsiz bulunmuştur.

Kontrol, kuraklık, bor + kuraklık stresi altında 6, 9, 12, 15, 18 gün yetiştirilen soya yaprak dokularında belirlenen SOD aktivitesi miktarları Çizelge 9’da verilmiştir. SOD aktivitesi ile ilgili analiz sonuçları incelendiğinde kuraklık ve bor etkisinin istatistik olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0.005$). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda dışında kuraklık ve diğer uygulamalar SOD aktivitesinde kontrole göre önemli artışa neden olmuştur.

Çizelge 8. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde kuraklığın 3. 6, 9, 12, 15, 18 gününde Askorbat peroksidaz miktarı ($\mu\text{mol/dak/mg T.A}$).

Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
Kontrol	114 \pm 0.3	113 \pm 0.5	112 \pm 0.3	113 \pm 0.4	117 \pm 0.7
Kuraklık Stresi	256 \pm 0.3	258 \pm 0.2	255 \pm 0.2	257 \pm 0.5	260 \pm 0.8
Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	148 \pm 0.5	148 \pm 0.5	132 \pm 0.3	134 \pm 0.4	135 \pm 0.6
Amonyum tetraborat tetrahidrat + Stres	283 \pm 0.4	282 \pm 0.4	276 \pm 0.4	281 \pm 0.4	284 \pm 0.4
Sodyum bor hidrür + Stres	224 \pm 0.5	245 \pm 0.4	251 \pm 0.4	255 \pm 0.3	261 \pm 0.4
Lityum tetraborat tetrahidrat + Stres	245 \pm 0.3	228 \pm 0.3	250 \pm 0.4	250 \pm 0.4	259 \pm 0.5
Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	236 \pm 0.3	244 \pm 0.3	249 \pm 0.3	252 \pm 0.3	255 \pm 0.6

Farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve kuraklık stresi uygulanan yaprakların SOD enzim miktarları karşılaştırıldığında Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda SOD miktarının kontrol grubundan ve diğer uygulamalardan düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen soya yapraklarının SOD enzim miktarının kontrole göre değişmemiş olması, potasyumlu bor uygulamasının kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırdığını göstermektedir. Kuraklık stresi +Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda, SOD miktarının kontrole göre azalmamış olduğu görülmektedir. Diğer bor+ kuraklık uygulaması ortamlarında da kontrole göre artışlar önemli görülmektedir.

Sonuç olarak Farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve kuraklık stresi uygulanan yaprakların enzim miktarında Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam önemli sayılabilecek değişiklikler sağlamıştır (Çizelge 6). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen soya yapraklarının enzim miktarlarında kontrole göre gözlenen değişimler, potasyumlu borun kuraklık stresinden kaynaklanan olumsuz etkilerin ortadan kaldırılmasında bitkinin GR, APX ve SOD mekanizmalarını çalıştırmada etkili olarak yapabileceğini göstermektedir.

Çizelge 9. Bor + kuraklık uygulanan bitkilerde kuraklığın 3. 6, 9, 12, 15, 18 gününde Süperoksitdizmutaz miktarı (U/dak/mg T.A.)

Uygulamalar	6. gün	9. gün	12. gün	15. gün	18. gün
Kontrol	150±0.2	150±0.4	162±0.3	153±0.5	158±0.4
Kuraklık Stresi	266±0.1	264±0.2	261±0.2	265±0.4	272±0.5
Potasyum tetraborat tetrahidrat + Stres	129±0.4	136±0.3	141±0.2	147±0.5	148±0.5
Amonyum tetraborat tetrahidrat + Stres	284±0.3	282±0.4	272±0.4	281±0.4	298±0.4
Sodyum bor hidrür + Stres	325±0.4	345±0.4	351±0.3	355±0.3	368±0.5
Lityum tetraborat tetrahidrat + Stres	244±0.3	248±0.4	253±0.4	250±0.4	278±0.6
Sodyum tetraborat dekahidrat + Stres	331±0.3	344±0.4	346±0.5	351±0.4	359±0.4

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bitki beslenmesinin bor bileşikleriyle iyileşmesi ve kuraklık toleransının arttığı değişik bitkilerde birçok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (Gupta, 1985; Rerkasem ve ark., 1989; Power ve ark., 1998; Power ve ark., 1998). Bor bileşiklerinin soyada kuraklık toleransı üzerine etkisi ve özellikle etki mekanizması literatürde çok az rastlanan bir konudur. Bu çalışmada, soyada farklı bor bileşiklerinin kuraklık stresinde klorofil, mineral element konsantrasyonları ve bazı antioksidatif enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

5.1. Yaprakların Klorofil Konsantrasyonu

Çalışmamızda kuraklık yaprakların klorofil miktarını azaltmıştır. (Çizelge 3). Tüm ölçümlerde klorofil miktarında kuraklıkla beraber azalan değerlerin bor uygulamasına bağlı olarak değişmesi klorofil düzeyleri ile bor arasındaki literatürde rapor edilen pozitif ilişkiyi doğrulamaktadır. (Huangve ark., 1990). Kuraklıkla birlikte uygulanan bor bileşiklerinden potasyumlu bor bileşiği dışındaki diğer bor uygulanmış tüm ortamlarda da klorofil miktarının kontrolden düşük çıktığı belirlenmiştir. Potasyumlu bor uygulamasında klorofil miktarının kontrol değerlerine yakın olması ve aynı zamanda bu gruptaki bitkilerin MDA miktarı ile ilgili değişimler bu uygulamadaki bitkilerin zararlarının daha az zarar gördüğünü göstermekte ve potasyumlu borun kuraklık stresi üzerindeki iyileştirici etkisini açıklamaktadır.

İki farklı soya türüyle yapılan bir çalışmada, kuraklık stresine toleranslı olan soyanın stresle birlikte toplam klorofilde önemli artış olurken, kuraklık stresine hassas olan türde ise istatistiksel olarak önemli değişikliklerin olduğu bildirilmiştir

(Froser ve ark., 1993; Katerji ve ark., 1998; Umezawa ve ark., 2000; Murillo ve ark., 2006; Rashid ve ark., 2002; Chattopadhyay ve ark., 2002; Murillo ve ark., 2006; Soylu ve ark., 2004).

