



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BOR UYGULAMASININ BEZELYE GENOTİPLERİNİN TEMEL FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Hayriye ÇAĞLAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Ekim-2012
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BOR UYGULAMASININ BEZELYE GENOTİPLERİNİN TEMEL FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Hayriye ÇAĞLAR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Yard. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU

2012, 54 sayfa

Jüri
Yard. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU
Prof.Dr. SAİT GEZGİN
Doç. Dr. AHMET TAMKOÇ

Çalışmada, bora tepkileri daha önce belirlenmiş ***Pisum sativum* L**. türüne ait meyvesi ve tohumu yenen yemeklik **S2** hattı ile ***Pisum arvense* L**. türüne ait **602-1** yemlik hat, **Taşkent** ve **Özkaynak** yemlik bezelye genotiplerine 0, 2, 20 ve 200 mg kg^{-1} dozlarında uygulanmış olan borun büyüme parametreleri (kök, gövde), bağıl su içeriği, bitkilerde biriken bor miktarları, prolin, malondialdehit miktarları ve katalaz (CAT), peroksidaz (POX) gibi antioksidant enzim aktiviteleri, enzim aktivitelerinin belirlenmesi ve bor toksisitesi/noksanlığı koşullarında bitkinin geliştirdiği savunma mekanizmasının incelenmesi konuları araştırılmıştır. Bezelye genotiplerine farklı seviyede uygulanan borun gövde ve kök'ün yaş, kuru ağırlık ve uzunlukları bor uygulamasında en fazla azalma oranları S2 hat ve Taşkent çeşidinde, bitkilerde en yüksek bor konsantrasyonu 200 mg B kg^{-1} dozunda ve S2 hattında tespit edilmiştir. Bor uygulamasına bağlı olarak, katalaz aktivite değerlerinin 3. gün yapılan örneklemede 602-1 bezelye hattında azalma gösterirken, 7. günde B uygulamalarıyla artış gösterdiği, POX aktiviteleri genel olarak B dozundaki artışlarla azalma gösterdiği belirlenmiştir. Bezelye hat ve çeşitlerinde 0. gün örneklemelerinde prolin ve malondealdehit değerleri en yüksek 602-1 ve S2 hatlarında elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Antioksidan enzimler, Bezelye, bor, katalaz, MDA, peroksidaz, prolin

ABSTRACT

MS THESIS

Physiological and Biochemical Features of Pea Genotypes under of Boron Aplication

Hayriye ÇAĞLAR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN SOIL SCIENCE

Advisor: Yard. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU

2012, 54 Pages

Jury
Yard. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU
Prof.Dr. SAİT GEZGİN
Doç. Dr. AHMET TAMKOÇ

In the present study, line S2, with edible fruit and seed, from ***Pisum sativum* L.**, and feeder line 602-1 as well as the registered feeder genotypes Taşkent and Özkaynak from the species ***Pisum arvense* L.** were investigated under four different (0, 2, 20 ve 200 mg kg^{-1}) boron concentrations. More specifically, the species with a known response to boron were evaluated based on growth parametes (shoot and root), relative water content, boron accumulation within plant tissues, proline and malondialdehyde contents as well as enzyme and antioxidative enzyme activities like catalase (CAT), peroxidase (POX). The most prominant reductions in the shoot and root dry weights and plant heights were determined from the samples of the pea line S2 and the variety Taşkent that were treated with 200 mg B kg^{-1} dosages. The samples of the line S2 accumulated the highest boron concentrations within their tissues under the same high B treatment conditions. While the catalase activities of the samples from the pea genotypes 602-1 was decreased at the samples on day 3, the activities of the samples were increased on day 7 with B treatments. In general, POX activities were reduced in all the samples with increasing B concentrations. Proline and malondialdehyde contents of the genotypes were the highest at the samples of the genotypes 602-1 and S2 on day 0.

Key Words: Antioxidant enzymes, boron, catalase, proline and malondialdehyde, Pea, peroxidase

ÖNSÖZ

Bezelye (*Pisum sativum* L.) insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan önemli bir baklagil bitkisi olması ile ülkemizde baklagiller içerinde ekim alanı ve üretim bakımından önemli bir yer tutmaktadır. Bitkiler büyümeleri için dokularında farklı konsantrasyonlarda bulunmak üzere makro (N, K, Ca, Mg, P ve S) ve mikro (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Cl, Mo ve Ni) elementlere ihtiyaç duyarlar. Karbon, oksijen ve hidrojenle birlikte bu 14 element tüm bitki dokularının ve generatif kısımlarının büyüme ve gelişmeleri için mutlak gereklidir. Yapılan araştırmalar mikro elementlere tepki bakımından bitkilerin çok geniş bir varyasyon gösterdiklerini ortaya koymaktadır.

Mikroelementlerin hem fazlalığı hem de noksanlığı bitki gelişimini sınırlandırmaktadır. Bitkilerde stres faktörlerinin en önemlilerinden biri olan mikro element eksikliği veya toksisitesi; metabolizmanın işlevini engellemekte ve bitkide hasarlara neden olabilmektedir. Bitkiler diğer streslerde olduğu gibi bor ile baş edebilmek için de biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar gerçekleştirebilmektedirler. Orta Anadolu Bölge topraklarında büyük oranda mikro element problemleri yaşanmaktadır. Bu elementlerin başında da bor gelmektedir. Bu çalışma ile, bezelye genotiplerinde bor noksan ve toksisite koşullarında meydana gelen fizyolojik değişimler hakkında daha fazla bilgiye ulaşılarak, daha sonra yapılacak olan ıslah ve bitki besleme çalışmalarına ışık tutmak hedeflenmiştir. Bu maksatla daha önce yapılmış olan çalışmalardan faydalanarak bitki materyali olarak Hamurcu ve ark (2006) tarafından yapılan bir araştırmada bora tepkileri belirlenmiş ***Pisum sativum*** **L**. türüne ait meyvesi ve tohumu yenen yemeklik **S2** hattı ile ***Pisum arvense*** **L**. türüne ait **602-1** yemlik hat, **Taşkent** ve **Özkaynak** yemlik tescilli bezelye genotipleri kullanılarak özellikle Orta Anadolu Bölgesi'nde yapılmış ve halen devam eden çalışmaların sonuçlarının değerlendirilmesi, pratik bazı uygulamalara hız kazandırılması, mikroelement-noksan bölgelerde takviyeye en iyi cevap veren genotiplerin çeşit geliştirmede kullanımı veya yüksek mikroelement içeren alanlarda en iyi yetişen varyetelerin bu özelliğinin de aynı şekilde bir seçim parametresi olarak kullanılması amacı ile bezelye genotiplerininbor noksanlığı/toksisitesi koşullarında geliştirdiği savunma mekanizmasının açığa kavuşturulması temel hedef olmuştur.

Bu amaçlar doğrultusunda hazırlanarak Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Grubu'na (TÜBİTAK) sunulan bu tez TOVAG-110O527 proje numarasıyla desteklenmiştir.

Hayriye ÇAĞLAR
KONYA-2012

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince her konuda bana destek olan Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU'ya, Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Sait GEZGİN'e , en samimi teşekkürlerimi sunarım.

Deneme boyunca yardımları için değerli eşim Mustafa TAŞOLUK'a ve tüm Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına sonsuz saygılarımı sunar, teşekkür ederim.

Hayriye ÇAĞLAR

KONYA - 2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET iiv

ABSTRACT v

ÖNSÖZ vii

TEŞEKKÜR viiii

İÇİNDEKİLER ix

SİMGELER VE KISALTMALAR xi

1. GİRİŞ **1**

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**
2.1. Bitkilerde Stres Faktörleri ve Savunma Sistemleri 3
2.2. Bor'un Bitkiler Üzerindeki Etkileri 6

3. MATERYAL VE YÖNTEM **12**
3.1. Materyal 12
3.1.1. Bitki materyallerinin temini 12
3.2. Yöntem 12
3.2.1. Deneme serilerinin hazırlanması 12
3.2.2. Analiz yöntemleri 14
3.2.2.1.Büyüme Parametreleri 14
3.2.2.2.Bağıl Su İçeriği 14
3.2.2.3.Bitkilerde bor analizi 15
3.2.3. Biyokimyasal parametrelerin ölçümü 15
3.2.3.1. Enzim ekstraktlarının hazırlanması 16
3.2.3.2. Antioksidan Enzimlerin Aktivite Tayini 16
3.2.3.2.1.Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) enzim aktivitesinin belirlenmesi 16
3.2.3.2.2. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) enzim aktivitesinin belirlenmesi 16
3.2.3.3. Prolin analizi 16
3.2.3.4. Lipit peroksidasyonun belirlenmesi 17

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **18**
4.1. Araştırma Sonuçları 18
4.1.1. Büyüme Parametreleri Bulguları 18
4.1.1.1. Gövde ve kök yaş ağırlığı 18
4.1.1.2. Gövde ve kök kuru ağırlığı 20
4.1.1.3. Gövde ve kök boyu 23
4.1.2. Bağıl Su İçeriği 26
4.1.3. Bor Konsantrasyonu Sonuçları 28
4.1.3.1. Gövde ve kök bor konsantrasyonu 28
4.1.4. Prolin Sonuçları 30
4.1.5. Lipid Peroksidasyon Sonuçları 32

4.1.6. Antioksidan Enzim Aktivite Sonuçları 34
4.1.6.1. Peroksidaz enzim aktiviteleri (POX) 34
4.1.6.2. Katalaz enzim aktiviteleri (CAT).....37
4.2.Tartışma……40

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA **42**
5.1.Sonuçlar……42
5.2.Öneriler……..46

KAYNAKLAR **47**

ÖZGEÇMİŞ.....**54**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

B	: Bor
$B(OH)_3$	: Borik asit
$B(OH)_4^-$	: Borat iyonları
°C	: Santigrat derece
H_2O_2	: Hidrojen peroksit
O_2^-	: Süperoksit radikali
Mohs	: Sertlik

Kısaltmalar

ROT	: Reaktif oksijen türleri
CAT	: Katalaz enzimi
GR	: Glutasyon redüktaz enzimi
POX	: Peroksidaz
APOX	: Askorbat peroksidaz
SOD	: Süper oksit dismutaz
GSH	: Glutasyon
GSH-Px	: Glutasyon peroksidaz
GSSH	: Okside glutasyon
GST	: Glutasyon -S- transferaz
MDA	: Malondialdehit
NADP	: Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat
NADPH	: Nikotinamid adenin dinükleotid fosfat hidrojen
AOS	**:** Aktif Oksijen Türleri

1. GİRİŞ

Bitkilerde stres faktörlerinin en önemlilerinden biri olan mikro element eksikliği veya toksisitesi; metabolizmanın işlevini engellemekte ve bitkide hasarlara neden olabilmektedir. Bitkiler büyümeleri için dokularında farklı konsantrasyonlarda bulunmak üzere makro (N, K, Ca, Mg, P ve S) ve mikro (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Cl, Mo ve Ni) elementlere ihtiyaç duyarlar. Mikro elementlerin sadece noksanlığı değil, aynı zamanda gereğinden fazla bulunması da bitki gelişimini sınırlandırmaktadır. Bunlar içerisinde yer alan borun kültür bitkileri için mutlak gerekli bir besin elementi olduğu yaklaşık 50-60 yıldır bilinmesine rağmen bitki bünyesindeki fonksiyonları tam olarak anlaşılmış değildir. Yeterli bora sahip olan topraklarda yetişen bitkilerin bor konsantrasyonu 25–100 mg kg^{-1} arasında değişmektedir. Gerek duyulan borun çok az da olsa fazlası bor noksanlığında olduğu gibi pek çok bitki tür veya varyetesinin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmakta ve gelişme çoğu kez durmaktadır. Bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da bora duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların nedeninin de bitkilerin bor toksisitesinden aynı derecede fizyolojik olarak etkilenmemesinden kaynaklanmaktadır.

Gıda temininin en büyük problem olduğu günümüzde, en önemli gıda kaynağı olan baklagiller familyasının önemli türlerinden biri olan bezelye, insan beslenmesinde de oldukça büyük bir öneme sahiptir. Diğer birçok baklagil gibi bezelye de protein ve amino asit içeriği yönünden hayvansal kaynaklara alternatif niteliktedir. Bileşiminde %18-28 protein bulunan ve ayrıca B ve C vitaminlerince de zengin olan bezelyenin dünyadaki yıllık üretimi 10-11 milyon tondur. Çok değişik iklim koşullarına uyabilmesinden ve bileşiminde yüksek protein ile pek çok amino asit içermesinden dolayı günümüzün önemli besin kaynaklarından biri durumuna gelmiştir. Bu bitkinin Türkiye'de son yıllarda baklagil yetiştirilen alanlar içerisinde ekim alanı hızla artmaktadır. Orta Anadolu Bölgesi'nde ve bu bölgenin karakteristik özelliğini taşıyan Konya ilinde de bezelye ekim alanları özellikle şeker pancarı ekim alanlarının daraltılması ile her geçen yıl hızla artmaktadır. Mevcut gelişmeler, Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında Harran ovasının da yakın gelecekte bezelye üretimi bakımından ilk sıraları alacağını göstermektedir. Bezelye üretim alanlarının giderek artan besin ve hayvansal gıda talebi nedeniyle önümüzdeki yıllarda 100.000 ha'a kadar çıkabileceği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, araştırma ekibimizin son yıllarda bölge tarım toprakları üzerinde yapmakta olduğu detaylı analizlerde en önemli

sorunlardan birinin mikro besin elementi eksikliği ya da toksisitesi olduğunu göstermiştir. Bu elementlerden en önemlisi bor olup bölge topraklarında bezelye üretim potansiyelinin tam olarak ortaya konulmasını engellemektedir. Gezgin ve ark. (2002) tarafından araştırmanın yürütüleceği ekolojilerin tarım topraklarının %26.6'sında bor noksanlığı (<0.5 mg kg^{-1}), %18'inde ise bor toksisitesi (>3.0 mg kg^{-1}) olduğu belirlenmiştir. Bu da yaklaşık tarım arazilerinin yarısına tekabül etmektedir. Noksanlık koşullarının giderilmesinde artık ülkemizde de üretimine başlanan bor katkılı gübreler BOREN'in üretmiş olduğu Tarım Bor etkili olabilir. Diğer yandan, toksisite probleminin çözümü daha zordur. Konvansiyonel yöntemlerle toprağın arındırılması işlemleri çok pahalı olduğu için uygulanabilir olmaktan uzaktır. Çözüm olarak bitki gen kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanımı önerilmektedir. Ülkemizde ve özellikle bölgemizde yaygın olarak üretimi yapılan bezelye genotiplerinin farklı bor uygulamalarına tepkileri çok farklı olmuştur. Bazı genotipler toksisite koşullarında gelişme ve verim kabiliyetlerini kaybederken, bazıları rahatlıkla gelişebilmektedir. Bitkiler gelişim aşamasında da bor uygulamasına çok farklı tepkiler ortaya koymuşlardır. Daha önce yapılan çalışmalarda, bor noksanlığı koşullarında bor uygulamasına baklagillerin olumlu tepki verdiği, baklagiller içerisinde en farklı tepkinin bezelye tarafından gösterildiği bildirilmiştir (Hamurcu ve ark., 2006b). Ancak ülkemizde şu ana kadar bezelye genotiplerinin bor noksanlığı ve toksisitesine karşı gösterdikleri tepkilerin fizyolojik ve anatomik esasları yeterince açıklanmamıştır. Çalışmada, ülkemiz tarımında önemli bir yere sahip olan bezelye bitkisinin yetişme ortamlarında bulunan yetersiz ve toksik düzeydeki bor konsantrasyonlarının, bu bitkilerin gelişiminde, fizyolojik ve biyokimyasal yanıtlarında, meydana getirdiği değişim mekanizmaları hakkında bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Tez sonuçlarının, element alımı, taşınması ve dayanıklılık mekanizmasının anlaşılmasına olduğu gibi üzerinde çalışılan bitki türlerinin genetik olarak geliştirilmesine, mikro element problemli alanlarda ekim alanlarının ve besin değerinin artırılması yolunda önemli katkılarda bulunması beklenmektedir.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bitkilerde Stres Faktörleri ve Savunma Sistemleri

Topraktaki minerallerin oranları bölgeler arasında büyük değişiklikler göstermektedir. Bitkilerin gelişmeleri esnasında besin elementlerine ihtiyaçları birbirinden çok farklıdır. Mikro elementlerin eksikliğinde, türler arası ve tür içi geniş farklılıklar göstermekle birlikte, tüm bitkiler strese girer. Diğer taraftan, bu mikro elementlerin ortamda bitkinin ihtiyaçlarından fazla bulunması bitkileri yine strese sokar ve toksite belirtileri başlar. Bu genel kuralın dışında yer alan bitkiler de vardır. Belli bazı mikro elementlerin çok yüksek dozlarda bulunduğu ortamlarda rahatlıkla yaşamını sürdürebilen bu bitkiler, hiperakümülatör bitki olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca bu bitkiler bulundukları ortama adapte olmuştur ve toksik derecede yüksek konsantrasyondaki bor'u bünyelerine almama veya daha da önemlisi, bol miktarda alarak çeşitli organlarında güvenli depolama yeteneği geliştirmişlerdir. Bu tarz bitkiler, hergün biraz daha fazla kirlenen toprakların ucuz bir şekilde temizlenmesi potansiyeline sahiptir ve geniş kullanım alanı bulabileceklerine inanılmaktadır. Bunun da ötesinde kültür bitkilerinden, mikroelement eksikliği görülen topraklarda etkin bir şekilde yetişen ve alım mekanizmasını daha fazla çalıştırarak ihtiyaç duyduğu mikroelementleri rizosferden alan çeşitler geliştirilmesi için bu alım, biriktirme mekanizmalarının anlaşılması gereklidir. Benzer şekilde mikroelement fazlalığı olan alanlarda da uygun kültür bitkilerinin yetiştirilmesi için, bu defa belki mekanizmanın yavaş çalışması ya da bitkinin topraktan aldığı elementleri zararsız bir yerde depolayabilmesi (örn. vakuolde) yönünde bitkinin tasarlanması veya geliştirilmesi gerekecektir. Doğal ortamlarında meydana gelen çevresel değişimlere karşı canlılar çeşitli içsel ve mekanik tepkiler gösterirler (Edreva, 1998). Herhangi bir stres faktörü ile karşılaşan bitkilerde biyokimyasal ve fizyolojik olarak çeşitli tepkiler oluşmaktadır. Oluşan stres faktörleri; gen/genlerin fizyolojik etkileri ile hücresel metabolizma değişimlerinin, büyüme oranları ve ürün miktarlarının değişimine kadar çok çeşitli tepkilere neden olurlar (Bray ve ark., 2000). Bitkilerde stres faktörlerinin en önemlilerinden biri olan besin elementlerinin eksikliği veya toksisitesi; metabolizmanın işlevini engellemekte ve bitkide hasarlara neden olabilmektedir. Bitkiler diğer streslerde olduğu gibi borla da baş edebilmek için biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalar geliştirmişlerdir. Biyokimyasal stratejiler; seçici iyon birikimi veya dışlanması, köklerle alınan iyonların kontrolü ve yapraklara taşınımı, tüm hücre düzeyinde veya hücresel boyutta iyonların

dağılımı, uyumlu bileşiklerin sentezi, fotosentetik yolun değişmesi, membran yapısındaki değişimler, antioksidant enzimlerin ve bitki hormonlarının indüksiyonu olarak sıralanabilirler (Seçkin, 2005). Antioksidant savunma sistemi; aerobik canlılar için toksik olan oksijen ara ürünlerinin zararsız hale getirilmesinde enzimatik ve enzimatik olmayan savunma mekanizmaları sayesinde hücreleri oksidatif zararlara karşı korumaktadır. Enzimatik olmayan antioksidantlar mannitol, sistein, hidrokinin, C ve E vitaminleri, flavanoidler, bazı alkoloidler, karotinoidler ve ksantofiller olarak, enzimatik antioksidantlar ise süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POX), askorbat peroksidaz (APOX), katalaz (CAT) ve glutasyon redüktaz (GR)'lar olarak sayılabilirler (Hallıwell ve Gutterıdge, 1989; Bowler ve ark., 1992; Çakmak ve ark.,1993; Rascıo ve ark., 1994; Lopez ve ark.,1996; Renard ve ark.,1997; Asada, 1999).

Strese karşı gösterilen tepki; stresin şiddetine, süresine, stresten etkilenmiş olan bitkilerin gelişim aşamasına, doku tipine ve birçok stresin etkileşimlerine bağlıdır (Koca, 2002). Bitkilerde stresten korunma mekanizmaları, bitki dokularında stres faktörlerinin azaltılmasına veya önlenmesine yönelik olmaktadır. Strese tepki olarak bitkilerde; yaprak ayasının kalınlığı, stomaların büyüklüğü, sıklığı ve kütikulanın kalınlığı değişmektedir (Acar, 1999). Bitkilerde strese tolerans mekanizması; doku ile organel düzeyinde moleküler seviyede gerçekleşir ve oluşan stres etkisinin azaltılmasını veya tolere edilmesini kapsamaktadır (Edreva, 1998).

Bitkiler için temel bileşenlerden olan oksijen; moleküler oksijenin (O_2) suya (H_2O) indirgenmesi yoluyla bitkiler için enerji kaynağı oluşturmaktadır. Oksijenin indirgenmediği durumlarda ise biyolojik molekülleri okside edebilen aktif oksijen türleri (AOS) oluşmaktadır (Seçkin, 2005). Bu aktif oksijen türleri olan hidrojen peroksit (H_2O_2), süperoksit (O_2^-) radikalleri, hidroksil radikalleri ($^{\cdot}OH$) ve tek değerlikli oksijen (O_2) türleri bitki hücrelerinde kloroplastlarda, mitokondrilerde ve peroksizomlarda meydana gelen oksidatif reaksiyonlarla üretilebilmektedirler. Moleküler oksijen (O_2) oldukça kararlı bir yapıya sahip olmasına karşın, yaşamsal reaksiyonların rastlanabilir bir sonucu olarak veya stresIerin teşvikiyle oluşan bu aktif oksijen türleri, koruyucu mekanizmaların işlev görmediği durumlarda, sadece bitkilerin değil, herhangi bir aerobik organizmanın hücre yapı ve işlevlerine zarar verebilmektedirler (Demiral, 2003). Stressiz koşullarda, bitkilerin antioksidant savunma sistemleri, aktif oksijen türlerine karşı gerekli korunmayı sağlamaktadırlar (Çakmak ve ark., 1993). Ancak stres faktörleri ortaya çıktığında meydana gelen stresin;

bitki dokularına zarar veren oksijen türlerinin, aktif oksijen türlerinin, üretimini arttırma potansiyeline sahip oldukları bildirilmiştir (Saıram ve Srıvastava, 2002). Bitkiler kendilerine zarar veren bu oksijen türlerine karşı son derece gelişmiş ve karmaşık bir antioksidant sistemine sahiptirler. Bu sistem sayesinde bitkilerde antioksidant enzimler ile düşük moleküler ağırlıktaki antioksidantlar meydana gelirler (Allen, 1995).

Antioksidant savunma sistemi; aerobik canlılar için toksik olan oksijen ara ürünlerinin enzimatik ve enzimatik olmayan savunma mekanizmaları sayesinde zararsız hale getirilmesiyle, hücreleri oksidatif zararlara karşı korumaktadır.

Katalaz, bitkilerde genellikle peroksizomlarda ve glioksizomlarda bulunmaktadır.Katalaz reaksiyonu için Michaelis Sabiti (Km) nispeten yüksektir ve katalaz H_2O_2'in oluştuğu tüm komponentlerde bulunmaz, bu da katalazın oksijen radikallerinin oluşumundan korunmada ikincil öneme sahip olduğunu akla getirmektedir. Başlıca görevi; fotorespirasyon ya da glioksizomlarda yağ asitlerinin β oksidasyonu sırasında oluşan H_2O_2'i su ve oksijene ayrıştırarak zararsız hale getirmektir (Lazarow ve Fujukı, 1985).

Peroksidazlar, hidrojen akseptörü olarak oksijeni kullanıp, substrattan hidrojen ayrılması reaksiyonlarını katalizleyen enzimlerdir. Ürün genellikle ya H_2O ya da H_2O_2'dir (Türkan, 2002). Peroksidaz, biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerde etkili olduğu gibi çevresel stresIere cevapla da ilişkilidir (Matamoros ve ark., 2003). Peroksidazlar sadece üretilen H_2O_2' in uzaklaştırılmasında değil, aynı zamanda büyüme ve gelişme ile ilgili bazı süreçlerde de görev almaktadırlar (Dıonısıo-Sese ve Tobıta, 1998).

Bitkiler çevresel stres altında aktif oksijeni uzaklaştıran enzim aktivitelerini arttırırlar. Enzim aktivitilerinin artışına parelel olarak enzimlere ait proteinlerin ve mRNA'ların miktarları da artar (Satoh ve Murata, 1998). Bitkiler sahip oldukları yüksek antioksidant enzimler sayesinde farklı çevresel streslere karşı cevap ve tolerans sağlamaktadırlar (Çakmak ve ark., 1993; Acar ve ark., 2001; Sato ve ark., 2001; Bor ve ark., 2003; Türkan ve Demiral, 2004).

2.2. Bor'un Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Bitkilerde stres faktörlerinin en önemlilerinden biri de besin elementlerinin eksikliği veya toksisitesidir. Bunlar metabolizmanın işlevini engellemekte ve bitkide çeşitli zararlara neden olabilmektedirler. Bitkiler tarafından eser miktarda gereksinim duyulan, eksikliği ve toksisite sınırı birbirine en yakın element bor'dur (Brown ve ark., 2002).

Yeryüzünün 51. yaygın elementi olan bor toprakta, kayalarda ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Toprağın bor konsantrasyonu toplam olarak genelde ortalama 10-20 ppm, deniz suyunda 0,5-9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,001-1,5 ppm sınırları içindedir. Yüksek konsantrasyonda ve ekonomik düzeydeki bor kaynakları, bor' un oksijenle bağlanmış bileşikleri olarak daha çok Türkiye (rezervlerin yaklaşık %70'i) ve Amerika'nın kurak volkanik ve hidrotermal aktivitelerinin yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır (Ediz ve Özday, 2001).

Kurak ve yarı kurak iklim bölgeleri topraklarının fazla B içermesi, söz konusu bölgelerde yetiştirilen kültür bitkilerinde ve özellikle tahıllarda B toksisitesinin çok yaygın olan bir beslenme problemi olmasına yol açmaktadır. Örneğin, Güney Avustralya'da kurak ve yarı kurak bölgelerden alınan bitki ve toprak örneklerinde çok yüksek B konsantrasyonlarına rastlanmıştır (Cartwrıght ve ark., 1984). Güney Avustralya'da yaygın tahıl üretiminin yapıldığı alanlarda topraklarda doğal olarak bulunan B'un tahıllarda (özellikle arpada) B toksisitesine yol açtığı ve ayrıca söz konusu bölgelerde yetiştirilen buğday, yulaf, bezelye ve mera bitki türlerinde önemli verim düşüşlerine neden olduğu kaydedilmiştir (Cartwrıgth ve ark., 1984). Aynı bölgede B toksisitesinin arpa yetiştiriciliğini önemli bir şekilde sınırlandırdığı (arpada bora hassasiyet yüksektir) ve B toksisitesinden kaynaklanan tane verim azalmasının %17'den fazla olduğu saptanmıştır (Cartwrıght ve ark., 1984).