5.2. Lipid Peroksidasyonu

Çalışmalar, kuraklık stresinde lipid peroksidasyonunun arttığı yönündedir. Bu bağlamda, mısır ve hıyarda yürütülen denemelerde kuraklık stresinin neden olduğu en karakteristik değişikliğin lipid peroksidasyonundaki artış olduğudur (Chen ve ark. 2000; Shen ve ark, 1999a). Kendall ve McKersie (1989)'nin bildirdiğine göre, stres koşullarında üretilen aktif O₂ radikalleri membranlarda lipid peroksidasyonuna neden olmakta ve bu durum da membranların zararlanmasıyla sonuçlanmaktadır. Bizim çalışmamızda da kuraklık stresinde lipid peroksidasyon değerlerinin yüksek olması çevresel stres faktörlerinden biri olan kuraklık şartlarında zararın daha fazla ve daha önce etkilenebileceği ve serbest radikal oluşumunun daha yüksek olabileceği sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Kuraklıkla beraber bor uygulamasındaki denemede lipid peroksidasyonu ile kuraklık arasında anlamlı ilişkiler bulunduğu, bor ile kuraklık süresi arasında ise lipid peroksidasyonu üzerinde etkisiz olduğu, ama potasyumlu bor uygulamasının etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu durum kuraklık derecesiyle ilgili olabilir. Nitekim tüm denemelerinin yürütüldüğü uygulamalarda minimum MDA konsantrasyonu potasyumlu bor uygulanan bitkilerin daha az strese maruz kaldığını göstermektedir. Diğer ortamlardaki lipid peroksidasyonu kontrole ve potasyumlu uygulamalara göre daha belirgin olarak yüksek çıkmıştır. Stres şartlarında lipid peroksidasyonu değerindeki hızlı artış; potasyumlu ortama göre stresten daha çok etkilendiğini ve serbest oksijen radikalleri miktarının daha fazla olabileceğini ortaya koymaktadır. Kontrol bitkilerine göre değerlendirildiğinde, bor uygulanması ile lipid peroksidasyonunda meydana gelen artış, stresin ortadan kalkmasıyla veya şartların iyileştirilmesiyle ve özellikle potasyumlu bor uygulamasıyla önemli ölçüde gerilemiştir. Soyada bor bileşikleri uygulamasının kuraklık stresine karşı bitkileri koruyucu rol oynadığı değişik araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Lea-Cox ve Syvertsen, 1995; Bondada ve ark., 2001).

Kuraklık uygulamasına bağılı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, klorofil ve MDA değerlerinin ise kuraklık stresiyle değıştiğı fark edilmiştir. Kuraklık stresinde klorofil seviyesi azalmış, MDA miktarı artmıştır. Potasyumlu bor uygulaması bu etkileri azaltmıştır.

5.3. Yapraklarda İyon Konsantrasyonu

Bu çalışmada uygulanan bor bileşiklerinin uygulama konsantrasyonları Bergmann tarafından bazı bitkiler için ayrı ayrı verilen optimum bor sınır değerleri aralığındadır, Soyada optimum bor beslenmesi için bor bileşiklerinin farklı konsantrasyonunun en düşük % 2.2-3.0, en yüksek ise % 3.0-3,5 arasında olması gerektiğı bildirilmiştir (Bergmann, 1993). Çalışmada elde edilen mineral element düzeyleri Embleton ve ark. (1973) ve Chapman (1976) tarafından bildirilen sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Potasyumlu bor uygulamaları sonucu elde edilen iyon konsantrasyonu sınır değerlere yaklaşırken, kuraklık uygulamasından da daha az etkilenmiştir. Diğer bor uygulamalarında iyon değerleri sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur.

Potasyum (K^+)'un bitkilerin kuraklıktan korunmasında önemli rol aldığı bildirilmiştir (Marschner, 1995). Çalışmamızda farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve kuraklık stresi uygulanan yaprakların Na miktarı kuraklıkla artarken potasyumlu bor uygulaması bu artışın en az düzeyde kalmasını sağlamıştır. Diğer yandan K^+ miktarında Potasyum tetraborat tetrahidratlı uygulama dışında, kontrole göre azalma olmakla birlikte bu azalmalar önemli bulunmamıştır (Çizelge 5). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen soya yapraklarının K^+ düzeyi kontrole ve diğer uygulama ortamlarına göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Potasyum tetraborat tetrahidratlı bor uygulamasıyla K^+ görülen önemli artış, borun ve K^+ un bitkinin dayanıklılığına katkıda bulunduğuna işaret etmektedir. Kuraklık uygulamasına bağılı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için

osmotik potansiyellerini düşürdükleri, ortamda diğer bileşiklerle beraber bulunan Na^+ iyonunun gereğinden fazla alınması sonucu oluşan, rekabet nedeniyle K^+ iyonu alımında azalmaların ve böylece diğer ortam uygulamalarındaki K^+ noksanlığının ortaya çıktığı düşünülebilir.

Çalışmamızda ise kuraklık ve potasyumlu bor uygulaması dışında diğer bor uygulamalarında K^+ miktarında görülen azalma yapraklarda vejetatif büyümeyle ilgili olarak K^+ konsantrasyonunun azalmasından kaynaklanabilir. Bu durum Marschner (1995) tarafından "büyümeyle-seyrelme" olarak açıklanmaktadır. Ayrıca, K^+ konsantrasyonundaki azalmanın K^+ 'un floemdeki hareketliliğinden dolayı yaprak yaşındaki ilerlemeyle birlikte arttığı bildirilmiştir (Sparks, 1977; Uriu ve Crane, 1977). Potasyumun yapraklardan gövdeye ve meyveye hareketi söz konusudur ve buna bağlı olarak kuraklık uygulamalarında yapraklardaki K^+ konsantrasyonunun düşmesi beklenen bir sonuç olarak görülebilir. Nekrozlar şeklinde yaprak kenarlarında ortaya çıkan tipik K^+ noksanlığı belirtileri denemelerde görülmemiştir.

Kuraklık ve Bor uygulamaları Ca^{++} miktarını kontrole göre azaltmıştır. Potasyumlu bor uygulaması ise Ca^{++} miktarının kontrol düzeylerinde kalmasını sağlamıştır.

Kuraklık stresi Mg^+ miktarında kontrole göre önemli azalmaya neden olmuştur. Tüm bor uygulamalarında da Mg^+ miktarında kontrole göre azalma belirlenmiştir. Ancak Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda kontrole ve kuraklık stresine göre gözlenen azalmanın diğer bor uygulamalarına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Embleton ve ark. (1973) ve Chapman (1976) tarafından bazı bitkiler için optimum Magnezyum (Mg^+) konsantrasyonunun 25 mg / kg K.A. arasında olması gerektiğini bildirilmiştir. Buna göre yapraklarda ölçülen Mg^+ konsantrasyonunun

normal ve normalin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Magnezyumun floemdeki hareketliliği minimum olduğundan (Marschner, 1995) mevsim boyunca yapraklardaki düzeyinin az değiştiği düşünülmektedir. Kuraklık stresinde Mg^{+} düzeyinde azalma görülmüştür. Potasyumlu bor uygulaması kuraklık koşulunda Mg^{+} miktarındaki azalmayı en az düzeyde tutmuştur. Potasyumlu bor uygulamalarında Mg^{+} düzeyi deneme süresince sabit bir seyir izlemiştir. Kuraklıkla beraber bor uygulamaları sonucunda potasyumlu bor uygulaması dışında soya yapraklarında ölçülen Mg^{+} konsantrasyonunun Embleton ve ark. (1973) ve Chapman (1976)'nın verdiği 25 mg / kg K.A. sınır değerinin altında olması bitkilerde Mg^{+} noksanlığı olabileceği düşüncesine neden olmaktadır. Fakat bu durum bitkilerde gözle görülebilir Mg^{+} noksanlığı belirtilerine yol açmamıştır. Embleton ve ark. (1973) ve Chapman (1976) tarafından bitkiler için verilen optimum magnezyum (Mg^{+}) konsantrasyonuna göre, yapraklarda ölçülen Mg^{+} konsantrasyonu kontrolde optimum düzeylerdeyken, kuraklık ve bor uygulamalarında optimum sınırlar altında bulunmuştur. Potasyumlu bor uygulamalarında ise optimum sınırların üzerinde bulunmuştur (çizelge 5).

5.4. Enzim aktivitelerindeki değişim

Kuraklık stresiyle birlikte süperoksit dismutaz (SOD), Glutatiyon redüktaz (GR), katalaz (CAT) ve Askorbat peroksidaz (APX) aktivitelerinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Kuraklık kontrole göre tüm enzimlerin miktarında artışa neden olmuştur. Ayrıca Bor uygulamaları da kuraklık koşulunda Katalaz, GR, APX enzim aktivitelerinde artışa neden olmuştur (Çizelge 6,7,8,9). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam kuraklık stresi koşulunda diğer ortamlara göre, CAT aktivitesinde en fazla artışa, GR ve APX aktivitesinde ise en az artışa neden olmuştur.

Stresin katalaz aktivitesi üzerinde engelleyici etkisi birçok araştırmaya konu olmuştur. Kuraklık stresine bağlı hücre tahribatında katalaz aktivitesindeki azalmanın belirleyici rol oynadığı vurgulanmıştır. Prasad (1997), Shalata ve ark., (2001)'na göre, mısır bitkilerinde kuraklık stresine karşı korunmada katalaz belirleyici bir rol oynamaktadır. Prasad (1997), çalıştığı enzimler içerisinde kuraklık toleransı ile en iyi ilişkiyi katalazın verdiğini bulmuştur. Çalışma sonuçlarımız kuraklıkta katalaz aktivitesindeki artışın soya için belirgin olduğunu göstermektedir. Katalaz aktivitesine bakarak bor uygulamasının kuraklık toleransını önemli ölçüde arttırdığını söyleyebiliriz (Çizelge 6).

Kuraklık stresi ve potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam dışında diğer bor uygulamaları GR enzim aktivitesinde kontrole göre artışa neden olmuştur. Potasyum tetraborat tetrahidratlı uygulaması ise hem kontrol hem de sadece kuraklık stresi uygulamalarına göre GR aktivitesinin azalmasına neden olmuştur.

Kuraklık stresinde GR düzeylerinin farklı şekilde etkilendiğini ortaya koyan önemli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, *Arabidopsis thaliana*'nın stresle birlikte GR aktivitesinde artışlar olduğu bulunmuştur (Kubo ve ark. 1999; Chattopadhyay ve ark., 2002). Hıyarda yapılan bir çalışmada GR aktivitesinin stres uygulamasından sonra bitkilerde dereceli olarak artış gösterdiği, fakat buradaki enzim aktivitesinin oranının bilinen enzim düzeyinin altında olduğu ölçülmüştür (Lee ve Lee, 2000). Kuraklık stresiyle birlikte GR düzeyinin domates yapraklarında değişmediği (McKersie, 1993; Doğan, 2004), çeltikte düştüğü (Fadzillah ve ark, 1996; Chattopadhyay ve ark., 2002) bildirilmiştir.

Kuraklık stresi ve Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam dışında diğer tüm bor uygulamaları APX aktivitesinde kontrole göre artışa neden olmuştur. Ancak Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda kuraklık uygulanmış bitkilerde APX aktivitesi kontrole göre daha yüksek ancak kuraklık uygulanmış bitkilerden daha

düşük olarak belirlenmiştir. Bizim bulgularımıza paralel olarak Askorbat peroksidaz aktivitesinin kuraklık uygulamasından sonra çeltik fidelerinde arttığı bulunmuştur. (Oidaire ve ark, 2000).

Gaspar ve ark. (1985), Mittova ve ark., (2004)' na göre, yüksek askorbat peroksidaz aktivitesi, lokalize olduğu, hücre duvarlarında ve / veya sitosolde yüksek düzeyde H₂O₂ üretiminin olduğunu gösterebilir. Bu nedenle APX aktivitesindeki düşümlere bağlı olarak bu enzimin lokalize olduğu yerlerde H₂O₂ düzeyinin düşük olabileceğini söyleyebiliriz.

Kuraklık stresi SOD aktivitesinde de artışa neden olmuştur. Ayrıca, Potasyumlu bor uygulaması dışında, kuraklıkla birlikte diğer bor uygulamaları da SOD aktivitesinde de artışa neden olmuştur. Ancak potasyumlu bor uygulaması kuraklık koşulundaki bitkilerde SOD aktivitesinin kontrolden ve sadece kuraklık uygulanmış bitkilerden daha az düzeyde kalmasına neden olmuştur (Çizelge 9).

Değişik araştırmacılar tarafından kuraklık stresine bağlı olarak sözkonusu enzim düzeylerinin farklı şekilde etkilendiği bulunmuştur. Buna göre, SOD, APX ve GR aktiviteleri kuraklık stresiyle birlikte fasulyede arttığı bulunurken (Kotur ve ark., 1998), antioksidatif savunma sisteminde belirleyici rolü olan katalaz enzim aktivitesinin ise Arabidopsis thaliana' da düştüğü (Kubo ve ark., 1999), çeltik fidelerinde etkilenmediği (Oidaire ve ark., 2000) bulunmuştur.