Gezgin ve ark (2002) Orta Güney Anadolu tarım bölgesinden toplanan 898 toprak örneğinin analiz sonuçlarına göre, elverişli B miktarı toprakların % 26.6'sında 0.5 mg kg^{-1} B'dan düşük, % 24.9'unda 0.5-1 mg kg^{-1} B, % 30.5'inde 1-3 mg kg^{-1} B, % 8.1'inde 3-5 mg kg^{-1} B, % 6.3'ünde 5-10 mg kg^{-1} B, % 3.6'sında ise >10 mg kg^{-1} B şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bu oranlar dikkate alındığında, bölgedeki tarım arazilerinin yaklaşık %18'i tahıllar açısından yüksek B içeriğine sahip olduğu

anlaşılmaktadır. Ayrıca bu araştırmada toprakların elverişli B miktarı ile organik madde ($r_=$ 0.29**), elektriksel iletkenlik ($r_=$ 0.56**) ve kil miktarları ($r_=$ 0.23**) arasında pozitif, kireç ($r_=$-0.24**), kum ($r_=$-0.24**) ve Mn miktarları ($r_=$-0.23**) arasında ise negatif ilişkiler belirlemişlerdir.

Bor toksitesi dünyada ve Türkiye' de özellikle kurak ve yarı-kurak bölge topraklarında yaygın ve genelde lokal olarak görülen bir mineral beslenme problemidir (Kalaycı ve ark., 1999; Sıllanpaa, 1982). Bor noksanlığının olduğu alanlarla karşılaştırıldığında B bakımından zengin topraklar daha az yaygın olmasına rağmen çoğu zaman dünyanın farklı bölgelerinde görülen verim düşüşlerinin başta gelen nedenleri arasında gösterilmektedir (Cartwrıght ve ark., 1984).

Bor toksisitesinin bitkilerin kök ve yeşil aksam büyümesini engelleyen ve tane verimini ciddi bir şekilde sınırlayan bir mikro element problemi olduğu bildirilmiştir. Ayrıca B toksisitesinin buğdayda özellikle bitki boyunun uzamasını ve yeşil aksam gelişimini durduran (Paull ve ark., 1990), büyümeyi geciktiren (Paull ve ark., 1988) ve kök gelişimini azaltan (Huang ve Graham, 1990) bir problem olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.

Torun ve ark (1999), Konya koşullarında yetiştirilen 22 buğday çeşidinin B toksitesine duyarlılığını sera ve tarla koşullarında araştırmışlardır. Diğer bitki türleriyle karşılaştırıldığında B toksitesinden kaynaklanan verim kayıplarının tahıllarda daha büyük boyutlarda olduğu bildirilmiştir. Bordan kaynaklanan verim kayıplarının ekmeklik çeşitlerle karşılaştırıldığında makarnalık buğdaylarda oldukça fazla olduğu görülmüş, kuru madde veriminde azalmaların makarnalık buğday çeşitlerinde farklı olmamasına karşılık ekmeklik buğday çeşitleri arasında oldukça farklı olduğu saptanmıştır. Topraktaki B fazlalığına karşı bitkilerin farklı reaksiyon gösterme nedenlerinin çeşitten çeşide farklılık gösterdiği saptanmıştır. Bazı çeşitlerin dokularında daha az B biriktirebilme yeteneğine sahip olması ve bazı çeşitlerin ise doku düzeyinde alınan boru tolere edebilme yeteneğine sahip olması veya olmamasından dolayı bora farklı reaksiyon gösterebilmektedirler. Buğday çeşitlerinin bora farklı dayanım göstermelerinin yeşil aksamdaki B konsantrasyonu veya yeşil aksamdaki toplam B miktarı ile doğrudan ilişkili olmadığı görülmüştür. Deneme sonuçlarından ayrıca, B toksisitesine karşı çeşitlerin dayanıklılık sıralamasını sera ve tarla koşullarında hemen hemen benzer olduğu ortaya çıkmıştır. Bu da çok sayıda çeşidin bora karşı reaksiyonlarının tarla koşullarında test edilmeden önce sera koşullarında test

edilebileceğini göstermektedir. Yüksek B uygulamaları altında veya B toksitesine sahip bir toprakta yetiştirilen genotiplerin B toksitesine duyarlılığı hakkında ön bilgi edinmede, B toksitesinin yaprakta neden olduğu belirtilerin derecesinin belirlenmesi oldukça güvenilir bir parametre olarak bulunmuştur.

Furio, Riogrande, Sele, DK 743, Helix, Missouri, Betor ve Poker mısır çeşitlerinin B toksisitesine duyarlılıkları sera koşullarında araştırılmıştır. Toprağa B; 0, 10 ve 30 mg kg^{-1} düzeylerinde H_3BO_3 formunda uygulanmıştır. Deneme sonunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları ile B konsantrasyonları belirlenmiştir. Yaş ve kuru bitki ağırlıkları ile bitkilerin B konsantrasyonları arasındaki ilişkilerden yararlanılarak mısır çeşitlerinin B toksitesine duyarlılıkları ortaya konulmuştur. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre yaş ve kuru ağırlık bakımından bitkilerin B toksisitesine duyarlılıkları yüksekten düşüğe doğru Helix, Riogrande, Furio, Poker, Sele, Missouri, DK 743, Betor şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak yüksek bora duyarlılıkları düşük olan çeşitlerin yüksek olan çeşitlere göre daha fazla B içerdikleri belirlenmiştir (Güneş ve ark., 2000).

Bergmann (1992), bitki bünyesinde kritik bor noksanlık seviyelerini buğdaygillerde (örneğin arpa, buğday vb.) 5-10 mg B kg^{-1}, çift çenklilerde (örneğin üçgül v.b.) 20-70 mg B kg^{-1} ve haşhaşta 80-100 mg B kg^{-1} olarak bildirmiştir.

Taban ve Erdal (2000), bor uygulamasının buğday çeşitlerinin gelişimi ve toprak üstü aksamda bor dağılımının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, killi tın tekstürlü, %12 kireç içeren, pH sı 7.91 ve bitkiye yarayışlı bor miktarı 1.52 mg kg^{-1} olan toprak örneğini materyal olarak kullanmışlar. Serada 4 ekmeklik (*Triticum aestivum* L. cv: Bobal-2973, Bezostaja, Kıraç, Gerek-79) ve makarnalık (*Triticum durum* L. cv: Çakmak-79 ve Kızıltan-91) buğday çeşitleri ile yürüttükleri denemede, topraklara bor 0,1 ve 10 mg B kg^{-1} olacak şekilde borik asit olarak uygulamışlardır. Makarnalık çeşitlerin ekmeklik çeşitlere göre bordan daha fazla etkilenmiş olduğunu ve bor uygulamasının Bolal-2973 ve Gerek-79 çeşitlerinde kuru ağırlık artışına, Çakmak-79 ve Kızıltan-91 çeşitlerinde ise kuru ağırlık azalışına neden olduğunu belirlemişlerdir. Aynı araştırmada bor uygulandığında ve uygulanmadığında, buğday çeşitlerinin tümünde en fazla bor'u yaprak ucunda belirlemişlerdir. Toprağa bor uygulanmadığında, çeşitlerin toprak üstü bitki genelinde, yaprak genelinde ve ucu alınan yaprağın kalan kısmında belirlenen bor konsantrasyonları arasında belirgin bir farklılık belirlememişlerdir. Toprağa bor uygulandığında, çeşitlerin bora tepkilerinin ayırımlı olmasından dolayı, toprak üstü bitki genelinde, yaprak genelinde ve ucu alınan yaprağın

kalan kısmında belirlenen bor konsantrasyonları birbirlerinden farklı olduğunu bulmuşlardır.

Soylu ve ark (2004) ise, tahıllar için düşük B ihtiva eden (0.19 mg kg^{-1}) topraklarda, tarla koşullarında yaptıkları çalışmada 6 makarnalık buğday çeşidine (Kızıltan-91, Ç-1252, Selçuklu-97, Kunduru-1149, Yılmaz-98 ve Çakmak-79) 4 farklı B dozu (0, 1, 3 ve 9 kg B ha^{-1}) uygulamışlardır. İki yıl süren araştırma sonucunda, makarnalık buğday çeşitlerinin B dozlarına önemli derecede genotipik farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Hektara 3 kg B uygulaması ile Kızıltan-91 çeşidinde % 38'lik oranla en yüksek verim artışı sağlanırken, Çakmak-79 çeşidinde aynı dozda % 11'lik verim artışı kaydedilmiştir. Altı çeşidin ortalama tane verimi incelendiğinde verimde 1 kg ha^{-1} B uygulaması ile % 11, 3 kg ha^{-1} ile % 9 ve 9 kg ha^{-1} ile % 7 artış olduğu görülmüştür. Çeşitlerin bayrak yapraklarındaki B miktarları B dozlarının artışı ile ritmik bir artış göstermiş, kontrol parsellerinde 11.1 mg kg^{-1} olan B konsantrasyonu 1, 3, 9 kg ha^{-1} B uygulamalarında sırasıyla 14.67, 17.33 ve 24.28 mg kg^{-1} olmuştur. Sonuç olarak makarnalık buğdayların B eksikliğine karşı hassasiyet gösterdiği tespit edilmiştir. Bora tepki yönünden buğday çeşitleri arasında önemli genotipik farklılıkların ortaya çıkması B eksikliğine hassas veya toleranslı genotiplerin belirlenerek bölge topraklarına uygun çeşitlerin tespit edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Rerkasem ve Jamjod (2004), buğdayda B eksikliğinin 1960 yılından beri bilindiğini ve buğdayın B eksikliğine dikotiledon bitkilerden daha fazla eğilimli olduğunu belirtmişlerdir. B fazlalığının buğdayda büyüme ve gelişmeyi etkilediği bilinmekte, eksikliği ise ticari açıdan önemli derecede verim kayıplarına neden olmaktadır. Buğday genotiplerinin bora karşı tepkileri bakımından farklılık gösterdiği, bazı genotiplerin düşük borlu topraklarda yetiştirilirken verimlerinin değişmediği fakat bazı genotiplerin de bu topraklarda B eksikliğinden etkilenerek bu durumun verim kayıplarına neden olduğu belirtilmiştir. Araştırıcılar B eksikliğine tepkilerin belirlenmesinde, en ani tepkinin kök uzamasının durması olarak nitelendirmişler, fakat bu etkinin buğdayda nadir görüldüğünü ifade etmişlerdir.

Hamurcu ve ark (2006a), kontrollü sera koşullarında farklı seviyelerde uygulanan bor ve demir dozlarının makarnalık buğdayın kuru madde miktarı, bor konsantrasyonu ve miktarı, demir konsantrasyonu ve miktarı Zn, Cu, Mn konsantrasyonları üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada boru yedi (0, 0.5, 1, 2, 4, 8 ve 16 mg kg^{-1}), Fe'i ise dört (0, 6, 12, 24 mg kg^{-1}) farklı seviyede

uygulamışlardır. Makarnalık buğday bitkisinin kuru madde miktarı, bor konsantrasyonu ve miktarı, demir konsantrasyonu ve miktarı, Zn, Cu, Mn konsantrasyonları üzerine bor ve demir uygulamalarının ve interaksiyonların etkisini istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulmuşlardır. Bitkide uygulanan bor miktarı arttıkça bor konsantrasyonunun arttığı, demir miktarı arttıkça demir konsantrasyonunun belli bir noktaya kadar artış gösterdiği, belli bir seviyeden sonra daha fazla artmadığını belirlemişlerdir. Uygulanan bor miktarının bitkinin demir alımı üzerine bir etkisinin olmadığı, ancak demir uygulamasının uygulanan demir miktarının artışına bağlı olarak bitkinin bor alımını azalttığını belirlemişlerdir.

Hamurcu ve ark (2006b), kontrollü sera koşullarında farklı seviyelerde uygulanan bor (B) ve demir (Fe) dozlarının bezelye genotiplerinde kuru madde miktarı, bitki boyu, B konsantrasyonu ve miktarı ile Fe konsantrasyonu ve miktarı üzerine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada B (0, 1, 20 mg kg^{-1}) ve Fe (0, 6, 60 mg kg^{-1}) üç farklı seviyede uygulanmıştır. Bezelye hatlarının kuru madde miktarı, bitki boyu, B konsantrasyonu ve miktarı ile Fe konsantrasyonu ve miktarı üzerine B ve Fe uygulamalarının ve interaksiyonlarının etkisi istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. B toksisitesinden kaynaklanan kuru madde azalmasının uygulanan B dozlarının ortalaması dikkate alındığında B uygulanmayan saksılara göre % 9.22 oranında azaldığı, en yüksek kuru madde miktarına ulaşılan 1 mg kg^{-1} B uygulamasında %5.86'lık oranda arttığı belirlenmiştir. Bezelye bitkisine uygulanan B miktarındaki artışla birlikte bitki boyunda da artışlar belirlemişlerdir. Bitkiye uygulanan B miktarı arttıkça B konsantrasyonunun arttığı, Fe miktarı arttıkça Fe konsantrasyonunun artış gösterdiği, uygulanan B miktarının bitkinin Fe alımını az da olsa azalttığı, Fe uygulamasının ise uygulanan Fe miktarının artışına bağlı olarak bitkinin B alımını azalttığı belirlemişlerdir.