Le ve Le (2000)'nin hıyar bitkisiyle yaptıkları çalışmada yaprakların SOD aktivitesinin kuraklık uygulaması sırasında arttığı ve stres sonrası 12. saatte ölçülen aktivitenin kontrol bitkilerinin aktivitesiyle aynı olduğu rapor edilmiştir.

Strese iyi adapte olmuş yabancı domates türünün (*Lycopersicon peruvianum*), kültürü yapılan modern domatese (*L. esculentum*) göre strese karşı daha dayanıklı olmasının nedeni yabancı türün aktif oksijen radikallerinin oluşumunu daha etkin şekilde engellemesiyle ilişkili bulunmuştur (Bruggemann ve ark., 1999; Mittova ve ark., 2002). Süperoksit dismutazın (SOD), süperoksit radikali (O_2^-)'nin H_2O_2 ve O_2 'ye dismutasyonunu katalizleyerek (Bowler ve ark., 1992; Scandalious, 1993; Çakmak ve ark., 1993; Çakmak, 1994), süperoksit konsantrasyonunun düşük ve sabit bir durumda kalmasını sağladığı ve bu nedenle Haber-Weiss reaksiyonu üzerinden hidroksil radikal oluşumunu minimize ettiği (Elstner, 1982) bildirilmiştir. Bu sonuçlarla uyumlu olarak bizim çalışmamızda da potasyumlu bor uygulamasıyla birlikte kuraklık koşulunda SOD aktivitesi kontrol ve sadece kuraklık uygulanmış bitkilerdeki SOD aktivitesinden düşük bulunmuştur.

Bazı hassas genotiplerde SOD miktarının düşme nedeninin fotosentetik olayların yaprak kloroplastlarında meydana geldiği, süperoksitdismutazın kloroplastlarda yer aldığı (Jackson ve ark., 1978) göz önüne alınırsa bu çalışmadaki enzim aktivitesinin de buna bağlı olarak azaldığı düşünülmektedir.

Farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve kuraklık stresi uygulanan yaprakların SOD enzim miktarları karşılaştırıldığında Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda dışında kuraklık ve diğer uygulamalar SOD aktivitesinde kontrole göre önemli artışa neden olmuştur.. Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda SOD miktarının kontrol grubundan ve diğer uygulamalardan düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9). Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortamda yetişen soya yapraklarının SOD aktivitesinin kontrole göre azalmış olması, potasyumlu bor uygulamasının kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkisini ortadan kaldırabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, kuraklık uygulamasına bağlı olarak bitkilerin su seviyelerini belirli düzeyde tutmak için osmotik potansiyellerini düşürdükleri, klorofil ve MDA değerlerinin ise kuraklık stresiyle değiştiği belirlenmiştir. Kuraklık stresinde Na^+ birikimi ve MDA miktarı artmış K^+ , Ca^{++} , Mg^+ ve klorofil miktarı ise azalmıştır. Potasyumlu bor uygulaması ise, sadece kuraklık uygulanmış bitkilere göre daha az Na^+ birikimini, klorofil miktarında daha az azalma ve daha az MDA oluşumunu sağlayarak kuraklık stresinin zararlı etkilerini azaltmıştır. Bu uygulama ayrıca kontrol ve kuraklık uygulanmış bitkilere göre K^+ miktarında artışa neden olmuş, Ca^{++} miktarlarının kontrol düzeylerinde kalmasına ve Mg^+ daki azalmanın en az düzeyde olmasına neden olmuştur. Farklı bor bileşikleri uygulanarak büyütülen ve kuraklık stresi uygulanan yaprakların enzim aktivitelerinde Potasyum tetraborat tetrahidratlı ortam önemli sayılabilecek değişiklikler sağlamıştır. Potasyum tetraborat tetrahidratın soya'da kuraklık stresinin zararlı etkilerinin azaltılmasında muhtemelen bitkinin iyon birikim mekanizmaları ile katalaz, GR, APX ve SOD enzim mekanizmalarının çalışmasını etkileyerek rol oynayabileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

ASHRAF, M., 1994, Breeding for salinity tolerance in plants, critical reviews in plant sciences, 13(1), 27-42.

ARIOĞLU, H.H. ve GÜLLÜOĞLU, L., 2005. Farklı yetiştirme koşullarında uygulanan bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin soyada bakla çatlama oranı ve verim kaybı üzerine etkileri, J. Agric. Fac. HR.U. 9(1):37-42.

BAKOĞLU, A. ve AYÇİÇEK, M., 2005. Elazığ şartlarında soya fasulyesinin *Glycine max. (L.) Merr.* tarımsal özellikleri ve tohum verimi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 17(1):52-58..

BELKHODJA, R., MORALES, F. ve ABADÍA, GOMEZ-ASPARISI, J., 1994, Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare* L.), Plant Physiol, 104, 667-673.

BERGMAN, W., 1993, Plant analysis purpose evolution and table showing adequate ranges of mineral plant nutrients, nutritional disorders of plants development, visual and analytical diagnosis, (Ed: W. Bergmann), 333-371, Gutv Fisher, Stuttgart, New York.

BLUM, A., 1985. Breeding crop varieties for stress environments CR Critical reviews in Plant Sciences, 2,199-238.

BONDADA, B.R., D.M. OSTERHUIS ve N.P. TUGWELL. 1999. Cotton growth and yield as influenced by different timing of late-season foliar nitrogen fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems 54:1-8.

BOWLER, C., VAN MONTAGU, M. ve INZE, D., 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 43: 83-116.

BRUGGEMANN, W., BEYEL, V., BRODKA, N., POTH, H., WEIL, M. ve STOCKHAUSE, J., 1999. Antioxidative enzymes in wild-type and transgenic *Lycopersicon* genotypes of different chilling tolerance. 140, 2, 145-154.

CHAPMAN, H.D., 1976. The mineral nutrition of citrus. Plant Physiol. 17: 333-335.

CHATTOPADHAYAY, M. K., TIWARI, B. S., CHATTOPADHAYAY, G., BOSE, A., SENGUPTA, D.N. ve GHOSH, B., 2002. Protective role of exogenous polyamines on salinity-stressed rice (*Oryza sativa*) plants. 116: 192-199.

CHEN, G. ve ASADA, K., 1998, Ascorbat peroksidase in tea leaves: Occurrence of isoenzymes and differances in their enzymatic and molecular properties, Plant Cell Physiol., 30, 987-998.

CHEN, W.P., LI, P.h. ve CHEN, T.H.H., 2000. Glycinebetaine increases chilling tolerance and reduces chilling-induced lipid peroxidation in *Zea mays* L. Plant, Cell environ. 23: 609-618.

CUERTO ve FERNANDEZ-MUNOZ, R.,1999, Tomato and salinity, Sci. Hort. 78, 83-125.

ÇAKMAK, İ. ve MARSCHNER, H., 1992, Magnesium defficiency and highlight intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves, Plant Physiology., 98, 1222-1226.

ÇAKMAK., İ., 1994, Activity of ascorbate-dependent H₂O₂ scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhancend in magnesium and potassium deficient leaves, but not in phosphorus deficient leaves, J. Exp. Bot., 45, 1259-1266.

DOĞAÇ, A., YAZICI, A., TOROSLU, I.H., CİÇEKLİ, N. ve SENKUL, P., 2008. International konference of Data Engineering (ICDE)."METU".

DOĞAN, M., 2004. Domates (*Lycopersicon Sp-*)'te tuz stresinin bazı fizyolojik parametreler ve antoksidant enzim aktiviteleri üzerindeki etkilerinin in vivo ve invitro olarak incelenmesi (Doktora tezi).

DEMİREZEN, E. ve YILMAZ, D., 2008. Tuzluluk ve kuraklık stresinin *Groenlandia densa*'da büyümeye etkisi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon..

ELLIS, R.H., ROBERTS, E.H., SUMMERFIELD, R.J. ve COOPER, J.P., 1988, Environmental control of flowering in barley (*Hordeum vulgare* L.). II. Rate of development as a function of temperature and photoperiod and its modification by low temperature vernelization, Ann. of Bot., 62, 145-158.

ELSTNER, E.F. 1982. Oxygen activation and oxygen toxicity. Ann. Rev. Plant Physiol., 33: 73-96.

EMBLETON, T.W. ve JONES, W.W. 1974. Foliar-Applied nitrogen for citrus fertilization. J. Environ. Quality. 3 (4): 388-391.

FADZILLAH, N.M., GILLI V., FINCH, R.P. ve BURDON, R. H. 1996. Chilling oxidative stres and antioxidant responses in shoot culture of rice, Planta, 199: 552-556.

FROSER, C., 1993. Milling, Flour and Feed European Directory Publication Turret Group, P.L.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Dosyaları 1993. TMO Dosyaları 1993.

GANIEVA, R., ALLAHVERDIEV, S., BAYRAMOVA, S. ve NAFISI, S., 1997, Effect of polystimuline-K on maize (*Zea mays L.*) seedlings pigment apparatus formation on the sodium chloride salinity, Tr. J. Botany, 21, 253-257.

GASPAR, T., PENEL, C., CASTILLO, J.F. ve GREPPIN, H., 1985. A two-step control of basic and acidic peroxidases and its significance for growth and development. *Physiol. Plant.* 64: 418-423.

GEZGİN, S. ve HAMURCU, M., 2006. Bitki Beslemede Besin Elementleri Arasındaki Önemi ve Bor İle Diğer Besin Elementleri Arasındaki Etkileşimler. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (39), 24-31.

GIGON, A., MATOS, A., LAFFRAY, D., ZUILY-FODIL, Y. ve PHAM-THI, A., 2004. Effect of Drought Stress on Lipid Metabolism in the Leaves of *Arabidopsis thaliana* (Ecotype Columbia) *Annals of Botany* Volume 94, Issue3 Pp. 345-351.

GREENWAY, H. ve MUNNS, R., 1980, Mechanisms of salt Tolerance in nonhalloptypes, *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31, 149-190.

GOLDBERG, S., 1997, Reactions of Boron With Soils, Kluwer Academic Publishers, Printed in The Netherlands, 193: 35-48.

GOLDBERG, S. ve FORSTER, H. S., 1991, Boron adsorption on calcareous soils and reference calcites, *Soil Science*, Baltimore, v.152, n.4, p.304-310.

GUPTA, U., C., JAME, Y., W., CAMPPELL, C.A., LEYSHON, A.J. ve MICHOLAICHUK, W., 1985. Boron Toxicity And Deficiency. A. Review. *Can. J. Of Soil Sci.*, 65, 381-408.

GÜLLÜOĞLU, L. ve ARIOĞLU, H. H., 2005. Farklı yetiştirme koşullarında uygulanan bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin soyada (*Glycine max. (L.) Merr.*) bakla çatlama oranı ve verim kaybı üzerine etkileri, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi J. Agriculture Fac.* 9(1):37-42.

HAKKI, E. E., 2008. Bitkilerde bor taşıyıcısı genlerin borun noksanlık ve toksite koşullarında işlevleri, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.

HAMADA, E.A.M., HAMOUD, M.A., EL-SAYED, M.A., KIRKWOOD, R.C. ve EL-SAYED, H., 1992, Studies on the adaptation of selected species of the family *Gramineae* A. Juss. To salinization, Fedes Repertorium, 103, 1-2 87-98.

HAMURCU, M., HARMANKAYA, M., SOYLU, S., GÖKMEN, F., GEZGİN, S., ÖZBEK, Z., BABAOĞLU, M. ve HAKKI, E.E., 2006. Makarnalık Buğdayın (*Triticum durum* L.) Bazı Besin Elementleri Kapsamına Farklı Dozlarda Bor ve Demir Uygulamalarının Etkisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20(38):1-8, Konya.

HAMURCU, M., TAMKOÇ, A., GÖKMEN, F., GEZGİN, S., ÖZBEK, Z., BABAOĞLU, M. ve HAKKI, E.E., 2006. Farklı Bor ve Demir Uygulamalarının Bezelye Hatlarının Gelişimi Üzerine Etkisi. ^. Uluslar arası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı s:145-153, 02-04 Kasım, Ankara.

HOAGLAND, D.R. ve ARNON D.I., 1938. The water culture method for growing plants without soil. Circ. Calif. Agr. Exp. Sta., 347-461.

HUANG, C. ve GRAHAM, R.D., 1990. Resistance of Wheat Genotypes to Boron Toxicity is Expressed At Cellular Level. Plant Soil.26:295-300.

İŞLER, N. ve ÇALIŞKAN, M. E., 1998. Gap bölgesi ekolojik koşullarında soyada (*Glycine max. (L.) Merr.*) verim ve verime etkili bazı özelliklerin korelasyonu ve path analizi, Tr. J. Of Agriculture and forestry 22, 1-5, Tübitak.