Torun ve ark (2006), toprakta bor toksisitesine karşı genotipik farklılığın boyutunu araştırmak amacıyla 70 makarnalık buğday (*Triticum durum*) genotipi ile yaptıkları sera denemesinde, bitkiler ekstrakte edilebilir B'un 12 mg kg^{-1} olduğu bir toprakta iki ayrı bor uygulamasına tabi tutulmuştur (+B: 25 mg kg^{-1} toprak;-B: 0 mg kg^{-1}), 30 günlük büyüme evresinden sonra bitkilerin yalnızca yeşil aksamlarını hasat edilmiş ve genotipler kuru madde ağırlığı ve yeşil aksam B konsantrasyonu bakımından değerlendirilmiştir. Genotipler arasında topraktaki B toksisitesine karşı, toksisite belirtilerinin şiddeti ve büyümedeki azalma bakımından büyük bir genotipik

varyasyonun olduğunu, test edilen genotiplerden Sabil-l, Stn "S", Aconhi-89 ve Wadelmez-2, B uygulamasından etkilenmeyen ve hatta bu genotiplerde B'dan dolayı büyümede bir artma eğiliminin ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Buna karşılık, diğer genotiplerin tümünde B uygulaması sonucu kuru madde ağırlığında azalmaların olduğu, bu azalmaların özellikle Lagost-3, Dicle-74. Brachoual134xS-61 ve Gerbrach genotiplerinde olduğunu, genotiplerden Braehoual134xS-61 ve Gerbrach'da B'dan dolayı kuru madde oluşumundaki azalmanın 2 kattan daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir. Genel olarak B toleransı yüksek genotipler yüksek miktarlarda B birikimi gösterirken, duyarlı genotiplerde düşük düzeylerde B birikimini belirlemişlerdir. Bu sonuçlar, 70 genotip arasında görülen farklı B toleransının, B'un köklere alınmayarak dışarıda tutulması (dışlama) mekanizması ile ilişkili olmadığını ortaya koymaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki materyallerinin temini

Projede Hamurcu ve ark (2006) tarafından yapılan araştırmada bora tepkileri daha önce belirlenmiş ***Pisum sativum* L**. türüne ait meyvesi ve tohumu yenen yemeklik **S2** hattı ile ***Pisum arvense* L**. türüne ait **602-1** yemlik hat, **Taşkent** ve **Özkaynak** yemlik tescilli bezelye genotipleri kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Laboratuvar çalışmaları fakülte idaremizin gösterdiği yer ve sağladığı altyapı olanaklarına paralel olarak TÜBİTAK projelerinden temin edilen desteklerle faal hale getirilmiş olan Bitki Fizyolojisi laboratuarlarında yapılmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Bitki Fizyolojisi Laboratuvarları

3.2.1. Deneme serilerinin hazırlanması

Araştırmada kullanılan bitkiler iklim odasında kontrollü koşullarda yetiştirilmişlerdir (Şekil 3.1.). İklim odası; bitkilerin tohum çimlenmesi ve çimlenme

sonrası genç fidecikleri, büyüme ve gelişme süresince % 45-55 nem, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık fotoperyod, 21±1 ^{0}C sıcaklık ile 14000 Lüx/Gün ışık intensitesi olacak şekilde ayarlanmıştır.

Denemede kullanılan tohumlar önce %5'lik sodyum hipoklorid ile 10'ar dakika muamele edildikten sonra de-iyonize su (dI -H_2O) ile 3 kez yıkanarak sterilize edilmişlerdir. Daha sonra her dört grup için de (*Pisum sativum* L. S2, *Pisum arvense* L.602-1, Taşkent, Özkaynak) su kültürü düzeneği kurulmuştur (Şekil 3.1.). Bezelye genotiplerine ait tohumlar 2 saat deiyonize suda şişirildikten sonra nemli filtre kağıdı içeren petrilere yerleştirilerek 4 ^{0}C'de gece boyunca bekletilmiş, çimlenen tohumlar, naylon telin üzerine alınarak 0.5 mM'lık $CaCl_2$ solüsyonunda 25 ^{0}C'de karanlıkta inkübe edilmiştir (Şekil 3.2.). Daha sonra fideler sürekli havalandırılan 1/5'lik Hoagland solüsyonuna aktarılarak (pH 6.0) bitki büyüme odasında yetiştirilmiştir (Şekil 3.1.). İlk üç yapraklı evreye gelen bitkilere 0, 2, 20 ve 200 mg L^{-1} dozlarında bor içeren 1/5'lik Hoagland solüsyonu tatbik edilmiştir. Bitkiler ilk üç yapraklı evresinde araştırmada belirtilen bor dozlarının uygulanmaya başlandığı 0. günde, daha sonra bor uygulamasını takip eden günden itibaren ilk tepkilerin görülmeye başlandığı gün olan 7. günde son olarak 8. günlerde hasat edilmiş ve hasat edilen örnekler analizlere kadar -80 ^{0}C' de derin dondurucuda saklanmışlardır.



Şekil 3.2. Bezelye genotiplerine ait tohumların çimlendirme işlemleri.

3.2.2. Analiz yöntemleri

Bor elementinin bezelye bitkilerindeki fizyolojik etkileşimini belirlemek ve amaçta belirtilen hedeflere ulaşabilmek için hasat edilen bezelye örneklerinde aşağıda belirtilen çalışmalar yapılmıştır;

- Büyüme parametrelerinin ölçülmesi,
- Bağıl su içeriğinin belirlenmesi,
- Bitkilerde bor analizi,

3.2.2.1. Büyüme parametreleri

Dozlarına göre bor uygulanmış gruplardan; 0, 3 ve 8. günlerde hasat edilen bezelye genotiplerininkök ve gövdeleri birbirinden ayrılmıştır. Kök ve gövdenin uzunlukları ölçülmüş, yaş ve kuru ağırlıkları tartılmıştır. Örnekler 70 ^{0}C de 72 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları da belirlenmiştir.

3.2.2.2. Bağıl su içeriği

Bor uygulamasına bağlı hasat günlerinde her bir gruptaki bitkilerin en genç sürgünlerinden sonra gelen lateral yaprakların uç kısımlarından seçilen 6 adet yaprak örneği alınarak (6 ayrı bitki örneğinden) yaş ağırlıkları (YA) belirlenmiştir. Sonra 6 saat boyunca dI-H_20 içinde petri kaplarında bekletilerek turgor haline gelmeleri sağlanmış ve bu durumdaki turgorlu ağırlıkları (TA) alınmıştır. Daha sonra bu yapraklar 70 ^{0}C' de 72 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları (KA) saptanmıştır. Bu veriler kullanılarak her bir gruba ait yaprak örneklerinin bağıl su içeriği aşağıdaki formüle göre % olarak hesaplanmıştır;

Bağıl Su İçeriği (%) = [(YA – KA) / (TA – KA)]x100

YA=Yaş Ağırlık

KA=Kuru Ağırlık

TA=Turgorlu Ağırlık

3.2.2.3. Bitkilerde bor analizi

Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuvara getirilen bitkilerin vejetatif aksamı ve kök aksamı musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.1 N HCl çözeltisi, iki kez saf su ve bir kez de deiyonize su ile yıkanıp, kaba filtre kağıdı üzerinde fazla suları alınmıştır. Daha sonra kese kâğıdına ayrı ayrı konulan bitki kısımları hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 70 ^{o}C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuşlardır. Kuruyan bitki örneklerinin ağırlıkları belirlendikten sonra tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüşlerdir. Polietilen kavanozlara konulan öğütülmüş bitki örnekleri analizde kullanılmadan önce 70^{o}C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma dolabında bırakılmış ve kavanozların kapakları sıkıca kapatılmıştır.

Kurutulan ve öğütülen bitki örneklerinden 0.3 g tartılmış 5 ml HNO_3+2 ml H_2O_2 ile yüksek sıcaklık (210 ^{o}C) ve yüksek basınç (200 PSI) altında mikrodalga cihazında (CEM Mars 5) çözündürülmüştür. Daha sonra örnekler 25 ml'lik balonjoje'ye aktarılarak soğutulmuş, deiyonize su ile derecesine tamamlanmıştır. Bu süzükler hemen ince gözenekli (Whatman No:42 veya mavibant) filtre kağıdı ile süzülerek 25 ml'lik polietilen şişelere aktarılmış ve süzükteki bor konsatrasyonları ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian-Vista, axiel) cihazı ile belirlenmiştir (Burt. R., 2004).

3.2.3. Biyokimyasal parametrelerin ölçümü

Bitkilerde aşağıda belirtilen fizyolojik çalışmalar yapılmıştır.

- Enzim ekstraktlarının hazırlanması,

  Antioksidan enzim aktivitelerinin tayini;

  - Peroksidaz (POX; EC 1.11.17) enzim aktivitesinin belirlenmesi
  - Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) enzim aktivitesinin belirlenmesi
  - Lipit peroksidasyonun belirlenmesi
  - Prolin analiz

3.2.3.1. Enzim ekstraktlarının hazırlanması

Antioksidan enzimlerin ekstraksiyonu için derin dondurucuda – 80^0C'de saklanmakta olan yaprak örnekleri kullanılmıştır. Soğutulmuş havanda 1 gr yaprak örneği sıvı azotta %2 (w/v) polyvinylpolyprrolidone (PVPP) ve 1 mM EDTA içeren pH 7,8'de 50 mM Na-fosfat tamponuyla homojenize edilmiştir. Filtrasyon sonrası +4°C'de, 14 000 rpm'de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant, enzim aktivitesi analizlerinde kullanılmıştır. Ekstraksiyon prosedürünün tümü ±4°C'de gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.2. Antioksidan enzim aktivite analizleri

3.2.3.2.1. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) enzim aktivitesinin belirlenmesi:

Peroksidaz (POX) enzim aktivitesi, Herzog ve Fahimi'nin (1973) tanımladığı metoda göre yapılmıştır. Köre karşı 465 nm'de H_20_2 varlığında okside olan DAB (3'-3'-diaminobenzidin tetrahidroklorit) oluşum miktarına bağlı olarak 3 dakika boyunca absorbans değişimleri okunmuştur. Spesifik enzim aktivitesi dakikada tüketilen µmol/ml H_20_2 olarak ifade edilmiştir.

3.2.3.2.2. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) enzim aktivitesinin belirlenmesi

Katalaz (CAT) enzim aktivitesi, Bergmayer'in (1970) tanımladığı metoda göre yapılmıştır. Analiz UV ışığı bölgesinde köre karşı 240 nm'de H_20_2'nin azalma oranının belirlenmesi ile yapılmıştır. Bu enzim aktivitesi dakikada tüketilen µmol H_20_2 olarak ifade edilmiştir. Reaksiyon boyunca absorbansta oluşan düşüş 180 sn boyunca takip edilmiştir. CAT aktivitesi dakikada harcanan µmol H_20_2 olarak ifade edilmiştir.

3.2.3.3. Prolin analizi

Serbest prolin içeriğinin belirlenmesi Bates ve ark. 'na (1973) göre yapılmıştır. Sıvı fazdan aspire edilen toluen fraksiyonunun 520 nm'deki absorbansı spektrofotometreden okunmuştur. Prolin konsantrasyonu, kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve µmol prolin g^{-1} taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

3.2.3.4. Lipit peroksidasyonun belirlenmesi

Lipit peroksidasyonunun belirlenmesi TBAR reaksiyonu sonucu oluşan malondialdehit (MDA) miktarının belirlendiği Madhava Rao ve Sresty'nin (2000) tanımladığı yönteme göre yapılmıştır. Aktivite için 532-600 nm aralığında absorbans değişimlerine bakılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Sonuçları

Araştırmada bezelye 602-1, S2, Taşkent ve Özkaynak genotiplerine farklı seviyelerde uygulanan borun bitkilerde meydana getirdiği değişimlerle ilgili incelenen özellikler aşağıdaki alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.1.1. Büyüme Parametreleri Sonuçları

Bezelye genotiplerine farklı seviyelerde uygulanan borun bitkilerin yaş ve kuru ağırlık değerleri ile kök ve gövde uzunluğu değerlerine ait ortalamalar Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3' te bu değerlere ait grafikler Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6' da verilmiştir.

4.1.1.1. Gövde ve kök yaş ağırlığı

Bezelye genotiplerinin 0., 3. ve 7. gününde ölçülen gövde yaş ağırlıklarına ait ortalama değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Varyans analizine göre, gövde yaş ağırlığı bakımından kullanılan genotipler, bor uygulaması ve çeşit x bor interaksiyonu 0., 3. ve 7. gününde alınan örneklerde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.1).

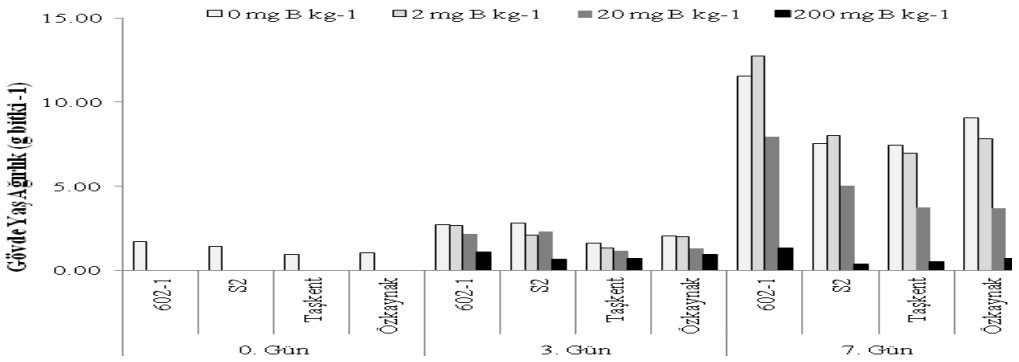
Çizelgede görüldüğü gibi, araştırmada kullanılan bezelye genotiplerinde gövde yaş ağırlık değerlerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Bor uygulamasına bağlı olarak bitkilerin gövde yaş ağırlık değerlerinin değişiklik gösterdiği, özellikle bitkilerde aşırı dozda (200 mg kg^{-1}) bor uygulaması yaş ağırlıkta ilk toksisite belirtisinin görüldüğü 3. günde yapılan örneklemelerde en fazla azalma S-2 hattında belirlenirken diğer genotiplerdeki azalmalar birbirlerine yakın oranlarda olmuştur (Çizelge 4.1). Bor uygulamasının yapılmadığı 0 mg kg^{-1} ve yeterli seviye olarak kabul edilen 2 mg kg^{-1} bor dozlarında 602-1hat ve Özkaynak çeşidinde her iki dozda birbirlerine yakın değerler elde edilirken, S-2 hat ve Taşkent çeşidinde sırasıyla %25 ile %17 oranlarında azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bezelye genotiplerinde yapılan 3. örneklemede (bor uygulamasının 7. gününde) 2 mg kg^{-1} dozunda 602-1 ve S-2 hatlarında sırasıyla %10 ve %7 oranlarında artışlar olurken Taşkent ve Özkaynak çeşitlerinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. En yüksek bor dozu olan 200 mg kg^{-1} dozunda 7. günde yapılan ölçümlerde en fazla azalma %92 oranı ile Özkaynak çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). Bezelye genotiplerinde kök yaş ağırlık değerleri ile ilgili yapılan ölçümlerinde gövde yaş ağırlık değerleri ile benzerlik gösterdiği, 602 -1 hattında 3. ve 7. günde yapılan ölçümlerde 2 mg kg^{-1} bor dozunda bor uygulaması yapılmayan 0 mg kg^{-1} bor dozuna göre %4 ve %16 oranlarında artışlar olurken, S-2 hattında 7. günde

yapılan ölçümde %13 oranında artış olduğu diğer genotiplerde artan bor uygulaması ile birlikte kök yaş ağırlık değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1, Şekil 4.2).