JACKSON, C., DENCH, J., MORORE, A.L., HALLIWELL, B., FOYER, C.H. ve HALL, D.O. 1978. Subcellular localisation and identification of superoxide dismutase in the leaves of higher plants, eur. J. Biochem. 91: 339-344.

JONES, M. M. N. ve TURNER, C., 1978. Osmotik adjustment in leaves of Sorghum in response to water deficits, Journal of plant 18,2219-2227.

JOSHI, R. P., SHOH, A. ve MISRO, A. P., 1984. Effect of time of sowing and spacing on growth and yield on broad bean. Faba bean abstract September, Vol.3, No.6..

KALEFETOĞLU, T. ve EKMEKÇİ, Y., 2008. Kuraklıkla indüklenen oksidatif stresin nohut çeşitlerinin fotokimyasal ve antioksidan aktiviteleri üzerine etkisi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.

KATERJI, N., VAN HOOM, J.W, HAMDY, A., MASTRORILLI, M. ve KARAM, F., 1998a. Salinity and drought, a comparison of their effects on the relationship between yield and evapotranspiration. *Agric. Water Manage.* 36, 45-54.

KENDALL, E.J. ve MCKERSIE, B.D. 1989. free radical and freezing injury to cell membranes of winter wheat. *Physiol. Plant.* 76. 86-94.

KOTUR, S.C., 1998. Evaluation of lime, Boron and Their Residue on Three Cropping Sequences of Non-cruciferous Vegetables for Yield, Composition of Leaf and Soil Properties on an Alfisol. *Indian J. Agr. Sci.*, 68 (11), 718-721.

KUBO, A., AONO, M., NAKAJIMA, N., SAJI, H., TANAKA, K. ve KONDO, N. 1999. Differential responses in activity of antioxidant enzymes to different environmental stresses in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Plant Research.* 112, 1107, 279-290.

LEA-COX, J.D. ve J.P. SYVERTSEN. 1996. How nitrogen supply affects growth and nitrogen uptake, use efficiency and loss from citrus seedlings. *J. Amer. Hort. Sci.* 121:105–114.

LEE, D.H. ve LEE, C.B. 2000. Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber in gel enzyme activity assays. *Plant sci.* 159: 75-85.

LUNA, C., SEFFINO, L. G., ARIAS, C. ve TALEISNIK., 2000, Oxidative stress indicators as selection tools for salt tolerance in *Chloris gayana*, *Plant breeding*, 119, 341-345.

LUTTS, S., J.M. ve BAUHARMONT, J., 1996, NaCl-Induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa L.*) cultivars differ in salinity resistance, *Ann. Bot.*, 78, 389-398.

MARCHSNER, H., 1995, Mineral nutrition of higher plants, academic press, 657-680.

MCKIMMIE, T. ve DOBRENZ, A.K., 1991, Ionic concentrations and water relations of alfalfa seedlings differing in salt tolerance, *Agronomy Journal*, 83, 363-367.

MCKERSIE, B.D. ve LESHEM, Y., *Stress and Stress Coping in Cultivated Plants*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, (1994).

MITTOVA, V., GUY, M., TAL, M. ve VOLOKITA, M., 2004. Salinity up-regulates the antioxidative system in root mitochondria and peroxisomes of the wild salt-tolerant tomato species *Lycopersicon pennellii*. *Journal of Experimental Botany*, 55: 1105- 1113.

- MURILLO, G. P., FERNANDEZ-ZAMUDIO, R., CIRUJANO, S., SOUSA A. ve ESPINAR, J.M. 2007. The invasion of Donana National Park (SW Spain) by the mosquito fern (*Azolla filiculoides* Lam) Asociaci on Iberica de Limnologia, Madrid. Spain, Limnetica, 26 (2): 243-250.
- NAZLICAN A., N., 2006. Soya Yetiştiriciliği, Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü.
- OIDAIRE, H., SANO, S., KOSHIBA, T. ve USHIMARU, T., 2000. Enhancement of antioxidative enzyme activities in chilled rice seedlings Journal of Plant Physiology, 156: 811-813.
- PEREZ-ALFOCEA, F., ESTAN, M. T. , CARO, M. ve GUERRIER, G., 1996, Osmotic adjustment in *Lycopersicon esculentum* and *Lycopersicon panelli* under sodium chloride and polyethylene glycol 6000 iso-osmotic stres. *Physiol. Plant.* 87, 493-498.
- POWER, J.R., ve WEIGHTMAN, P., 1998. Au-induced superstructure formation on vicinal Si(001) studied by low-energy electron diffraction and reflectance anisotropy spectroscopy. *Phys. Rev. B* 58, 10532–10539.
- PRASAD, T.K., 1997. Role of catalase in inducing chilling tolerance in preemergent maize seedlings. *Plant Physiol.* 114: 1369-1376.
- RASHID, A., MUHAMMAD, S. ve RAFIQUE, E., 2002. Genotypic Variation In Boron Uptake and Utilization by Rice and Wheat. Boron In Plant And Animal Nutrition. Edited by Golbach et al., Kluwer Academic / Plenum Publishers, New York.
- RERKASEM, B., SOUNDERS, D.A. ve DELL, B., 1989. Grain Set Failure And Boron Deficiency In Wheat, *J. Agric. (Chiang Mai University)* 5:1-10.
- SALAMA, S., TRIVEDI, S., BUSHEVA, M., ARAFA, A.A., GARAB, G. ve ERDEI, L., 1994, Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance, *J. Plant Physiol.*, 144, 241-247.
- SCANDALIOS, J.G., 1993. Oxygen stres and superoxide dismutase. *Plant Physiol.*, 101: 7-12.
- SHALABY, E.E., EPSTEIN, E. ve QUALSET, C.O., 1993, Variation in Salt tolerance among some wheat and *Triticale* genotypes, *J. Agronomy and Crop Science.* 171, 298-304.

SHALATA, A. ve TAL, M., 2001. The effect of salt stres on lipid peroksidasyon and antioksidans in the leaves of cultivated tomato and its wild salt-tolerante relative. *Physiol. Plant*, 104, 169-174.

SHANNON, M. C., GRONWALD, J. ve TAL, M., 1987, Effect of salinity on growth and accumulation of organic and inorganic ions in cultivated and wild salt-tolerant relative *Lycopersicon panelli*, *Physiol, Plant*, 104, 169-174.