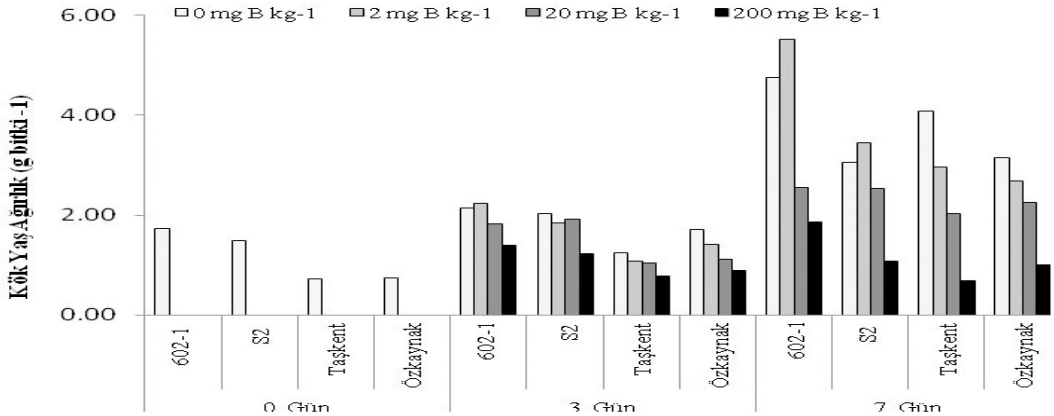
Çizelge 4.1. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde ve kök yaş ağırlık değerleri (g bitki^{-1})

		Gövde Yaş Ağırlık						Kök Yaş Ağırlık					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
Uygulamalar		g bitki^{-1}	*S S*	g bitki^{-1}	*S S*	g bitki^{-1}	*S S*	gbitki^{-1}	*S S*	g bitki^{-1}	*S S*	g bitki^{-1}	*S S*
Çeşit	602 - 1	1.70a**	*±0.45*	2.16a**	*±0.80*	8.39a**	*±4.74*	1.74a	*±0.03*	1.90a**	*±0.47*	3.67a**	*±1.93*
	S 2	1.42b**	*±0.21*	1.97a**	*±0.97*	5.25b**	*±3.44*	1.49b	*±0.85*	1.75a**	*±0.44*	2.53b**	*±1.03*
	Taşkent	0.93c**	*±0.12*	1.21b**	*±0.41*	4.67b**	*±3.23*	0.73c	*±0.08*	1.04b**	*±0.32*	2.44b**	*±1.39*
	Özkaynak	1.02c**	*±0.20*	1.58b**	*±0.57*	5.33b**	*±3.76*	0.73c	*±0.04*	1.28b**	*±0.41*	2.27b**	*±0.96*
B mg kg^{-1}	0			2.29a**	*±0.59*	8.91a**	*±2.63*			1.78a**	*±0.45*	3.76a**	*±1.37*
	2			2.02a**	*±0.77*	8.89a**	*±2.72*			1.64a**	*±0.60*	3.65a**	*±1.33*
	20			1.74b**	*±0.61*	5.11b**	*±2.03*			1.47b**	*±0.48*	2.34b**	*±0.36*
	200			0.86c**	*±0.29*	0.73c**	*±0.40*			1.07c**	*±0.35*	1.16c**	*±0.47*
Çeşit x Bor	602 - 1 0			2.70	*±0.25*	11.54	*±1.39*			2.15	*±0.20*	4.76	*±2.37*
	602 - 1 2			2.67	*±0.76*	12.72	*±1.87*			2.24	*±0.53*	5.51	*±1.03*
	602 - 1 20			2.15	*±0.49*	7.96	*±0.39*			1.82	*±0.27*	2.54	*±0.02*
	602 - 1 200			1.11	*±0.40*	1.33	*±0.15*			1.39	*±0.41*	1.85	*±0.21*
	S - 2 0			2.82	*±0.44*	7.54	*±2.14*			2.03	*±0.21*	3.06	*±0.44*
	S - 2 2			2.10	*±0.98*	8.03	*±1.46*			1.84	*±0.53*	3.45	*±0.64*
	S - 2 20			2.31	*±0.24*	5.04	*±1.71*			1.91	*±0.23*	2.54	*±0.60*
	S - 2 200			0.64	*±0.27*	0.37	*±0.06*			1.23	*±0.35*	1.08	*±0.12*
	Taşkent 0			1.61	*±0.23*	7.46	*±2.99*			1.25	*±0.37*	4.08	*±1.08*
	Taşkent 2			1.33	*±0.47*	6.98	*±0.45*			1.07	*±0.35*	2.95	*±0.35*
	Taşkent 20			1.17	*±0.15*	3.73	*±1.02*			1.05	*±0.36*	2.03	*±0.11*
	Taşkent 200			0.72	*±0.06*	0.50	*±0.08*			0.77	*±0.40*	0.69	*±0.19*
	Özkaynak 0			2.05	*±0.41*	9.08	*±2.51*			1.70	*±0.40*	3.14	*±0.60*
	Özkaynak 2			1.98	*±0.39*	7.83	*±2.12*			1.41	*±0.33*	2.69	*±0.88*
	Özkaynak 20			1.31	*±0.49*	3.70	*±0.78*			1.11	*±0.32*	2.24	*±0.28*
	Özkaynak 200			0.97	*±0.10*	0.72	*±0.15*			0.90	*±0.12*	1.00	*±0.13*

**%1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.1. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde yaş ağırlık değerleri (g bitki^{-1})



Şekil 4.2. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin kök yaş ağırlık değerleri (g bitki^{-1})

4.1.1.2. Gövde ve kök kuru ağırlığı

Bezelye genotiplerinin0., 3. ve 7. gününde ölçülen gövde kuru ağırlıklarına ait ortalama değerler Çizelge 4.2'de verilmiştir. Araştırmada kullanılan bezelye genotiplerinin gövde kuru ağırlık değerleri bor uygulanmamış olan 0 mg B kg^{-1} dozu ile mukayese edilediğinde, bor uygulamasına tepkilerinin belirlendiği ilk gün olan 3. gün ve ölüm aşamasına yaklaştığı gün olan 7. günde yapılan ölçümlerde her iki örnekleme zamanında sadece 602–1 hattında 2 mg kg^{-1} bor dozunda 0 mg B kg^{-1} uygulamasına göre %4 ve %13 oranlarında artış olduğu, kullanılan diğer genotiplerde bor uygulamasına bağlı olarak kuru ağırlık değerlerinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.3).

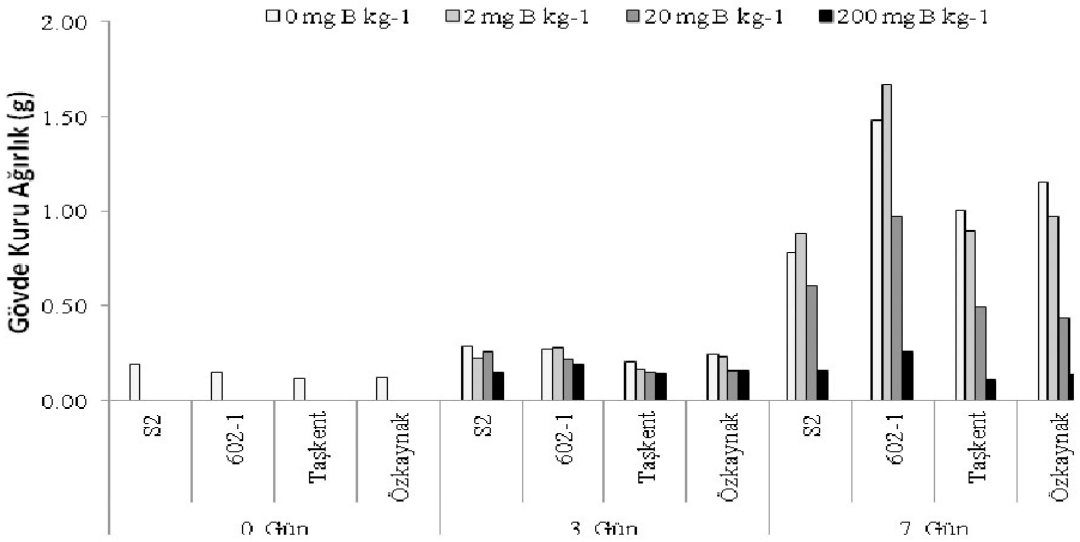
Araştırmada kullanılan bezelye genotiplerininkök kuru ağırlık değerleri gövde kuru ağırlık değerleri ile benzerlik göstermiş sadece 2 mg kg^{-1} dozunda 602-1 hattında 3. ve 7 gün örnekleme zamanlarında artış olduğu belirlenmiştir. Diğer genotiplerde bor

uygulamasına bağlı olarak kök kuru ağırlık değerlerinde azalma belirlenmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.4).

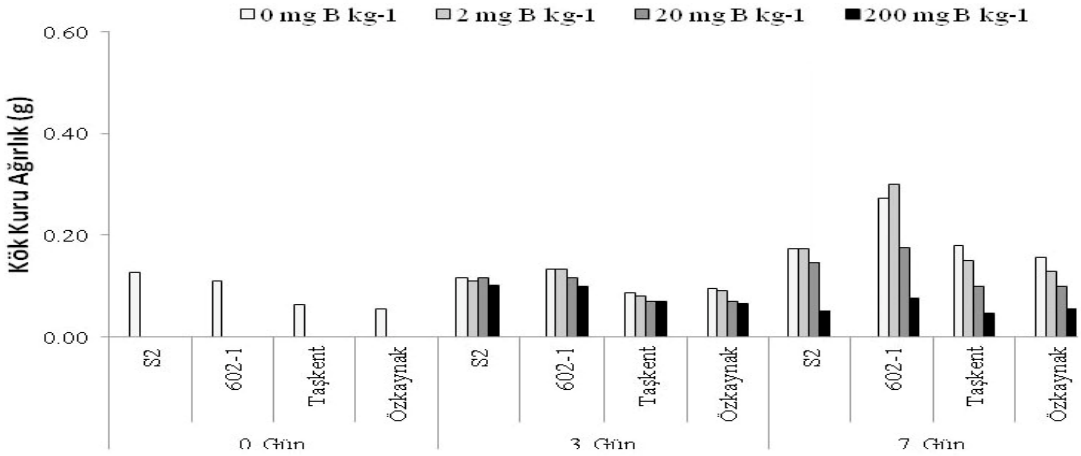
Çizelge 4.2. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde ve kök kuru ağırlık değerleri (g bitki^{-1})

		Gövde Kuru Ağırlık						Kök Kuru Ağırlık					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
Uygulamalar		g bitki^{-1}	*S S*	g bitki^{-1}	*S S*	g bitki^{-1}	*S S*	gbitki^{-1}	*S S*	gbitki^{-1}	*S S*	g bitki^{-1}	*S S*
Çeşit	602 - 1	0.19a**	*±0.00*	0.24a**	*±0.07*	1.10a**	*±0.61*	0.13a	*±0.01*	0.12	*±0.02*	0.21a**	*±0.10*
	S 2	0.15b**	*±0.02*	0.23a**	*±0.08*	0.61b**	*±0.32*	0.11b	*±0.01*	0.10	*±0.02*	0.14b**	*±0.06*
	Taşkent	0.12c**	*±0.01*	0.17b**	*±0.03*	0.63b**	*±0.41*	0.06c	*±0.01*	0.08	*±0.01*	0.12b**	*±0.06*
	Özkaynak	0.12c**	*±0.01*	0.20b**	*±0.06*	0.67b**	*±0.46*	0.06c	*±0.01*	0.08	*±0.02*	0.11b**	*±0.04*
B mg kg^{-1}	0			0.25a**	*±0.05*	1.11a**	*±0.38*			0.11	*±0.02*	0.20a**	*±0.07*
	2			0.23ab**	*±0.08*	1.11a**	*±0.40*			0.10	*±0.03*	0.19a**	*±0.07*
	20			0.20bc**	*±0.06*	0.63b**	*±0.24*			0.09	*±0.02*	0.13b**	*±0.04*
	200			0.16c**	*±0.04*	0.17c**	*±0.06*			0.08	*±0.02*	0.06c**	*±0.02*
Çeşit x Bor	602 - 1 0			0.27	*±0.05*	1.48ab**	*±0.26*			0.14	*±0.02*	0.27	*±0.10*
	602 - 1 2			0.28	*±0.10*	1.67a**	*±0.39*			0.14	*±0.02*	0.30	*±0.02*
	602 - 1 20			0.22	*±0.07*	0.97cd**	*±0.06*			0.11	*±0.02*	0.18	*±0.02*
	602 - 1 200			0.19	*±0.06*	0.26hı**	*±0.01*			0.10	*±0.03*	0.08	*±0.01*
	S - 2 0			0.28	*±0.06*	0.78def**	*±0.25*			0.11	*±0.01*	0.17	*±0.03*
	S - 2 2			0.23	*±0.10*	0.88cde**	*±0.17*			0.10	*±0.02*	0.17	*±0.04*
	S - 2 20			0.26	*±0.02*	0.60efg**	*±0.17*			0.11	*±0.01*	0.15	*±0.05*
	S - 2 200			0.15	*±0.06*	0.16hı**	*±0.00*			0.09	*±0.03*	0.053	*±0.02*
	Taşkent 0			0.21	*±0.01*	1.00cd**	*±0.41*			0.09	*±0.02*	0.18	*±0.07*
	Taşkent 2			0.17	*±0.05*	0.90cde**	*±0.04*			0.08	*±0.01*	0.15	*±0.03*
	Taşkent 20			0.15	*±0.01*	0.50fgh**	*±0.14*			0.07	*±0.01*	0.10	*±0.01*
	Taşkent 200			0.14	*±0.02*	0.11	*±0.02*			0.07	*±0.01*	0.05	*±0.01*
	Özkaynak 0			0.24	*±0.06*	1.16bc**	*±0.30*			0.10	*±0.02*	0.16	*±0.02*
	Özkaynak 2			0.23	*±0.05*	0.97cd**	*±0.21*			0.09	*±0.02*	0.13	*±0.02*
	Özkaynak 20			0.16	*±0.06*	0.43ghı**	*±0.09*			0.07	*±0.02*	0.10	*±0.01*
	Özkaynak 200			0.156	*±0.011*	0.133	*±0.02*			0.066	*±0.015*	0.056	*±0.011*

**%1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir



Şekil 4.3. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde kuru ağırlık değerleri (g bitki^{-1})



Şekil 4.4. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin kök kuru ağırlık değerleri (g bitki^{-1})

4.1.1.3. Gövde ve kök boyu

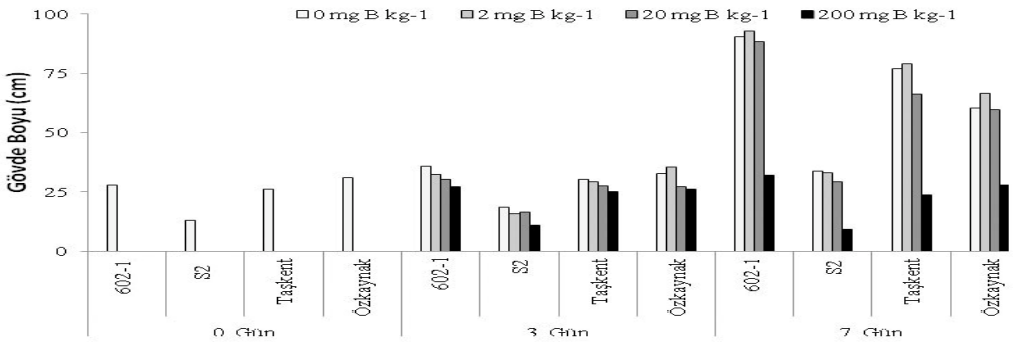
Farklı B dozlarına bağlı olarak bezelye genotiplere ait ortalama gövde uzunlukları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Bor uygulamalarının gövde uzunlukları üzerine etkisine bakıldığında B dozunun artırılması ile fide gövde uzunluklarının genotipler arasında farklılıklar gösterdiği genotiplerin ortalaması alındığında 0 mg kg^{-1} bor uygulaması ile mukayese edildiğinde 2 mg kg^{-1} dozunda genotiplerin boylarında %4 oranında artış olurken, toksik seviye olan 20 mg kg^{-1} bor uygulamasında %7, kronik doz olan 200 mg kg^{-1} bor uygulamasında %64 oranlarında azalmalar olduğu belirlenmiştir. Bezelye genotiplerine göre yapılan ölçümlerde, bitkiler bor uygulaması 0 mg kg^{-1} uygulaması ile mukayese edildiğinde Özkaynak çeşidinde 2 mg kg^{-1} dozunda 3. ve 7. gün örnekleme zamanlarında %8 ve % 11 oranlarında gövde boylarının artış gösterdiği, diğer genotiplerde bor uygulamasına bağlı olarak bitki boylarının azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.5, Şekil 4.7.).

Bor uygulamasının kök uzunlukları üzerine etkilerine bakıldığında bezelye genotiplerinin farklılıklar gösterdiği, dozların ortalaması dikkate alındığında artan bor dozu ile birlikte her iki örnekleme zamanında kök boylarının azaldığı, kullanılan genotiplerde içerisinde 3. günde yapılan ölçümlerde 602 -1 hattının kök boyunun 2 ve 20 mg kg^{-1} bor uygulamalarının 0 mg kg^{-1} uygulaması ile mukayese edildiğinde sırasıyla %12 ve %13 oranlarında kök boylarının artış gösterdiği diğer genotiplerin kök boylarının aynı gün yapılan örneklemede sadece 2 mg kg^{-1} dozunda Özkaynak çeşidinde artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.6).

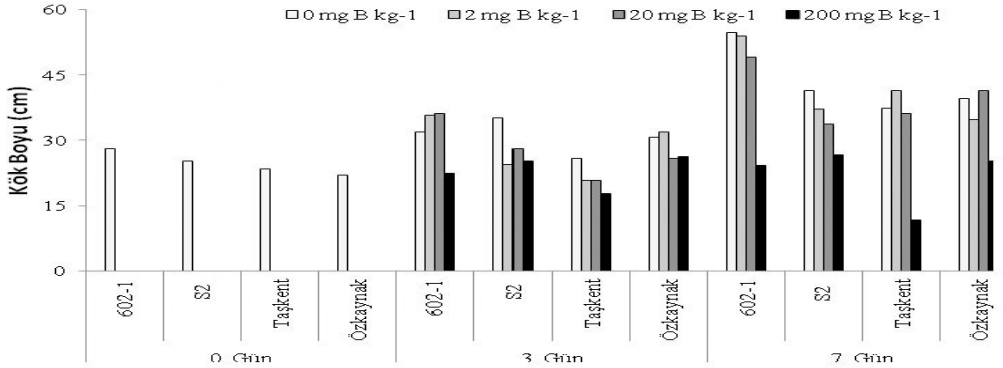
Çizelge 4.3. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde ve kök boyu (cm)

Uygulamalar		Gövde Boy						Kök Boy					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
		cm	*SS*	cm	*SS*	cm	*SS*	cm	*SS*	cm	*SS*	cm	*SS*
Çeşit	602 - 1	27.80ab**	*±1.99*	31.33a**	*±5.52*	75.88a**	*±26.50*	28.00a*	*±1.00*	31.59a**	*±5.95*	45.50a**	*±14.95*
	S 2	13.17c**	*±1.61*	15.38b**	*±3.50*	26.33d**	*±10.69*	25.17ab*	*±2.36*	28.25a**	*±8.43*	34.71b**	*±8.22*
	Taşkent	26.33b**	*±2.52*	28.00a**	*±4.70*	61.50b**	*±23.56*	23.50b*	*±0.87*	21.30b**	*±7.25*	31.67b**	*±13.65*
	Özkaynak	31.00a**	*±1.73*	30.42a**	*±4.79*	53.63c**	*±16.65*	22.00b*	*±2.00*	28.71a**	*±6.11*	35.25b**	*±9.25*
B mg kg^{-1}	0			29.29a**	*±7.41*	65.29a**	*±22.48*			30.90a*	*±.08*	43.25a**	*±11.40*
	2			28.18ab**	*±9.02*	67.79a**	*±23.70*			28.29ab**	*±8.26*	41.83a**	*±10.03*
	20			25.33bc**	*±6.96*	60.92b**	*±22.21*			27.72ab**	*±8.98*	40.08a**	*±8.91*
	200			22.33c**	*±7.11*	23.33c**	*±9.09*			22.94b**	*±6.08*	21.96b**	*±6.84*
Çeşit x Bor	602 - 1 / 0			35.67	*±0.29*	90.33a**	*±3.79*			32.00	*±1.32*	54.67	*±10.12*
	602 - 1 / 2			32.33	*±8.08*	92.67a**	*±3.55*			35.83	*±0.76*	54.00	*±13.12*
	602 - 1 / 20			30.17	*±6.05*	88.33a**	*±0.58*			36.20	*±1.47*	49.17	*±2.02*
	602 - 1 / 200			27.17	*±2.84*	32.17d**	*±0.76*			22.33	*±1.53*	24.17	*±3.75*
	S - 2 / 0			18.50	*±1.32*	33.67d**	*±3.22*			35.17	*±4.86*	41.33	*±12.86*
	S - 2 / 2			15.73	*±4.00*	33.00d**	*±3.04*			24.50	*±11.76*	37.17	*±1.04*
	S - 2 / 20			16.47	*±0.81*	29.33de**	*±2.93*			28.00	*±1.80*	33.67	*±4.73*
	S - 2 / 200			10.83	*±1.26*	9.33f**	*±2.52*			25.33	*±10.97*	26.67	*±3.06*
	Taşkent / 0			30.17	*±5.06*	77.00b**	*±7.55*			25.77	*±10.37*	37.33	*±8.33*
	Taşkent / 2			29.33	*±5.35*	78.83b**	*±1.26*			20.83	*±4.65*	41.50	*±6.76*
	Taşkent / 20			27.50	*±6.61*	66.33c**	*±4.04*			20.83	*±10.13*	36.17	*±8.81*
	Taşkent / 200			25.00	*±0.00*	23.83e**	*±1.61*			17.75	*±2.75*	11.67	*±2.93*
	Özkaynak / 0			32.83	*±4.37*	60.17c**	*±3.33*			30.67	*±1.26*	39.67	*±10.26*
	Özkaynak / 2			35.33	*±0.58*	66.67c**	*±11.68*			32.00	*±2.00*	34.67	*±1.53*
	Özkaynak / 20			27.17	*±4.54*	59.67c**	*±4.16*			25.83	*±12.27*	41.33	*±11.02*
	Özkaynak / 200			26.33	*±0.577*	28.00de**	*±1.00*			26.33	*±2.466*	25.33	*±3.014*

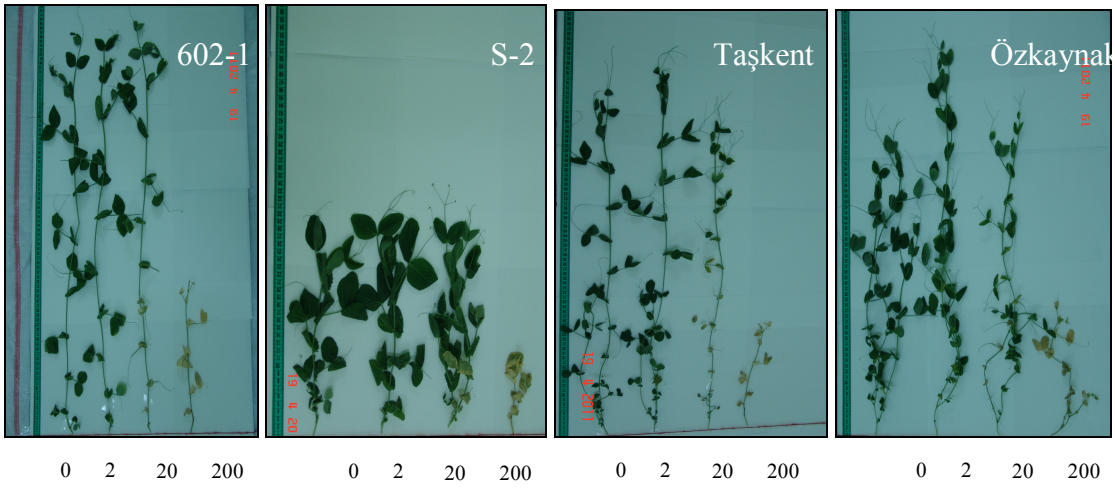
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir



Şekil 4.5. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde boyu (cm).



Şekil 4.6. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin kök boyu (cm).



Şekil 4.7. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin bor uygulamalarına tepkilerinin resimleri

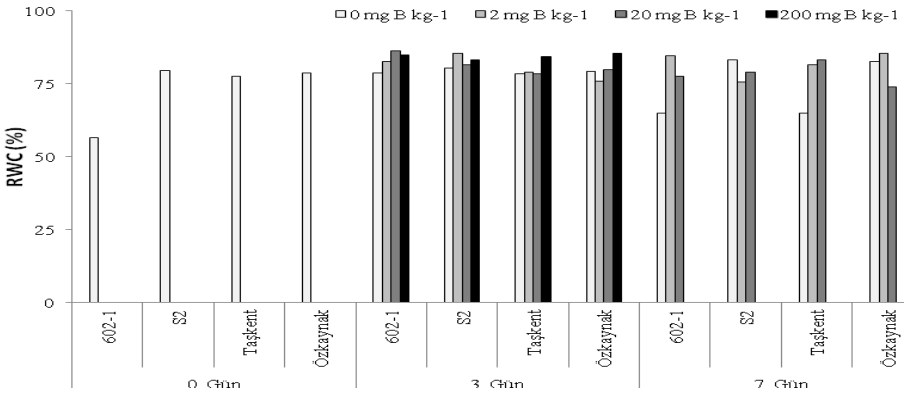
4.1.2. Bağıl Su İçeriği

B uygulamasından itibaren 0., 3. ve 7. günde hasat edilen tüm bezelye bitkilerinin yaprak örneklerde bağıl su içerikleri belirlenmiş fakat 7. günde en yüksek B dozu olan 200 mg kg^{-1} B uygulamasının olduğu grupta tüm bitkilerde değer elde edilemediğinden, çizelge ve grafiklerde 7. günde 200 mg kg^{-1} B uygulamasına ait bağıl su içeriği değerleri bulunmamaktadır.

Bezelye genotiplerinin0., 3. ve 7. gününde ölçülen bağıl su içeriğine ait ortalama değerler Çizelge 4.4'te verilmiştir. Araştırmada kullanılan bezelye genotiplerin ortalamalarında en yüksek değer S2 hattında elde edilirken, bor dozlarında en yüksek bağıl su içeriği değerine 200 mg B kg^{-1} dozunda elde edilmiştir. Bezelye genotiplerinin bağıl su içerikleri bor uygulanmamış olan 0 mg B kg^{-1} dozu ile mukayese edildiğinde, bor uygulamasına tepkilerinin belirlendiği ilk gün olan 3. gün ve ölüm aşamasına yaklaştığı gün olan 7. günde yapılan ölçümlerde her iki örnekleme zamanında en yüksek bağıl su içeriği 2 mg B kg^{-1} dozunda ve 602-1 bezelye hattında belirlenmiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.7).