SHEN, W.Y., NADA, K. ve TACHIBANA, S., 1999a. Oxygen radical generation in chilled of cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars with different tolerances to chilling temperatures. *Journal of the Japanese society for Horticultural Science.*, 68(49): 780-787.

SOYLU, S., TOPAL, A., SADE, B., AKGÜN, N., GEZGİN, S. ve BABAOĞLU, M., 2004. Yield and Yield Attributes Of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Genotypes As Affected by Boron Application In Boron Deficient-Calcareous Soils: An evulation of major Turkish genotypes for B efficiency, *J. Plant Nutr.*, 27(6):1077-1106.

SPARKS, D., 1977. effects of fruiting on scorch, premature defoliation & nutrient status of “Chickasaw” pecan leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 669-673.

TALEISNIK, E., PEYRANO, G. ve ARIAS, C., 1997, Response of Chori gayana cultivars to salinity, 1. Germination and early vegatative growth, *Trop. Grassl*, 31, 232-240.

TAYYAR, Ş. ve GÜL, M. K., 2007. Bazı soya fasulyesi (*Glycinne max. (L.) Merr.*) genotiplerinin ana ürün olarak Biga şartlarındaki performansları, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (*J. Agric. Sci.*), 17(2):55-59.

TAİZ, L. ve ZEIGER, E., 2002. *Plant physiology* Third edition Sinauer Associates, USA, 878 p.

TERZİ, R., SAĞLAM, A., KUTLU, N., NAR, H. ve KADIOĞLU, A., 2008. Kuraklık koşulları altındaki *Phaseolus vulgaris* kültürvarlarının antioksidan enzim aktivitelerindeki değişimlerin araştırılması, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.

URIU, K. ve CRANE, J.C., 1977. Mineral element changes pistachio leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 155-158.

UMEZAWA, Y., MIYAJIMA, T., YAMAMURO, M., KAYANNE, H. ve KOKIE, I. 2000. Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, Hongo 7-3-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

WEIMBERG, R., 1986, Growth and solute accumulation in 6-week old seedling of *Agropyron elongatum* stressed with sodium and potassium salts, *Plant Physiol*, 67, 229-135.

YEDİYILDIZ, A. G., TOPRAK, G. ve ÖZCAN, S., 2008. Kuraklık ve tuz stresi uygulanan buğday (*Triticum aestivum*) çeşitlerinde antioksidant enzim aktivitesindeki değişimlerin belirlenmesi, 23-27 Haziran 19. Ulusal Biyoloji Kongresi-Trabzon.

YEO, A.R. ve FLOWERS, T.J., 1983, Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves, *Physiol, Plant*, 59, 189-195.

YILMAZ, A., BEYYAVAŞ, V., CEVHERİ, İ. ve HALİLOĞLU, H., 2005. Harran ovası ekolojisinde ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı soya (*Glycinne Max. (L.) Merr.*) çeşit ve genotiplerinin belirlenmesi, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi J. Agriculture Fac. HR.U*, 9(2):55-61.

ZISKA, L.H., SEEMANN, J.R. ve DEJONG, T.M., 1990, Salinity induced limitations on photosynthesis in *Prunus salinica*, a deciduous tree species, *Plant Physiol.*, 93, 864-870.

EKLER

EK 1. Çizelge 10. Klorofil, MDA Tanımlayıcı İstatistikler Tablosu

TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER KLOOROFİL, MDA							
Değişkenler	Grup	Ortalama	Standart hata	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı	Minimum	Maximum
Klorofil	0	153,87	6,5	25,16	16,35	101,00	188,00
	1	170,93	3,51	13,58	7,94	146,00	196,00
	2	82,80	2,3	8,91	10,76	68,00	96,00
	3	52,13	3,07	11,89	22,80	36,00	79,00
	4	32,07	2,27	8,8	27,43	16,00	46,00
	5	120,33	4,92	19,07	15,85	88,00	146,00
MDA	0	24,40	2,82	10,91	44,73	13,00	54,00
	1	40,73	1,34	5,2	12,77	32,00	48,00
	2	21,33	1,63	6,33	29,68	12,00	33,00
	3	19,00	1,53	5,92	31,14	12,00	32,00
	4	32,07	2,23	8,64	26,94	18,00	47,00
	5	25,20	0,732	2,833	11,24	21,00	31,00

EK 2. Çizelge 11. Klorofil, MDA Varyans Analiz Tablosu

VARYANS ANALİZ TABLOSU						
		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kare ortalaması	F	Sig. (P)
KLOROFİL	Gruplar arası	232861	5	46572,2	189	0,00
	Gruplar içi	20709,1	84	246,5		
	Genel	253570	89			
MDA	Gruplar arası	4804,5	5	960,9	19	0,00
	Gruplar içi	4255,2	84	50,6		
	Genel	9060	89			

EK 3. Çizelge 12. Klorofil Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

KLOROFİL									
				ALPHA=0,05					
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4	5	6
4	a	4	15	32,1					
3	b	3	15		52,1				
2	c	2	15			82,8			
5	d	5	15				120,3		
0	e	0	15					153,9	
1	f	1	15						170,9
Sig.				1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

EK 4. Çizelge 13. MDA Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

MDA							
				ALPHA=0,05			
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4
3	a	3	15	19			
2	ab	2	15	21,3	21,3		
0	ab	0	15	24,4	24,4		
5	b	5	15		25,2		
4	c	4	15			32,1	
1	d	1	15				40,7
Sig.				0,052	0,164	1,000	1,000

EK 5. Çizelge 14. Klorofil, MDA Parametreler Arasındaki Korelasyonlar Tablosu

PARAMETRELER ARASINDAKİ KORELASYONLAR					
	Konrol	Kur. St.	Kur. St.+ Bor	KLOROFİL	MDA
Kontrol	-0,396				
	0,000				
Kuraklık stresi	0,025	-0,088			
	0,813	0,409			
Kur. St.+ Bor	-0,254				
	-0,324				
KLOROFİL	0,371	0,247	0,036		
	0,000	0,019	0,736		
MDA	0,445	-0,263	-0,032		
	0,000	0,012	0,766	0,288	0,645
				0,006	0,423