Çizelge 4.4. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin bağıl su içeriği (%)

		Bağıl Su İçeriği					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
Uygulamalar		%	*S S*	%	*S S*	%	*S S*
Çeşit	602 - 1	56.54	*1.26*	83.15	*4.57*	75.76	*8.85*
	S 2	79.46	*0.54*	82.63	*2.72*	79.24	*6.18*
	Taşkent	77.73	*1.74*	80.01	*3.40*	76.54	*9.79*
	Özkaynak	78.60	*1.59*	80.12	*5.61*	80.74	*6.30*
B mg kg^{-1}	0			79.21	*2.85*	73.97	*10.58*
	2			80.71	*5.36*	81.80	*5.19*
	20			81.47	*3.74*	78.44	*4.92*
	200			84.53	*3.61*		
Çeşit x Bor	602 - 1 0			78.85	*5.66*	65.05	*2.99*
	602 - 1 2			82.73	*0.30*	84.50	*3.20*
	602 - 1 20			86.20	*2.99*	77.72	*1.27*
	602 - 1 200			84.83	*5.27*		
	S - 2 0			80.31	*0.99*	83.20	*6.35*
	S - 2 2			85.34	*1.93*	75.60	*6.15*
	S - 2 20			81.65	*1.70*	78.92	*5.59*
	S - 2 200			83.22	*3.46*		
	Taşkent 0			78.43	*0.97*	64.91	*5.91*
	Taşkent 2			78.86	*2.23*	81.56	*3.17*
	Taşkent 20			78.31	*2.11*	83.14	*5.68*
	Taşkent 200			84.46	*3.64*		
	Özkaynak 0			79.25	*2.77*	82.74	*6.75*
	Özkaynak 2			75.91	*8.43*	85.52	*0.77*
	Özkaynak 20			79.73	*2.75*	73.96	*1.84*
	Özkaynak 200			85.59	*3.76*		



Şekil 4.7. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin bağıl su içeriği (%)

4.1.3. Bor Konsantrasyonu Sonuçları

4.1.3.1. Gövde ve kök bor konsantrasyonu

Bezelye fidelerinin gövde bor konsantrasyonuna ait ortalama değerler Çizelge 4.5'da verilmiştir. Genotip, B dozu, ve çeşit x B dozu interaksiyonu yapılan varyans analizi sonucunda 0., 3. ve 7. gün örneklerinde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Bezelye genotiplerinin yaprak bor konsantrasyonları bor dozundaki artışa bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.8, 4.9). Bezelye genotipleri değerlendirildiğinde 0. gün ve 7. gün yapılan örneklemelerde Taşkent çeşit ve 602-1 hattının bor konsantrasyonu değerlerinin diğer genotiplere göre daha fazla olduğu, 3. gün örneklemesinde en yüksek bor konsantrasyonu değerlerinin 602-1 ve S2 hatlarında olduğu belirlenmiştir. 602-1 hattının üç örnekleme zamanında da en yüksek değerlere (yaş ağırlık, kuru ağırlık ve gövde boyu) sahip olurken, diğer genotiplerin daha düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6). Çeşit x B dozu interaksiyonu incelendiğinde gövde B konsantrasyonu değerleri 35.40 ile 11867.50 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir ve en düşük B konsantrasyonu tüm bezelye genotiplerde kontrol dozunda elde edilirken, en yüksek bor konsatrasyonu 200 mg kg^{-1} dozundan elde edilmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.8).

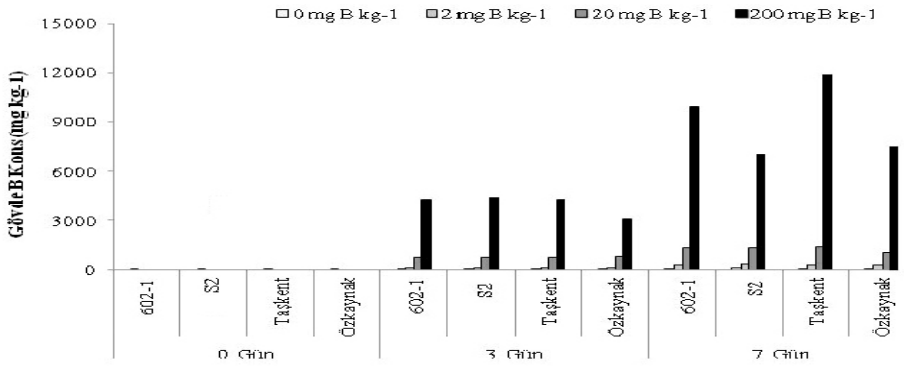
Fidelerin kök bor konsantrasyonuna ait ortalama değerler Çizelge 4.5'de verilmiştir. Çeşit, B dozu, ve çeşit x B dozu interaksiyonu yapılan varyans analizi sonucunda 0.,3. ve 7. gün örneklemelerinde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Bor dozu arttıkça köklerde B konsantrasyonu değerleri artmış, 200 mg kg^{-1} dozunda ve 7. gün örneklerinde B konsantrasyonu en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Çizelge 4.5). Hem 3. gün hemde 7. gün örneklemelerinde kök B konsantrasyonu değerleri 602-1 hattında diğer genotiplere göre daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir.(Çizelge 4.5, Şekil 4.9).

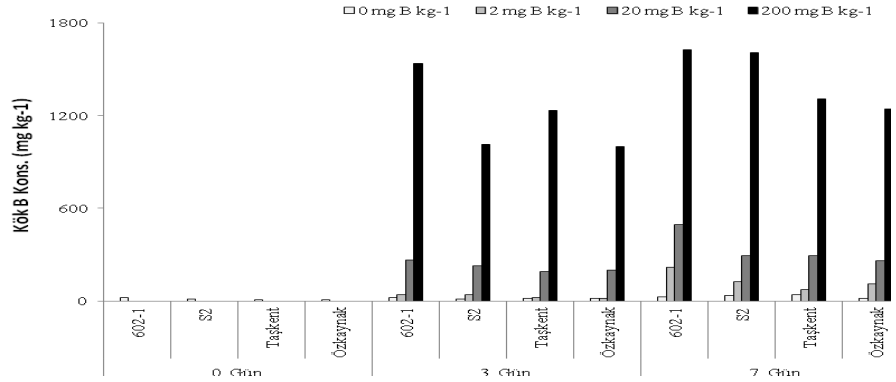
Çizelge 4.5. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde ve kök bor konsantrasyonu (mg kg^{-1})

Uygulamalar		Gövde Bor Konsantrasyonu						Kök Bor Konsantrasyonu					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
		mg kg^{-1}	*S S*	mg kg^{-1}	*S S*	mg kg^{-1}	*S S*	mg kg^{-1}	*S S*	mg kg^{-1}	*S S*	mg kg^{-1}	*S S*
Çeşit	602 - 1	31.04ab*	*±2.61*	1329.50a**	*±18.83*	2913.40b**	*±42.49*	19.27a**	*±1.99*	464.90a**	*±65.42*	590.50a**	*±64.99*
	S 2	24.41b*	*±2.28*	1317.70a**	*±18.86*	2219.80c**	*±29.52*	14.00b**	*±0.79*	324.30c**	*±42.50*	514.10b**	*±67.08*
	Taşkent	36.30a*	*±8.90*	1288.60a**	*±18.25*	3408.50a**	*±51.30*	6.97c**	*±0.68*	364.90b**	*±53.26*	427.90c**	*±54.40*
	Özkaynak	27.11b*	*±1.13*	1014.10b**	*±13.04*	2234.10c**	*±32.16*	6.59c**	*±0.56*	307.30c**	*±42.57*	407.80c**	*±51.30*
B mg kg^{-1}	0			39.00c**	*±6.81*	90.70d**	*±27.40*			16.20c**	*±3.37*	28.50d**	*±11.85*
	2			119.20c**	*±26.05*	294.50c**	*±27.30*			28.80c**	*±12.48*	130.60c**	*±55.24*
	20			752.90b**	*±70.81*	1305.20b**	*±164.40*			221.20b**	*±39.30*	334.60b**	*±107.09*
	200			4038.80a**	*±670.93*	9085.30a**	*±2036.90*			1195.10a**	*±240.71*	1446.60a**	*±204.87*
602 - 1	0			48.60d**	*±1.85*	94.20hı**	*±5.90*			20.50e**	*±3.56*	24.70f**	*±1.16*
	2			117.10d**	*±14.30*	281.60ghı**	*±19.40*			37.80e**	*±1.92*	215.50de**	*±18.55*
	20			755.00c**	*±80.67*	1369.60e**	*±70.10*			265.30d**	*±20.78*	494.70c**	*±29.67*
	200			4397.30	*±467.18*	9908.10b**	*±209.80*			1536.00a**	*±58.95*	1627.20a**	*±71.52*
S - 2	0			35.40d**	*±4.24*	131.30ghı**	*±5.90*			14.00e**	*±2.78*	33.00f**	*±2.44*
	2			105.70d**	*±25.48*	325.90g**	*±17.50*			41.20e**	*±6.08*	123.40ef**	*±3.86*
	20			735.90c**	*±23.30*	1377.90e**	*±60.50*			229.20d**	*±20.29*	293.80d**	*±5.81*
	200			4393.70	*±432.08*	7043.90d**	*±139.60*			1012.70c**	*±62.85*	1606.20a**	*±191.64*
Taşkent	0			35.80d**	*±5.79*	73.60hı**	*±2.50*			14.80e**	*±0.61*	38.80f**	*±19.33*
	2			133.60d**	*±45.00*	277.60ghı**	*±26.30*			19.80e**	*±9.83*	73.80f**	*±6.10*
	20			731.20c**	*±128.11*	1415.20e**	*±124.50*			190.50d**	*±6.74*	290.50d**	*±97.48*
	200			4254.10a**	*±526.47*	11867.50a**	*±267.20*			1234.40b**	*±132.85*	1308.60b**	*±105.36*
Çeşit x Bor Özkaynak	0			36.20d**	*±3.73*	63.60ı**	*±3.30*			15.40e**	*±1.73*	17.50f**	*±0.49*
	2			120.50d**	*±16.10*	293.00gh**	*±23.70*			16.60e**	*±4.79*	109.70ef**	*±2.75*
	20			789.50c**	*±30.99*	1058.10f**	*±26.50*			200.00d**	*±49.94*	259.20d**	*±16.62*
	200			3110b**	*±220.39*	7521.6c**	*±372.00*			997.1c**	*±91.07*	1244.8b**	*±35.01*

**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.8. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde bor konsantrasyonu (mg kg^{-1})



Şekil 4.9. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin kök bor konsantrasyonu (mg kg^{-1})

4.1.4. Prolin Sonuçları

B uygulamasından itibaren 0., 3. ve 7. günde hasat edilen tüm bezelye bitkilerinin yaprak örneklerde prolin değerleri belirlenmiş fakat 7. günde en yüksek B dozu olan 200 mg kg^{-1} B uygulamasının olduğu grupta tüm bitkilerde değer elde edilemediğinden, çizelge ve grafiklerde 7. günde 200 mg kg^{-1} B uygulamasına ait prolin değerleri bulunmamaktadır.

Araştırma sonucunda denemede kullanılan bezelye genotiplerine ait prolin değerleri Çizelge 4.6 ve Şekil 4.10 da verilmiştir. Varyans analizine göre çeşit, B dozu ve Çeşit x B dozu interaksiyonunun bitkilerin prolin değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6).

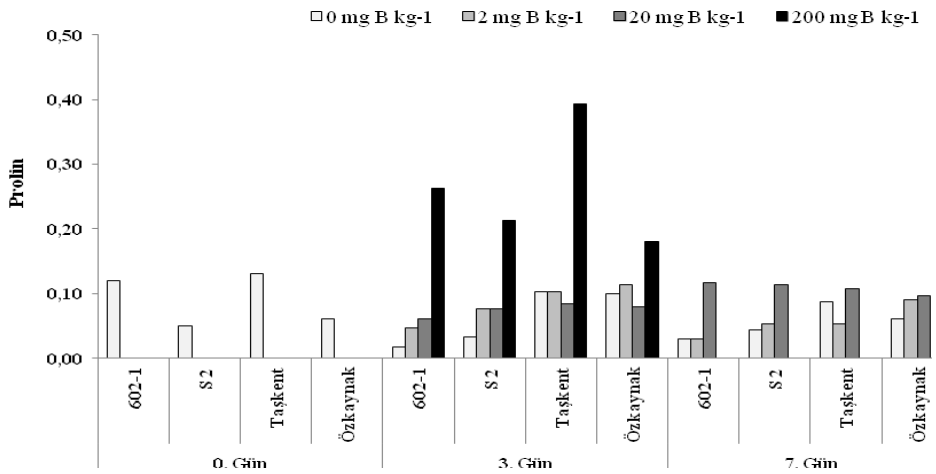
Bor dozlarının ortalaması olarak bezelye genotiplerinde en yüksek prolin içeriği 0.gün örneklemelerinde 602-1 hat ve Taşkent çeşidinde, 3. ve 7. gün örneklemelerinde ise Taşkent ve Özkaynak çeşitlerinde belirlenmiştir. Bor dozlarına göre

değerlendirildiğinde prolin içeriklerinin bor dozundaki artışa bağlı olarak arttığı, bu artış oranlarının 2, 20 ve 200 mg kg^{-1} bor uygulamalarında 0 mg kg^{-1} dozu ile mukayese edildiğinde sırasıyla %34, %18 ve %315 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Çeşit x bor interaksiyonunda 3. ve 7 günde yapılan örneklemelerde 0 mg kg^{-1} bor dozuna göre yapılan değerlendirmede 602-1 ve S2 hatlarında en yüksek artış oranları belirlenirken, Taşkent ve Özkaynak çeşitlerindeki artış oranlarının daha az olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.6, Şekil 4.10).