EK 6. Çizelge 15. CAT, GR, APX, SOD Varyans Analiz Tablosu

VARYANS ANALİZ TABLOSU						
		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kare ortalaması	F	Sig. (P)
CAT	Gruplar arası	112384	5	22477	205,5	0,000
	Gruplar içi	9187	84	109,4		
	Genel	121571	89			
GR	Gruplar arası	202533	5	40506,5	368,7	0,000
	Gruplar içi	9228,3	84	109,9		
	Genel	211761	89			
APX	Gruplar arası	186407	5	37281,4	242,9	0,000
	Gruplar içi	12894	84	153,5		
	Genel	199301	89			
SOD	Gruplar arası	292753	5	58551	688,1	0,000
	Gruplar içi	7148	84	85,1		
	Genel	299901	89			

EK 7. Çizelge 16. CAT, GR, APX, SOD Tanımlayıcı İstatistikler Tablosu

TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER: CAT, GR, APX, SOD							
Değişkenler	Grup	Ortalama	Standart hata	Standart Sapma	Varyasyon katsayısı	Minimum	Maximum
CAT	0	78,5	3,4	13,1	16,6	56	95
	1	148,6	4,1	15,6	10,5	122	178
	2	81,2	2,4	9,4	11,5	68	98
	3	61,3	1,5	5,8	9,5	49	69
	4	42,5	2,3	9,0	21,2	26	62
	5	46,8	1,7	6,5	14	35	57
GR	0	175,3	4,1	15,7	9	145	198
	1	81,5	2,6	10	12,2	68	97
	2	79,0	2,8	11	13,9	61	98
	3	71,6	3,1	11,8	16,4	38	85
	4	30,6	1,4	5,9	18	22	41
	5	36,5	1,3	4,8	13,2	26	45
APX	0	145,4	4,3	16,5	11,3	113	179
	1	168,2	3,9	15,3	9,1	140	188
	2	69,9	3,4	13,1	18,7	48	93
	3	66,3	3,5	13,7	20,7	49	94
	4	48,6	1,9	7,2	14,9	33	63
	5	64,3	0,7	2,8	4,3	60	69
SOD	0	152,1	3,9	15	9,9	134	183
	1	179,9	2,7	10,4	5,8	155	199

	2	82,1	2,6	10	12,2	58	96
	3	49,7	1	7,6	15,3	34	68
	4	47,1	1,1	4,1	8,7	42	58
	5	26,5	0,5	2	7,5	22	29

EK 8. Çizelge 17. GR Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

GR							
				ALPHA=0,05			
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4
4	a	4	15	30,5			
5	a	5	15	36,5			
3	b	3	15		71,5		
2	bc	2	15		79,0	79,0	
1	c	1	15			81,5	
0	d	0	15				175,3
		Sig.		0,117	0,052	0,510	1,000

EK 9. Çizelge 18. APX Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

APX							
				ALPHA=0,05			
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4
4	a	4	15	48,6			
5	b	5	15		64,3		
3	b	3	15		66,3		
2	b	2	15		69,9		
0	c	0	15			145,5	
1	d	1	15				168,2
		Sig.		1,000	0,242	1,000	1,000

EK 10. Çizelge 19. SOD Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

SOD								
				ALPHA=0,05				
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4	5
5	a	5	15	26,5				
4	b	4	15		47,1			
3	b	3	15		49,7			
2	c	2	15			82,1		
0	d	0	15				152,1	

1	e	1	15					180
		Sig.		1,000	0,442	1,000	1,000	1,000

EK 11. Çizelge 20. CAT Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

ÇOKLU KARŞILAŞTIRMA TESTİ DUNCAN SONUÇLARI							
CAT							
				ALPHA=0,05			
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4
4	a	4	15	42,5			
5	a	5	15	46,8			
3	b	3	15		61,3		
0	c	0	15			78,5	
2	c	2	15			81,2	
1	d	1	15				148,6
		Sig.		0,27	1,000	0,476	1,000

EK 12. Çizelge 21. Na, K, Ca, Mg Varyans Analiz Tablosu

VARYANS ANALİZ TABLOSU						
		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kare ortalaması	F	Sig. (P)
Na	Gruplar arası	1497,122	5	299,4	23,8	0,000
	Gruplar içi	1054,667	84	12,5		
	Genel	2551,789	89			
K	Gruplar arası	10161,689	5	2032,3	130,8	0,000
	Gruplar içi	1304,933	84	15,5		
	Genel	11466,622	89			
Ca	Gruplar arası	2445,956	5	489,2	26,3	0,000
	Gruplar içi	1564,933	84	18,0		
	Genel	4010,889	89			
Mg	Gruplar arası	15401,789	5	3080,4	440,1	0,000
	Gruplar içi	588,000	84	7,0		
	Genel	15989,789	89			

EK 13. Çizelge 22. Na Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

Sodyum (Na ⁺)							
				ALPHA=0,05			
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4
2	a	2	15	27,5			
1	b	1	15		31,7		
3	b	3	15		32,0		
4	c	4	15			30,1	
0	c	0	15			35,9	
5	d	5	15				40,5
		Sig.		1,000	0,837	0,538	1,000

EK 14. Çizelge 23. K Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

Potasyum (K ⁺)							
				ALPHA=0,05			
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4
4	a	4	15	15,1			
3	b	3	15		24,2		

5	b	5	15		24,5		
0	b	0	15		25,1		
2	c	2	15			34,9	
1	d	1	15				48,8
		Sig.		1,000	0,575	1,000	1,000

EK 15. Çizelge 24. Ca Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

Kalsiyum (Ca ⁺⁺)							
				ALPHA=0,05			
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4
1	a	1	15	16,0			
0	a	0	15	18,5			
4	b	4	15		23,3		
3	bc	3	15		26,3	26,3	
5	cd	5	15			29,4	29,4
2	d	2	15				29,9
		Sig.		0,112	0,060	0,050	0,768

EK 16. Çizelge 25. Mg Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları Tablosu

Magnezyum (Mg ⁺)								
				ALPHA=0,05				
GRUP	N	GRUP	N	1	2	3	4	5

1	a	1	15	14,8				
2	a	2	15	16,0				
3	b	3	15		21,0			
5	c	5	15			25,3		
4	d	4	15				32,9	
0	e	0	15					53,1
		Sig.		0,218	1,000	1,000	1,000	1,000

EK 17. Çizelge 26. K, Ca, Mg Parametreler Arasındaki Korelasyonlar Tablosu

PARAMETRELER ARASINDAKİ KORELASYONLAR			
	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺
K ⁺	-0,390		
	0,000		
Ca ⁺⁺	-0,035	-0,256	
	0,743	0,015	
Mg ⁺	0,374	-0,504	-0,238
	0,000	0,000	0,024