Çizelge 4.6. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde prolin değerleri(umol/gr FW)

		Prolin					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
Uygulamalar		umol/gr FW	*S S*	umol/gr FW	*S S*	umol/gr FW	*S S*
Çeşit	602 - 1	0.12	*±0.01*	0.10c**	*±0.10*	0.06b**	*±0.05*
	S 2	0.05	*±0.01*	0.10bc**	*±0.08*	0.07ab**	*±0.04*
	Taşkent	0.13	*±0.04*	0.17**	*±0.14*	0.08a**	*±0.03*
	Özkaynak	0.06	*±0.01*	0.12b**	*±0.04*	0.08a**	*±0.02*
B mg kg^{-1}	0			0.06c**	*±0.04*	0.06b**	*±0.02*
	2			0.09b**	*±0.03*	0.06b**	*±0.02*
	20			0.08bc**	*±0.01*	0.11a**	*±0.02*
	200			0.26a**	*±0.09*		
Çeşit x Bor	602 - 1 0			0.02h**	*±0.01*	0.03e**	*±0.00*
	602 - 1 2			0.05fgh**	*±0.01*	0.03e**	*±0.00*
	602 - 1 20			0.06efg**	*±0.01*	0.12a**	*±0.03*
	602 - 1 200			0.26b**	*±0.03*		
	S - 2 0			0.03gh**	*±0.01*	0.04de**	*±0.02*
	S - 2 2			0.08def**	*±0.02*	0.05de**	*±0.01*
	S - 2 20			0.08def**	*±0.01*	0.11ab**	*±0.03*
	S - 2 200			0.21c**	*±0.08*		
	Taşkent 0			0.10d**	*±0.01*	0.09c**	*±0.02*
	Taşkent 2			0.10d**	*±0.02*	0.05de**	*±0.01*
	Taşkent 20			0.08def**	*±0.01*	0.11abc**	*±0.01*
	Taşkent 200			0.39a**	*±0.04*		
	Özkaynak 0			0.10de**	*±0.01*	0.06d**	*±0.01*
	Özkaynak 2			0.11d**	*±0.01*	0.09bc**	*±0.01*
	Özkaynak 20			0.08def**	*±0.01*	0.10abc**	*±0.01*
	Özkaynak 200			0.18c**	*±0.03*		

**%1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir



Şekil 4.10. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde prolin değerleri (umol/gr FW)

4.1.5. Lipid Peroksidasyon Sonuçları

Farklı dozlarda bor uygulanan bezelye genotiplerinden 0., 3. ve 7. günde alınan yaprak örneklerinde lipid peroksidasyon değerleri belirlenerek 7. günde en yüksek B dozu olan 200 mg kg^{-1} B uygulamasının olduğu grupta tüm bitkilerde değer elde edilemediğinden, çizelge ve grafiklerde 7. günde 200 mg kg^{-1} B uygulamasına ait lipid peroksidasyon değerleri bulunmamaktadır.

Araştırmada kullanılan bezelye genotiplerinin lipid peroksidasyon oranları malondialdehit miktarında meydana gelen değişimlere göre belirlenmiş ve elde edilen değerler Çizelge 4.7'de ve bu değerlere ait grafikler Şekil 4.11'de verilmiştir. Varyans analizine göre çeşit, B dozu ve Çeşit x B dozu interaksiyonunun bitkilerin malondialdehit miktarları üzerine etkileri istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

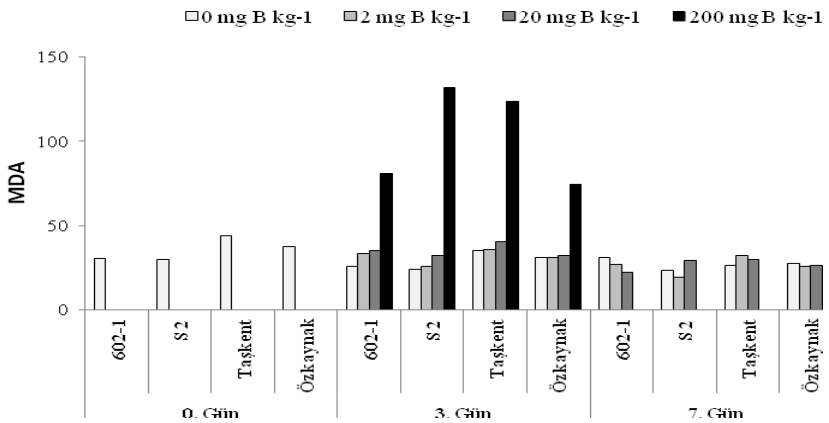
Bezelye genotiplerinin ortalamaları dikkate alındığında 0., 3. ve 7 günde yapılan örneklemelerde malondialdehit miktarı Taşkent çeşidinde en yüksek değer belirlenmiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.11). Denemede bor dozlarının ortalamaları değerlendirildiğinde bor dozundaki artışa bağlı olarak malondialdehit miktarlarının 3. gün yapılan örneklemelerde arttığı ve bu artış oranlarının 0 mg kg^{-1} dozu uygulaması ile mukayese edildiğinde sırasıyla %9, %21 ve %255 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Bitkilerde 7. günde yapılan örneklemelerde bor dozundaki artışa bağlı olarak malondealdehit miktarlarının azaldığı belirlenmiştir. Bor x çeşit interaksiyonunda 3. günde yapılan örneklemelerde 0 mg kg^{-1} dozu ile yapılan kıyaslamalarda en yüksek artış

oranları 602-1 ve S2 hatlarında elde edilirken, 7. günde yapılan örneklemelerde Taşkent çeşidinde belirlenmiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.11).

Çizelge 4.7. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde lipid peroksidasyon düzeyleri (Ünite mg^{-1} protein)

Uygulamalar		Lipid peroksidasyon					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
		Ünite mg^{-1} protein	*S S*	Ünite mg^{-1} protein	*S S*	Ünite mg^{-1} protein	*S S*
Çeşit	602 - 1	30.41	*±1.88*	43.74c**	*±22.78*	26.62b**	*±3.82*
	S 2	29.55	*±0.13*	53.53**	*±47.50*	23.87c**	*±4.52*
	Taşkent	44.04	*±0.30*	58.68a**	*±39.14*	29.52a**	*±2.59*
	Özkaynak	37.46	*±2.10*	42.03c**	*±19.55*	26.67b**	*±1.44*
B mg kg^{-1}	0			28.94d**	*±4.80*	27.11a**	*±2.93*
	2			31.42c**	*±4.16*	25.90b**	*±4.96*
	20			34.96b**	*±3.75*	27.00a**	*±3.27*
	200			102.67a**	*±26.64*		
Çeşit x Bor	602 - 1 0			25.55h**	*±0.13*	30.97ab**	*±0.47*
	602 - 1 2			33.29fg**	*±0.23*	26.67de**	*±0.64*
	602 - 1 20			35.18f**	*±1.68*	22.24f**	*±0.71*
	602 - 1 200			80.95c**	*±2.10*		
	S - 2 0			24.17h**	*±0.33*	23.31f**	*±0.07*
	S - 2 2			25.76h**	*±1.30*	18.97g**	*±0.47*
	S - 2 20			32.13fg**	*±1.01*	29.33c**	*±0.20*
	S - 2 200			132.04a**	*±5.09*		
	Taşkent 0			35.23f**	*±0.52*	26.45de**	*±1.03*
	Taşkent 2			35.91f**	*±0.15*	32.13a**	*±1.01*
	Taşkent 20			40.17e**	*±3.22*	29.98bc**	*±0.32*
	Taşkent 200			123.40b**	*±4.20*		
	Özkaynak 0			30.80g**	*±3.21*	27.70d**	*±0.93*
	Özkaynak 2			30.71g**	*±3.02*	25.85e**	*±1.63*
	Özkaynak 20			32.34fg**	*±0.37*	26.45de**	*±1.44*
	Özkaynak 200			74.28d**	*±0.917*		

**%1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir



Şekil 4.11. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin gövde lipid peroksidasyon düzeyleri (Ünite mg^{-1} protein)

4.1.6. Antioksidan Enzim Aktivite Sonuçları

Bezelye 602 -1, S2, Taşkent ve Özkaynak genotiplerinde farklı seviyelerde bor uygulamalarının antioksidant enzim aktivitelerinin belirlenmesi için; katalaz (CAT), peroksidaz (POX) ölçümleri yapılmış, bu değerlere ait ortalama antioksidant enzim aktivite değerleri Çizelge 4.8 ve 4. 9 da; bu değerlere ait grafikler Şekil 4.12 ve 4.13'te verilmiştir.

B uygulamasından itibaren 0. , 3. ve 7. günde hasat edilen tüm bezelye bitkilerinin yaprak örneklerde antioksidan enzim aktiviteleri ölçülmüş fakat 7. günde en yüksek B dozu olan 200 mg kg^{-1} B uygulamasının olduğu grupta tüm bitkilerde aktiviteye rastlanmadığından, grafiklerde 7. günde 200 mg kg^{-1} B uygulamasına ait enzim aktivite değerleri bulunmamaktadır.

4.1.6.1. Peroksidaz enzim aktiviteleri (POX)

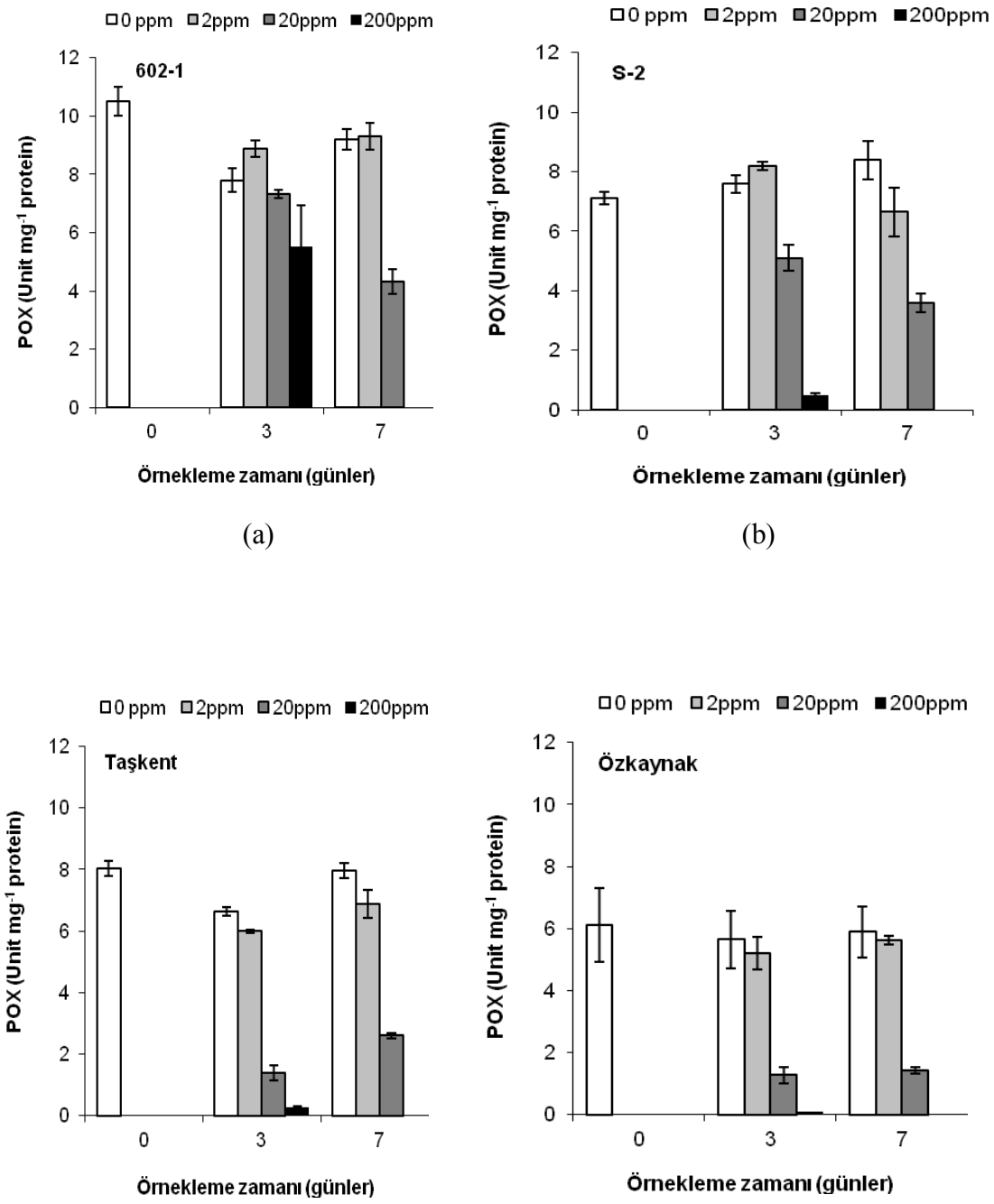
Bezelye genotiplerininPOX aktiviteleri genel olarak B dozundaki artışlarla azalma göstermiştir (Çizelge 4.8, Şekil 4.12). 3. günde 602-1 hattının POX aktivitesi 2 mg kg^{-1} B uygulamasıyla %14 artarken, 200 mg kg^{-1} B ile %29 oranında azalmıştır. 7. günde ise sadece 20 mg kg^{-1} B uygulamasında anlamlı bir (%53) azalma meydana gelmiştir. S-2 hattının POX aktivitesi 3. günde 20 ve 200 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla sırasıyla %33 ve %93 oranlarında düşüşler sergilemiştir. Benzer şekilde 7. günde de POX aktivitesinde 2 mg kg^{-1} B ile %21; 20 mg kg^{-1} B ile %57 oranlarında azalmalar görülmüştür. Taşkent bezelye çeşidinin POX aktivitesi de 3. ve 7. günlerde artan B

dozlarına bağlı düşüşler göstermiştir. 3. günde 2 mg kg^{-1} B %10, 20 mg kg^{-1} B %79 ve 200 mg kg^{-1} B ise % 96'lık azalmalara neden olmuştur. 7. gündeki POX aktiviteleri 2 mg kg^{-1} B ile %14, 20 mg kg^{-1} B ile %67 oranında azalmıştır. Özkaynak bezelye çeşidinde 3. günde 20 ve 200 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla sırasıyla POX aktivitelerinde %78 ve %99 oranlarında düşüşler oluşmuştur. 7. günde ise 20 mg kg^{-1} B uygulamasıyla POX aktivitesi %76 oranında azalmıştır (Çizelge 4.8, Şekil 4.12).

Çizelge 4.8. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin yapraklarında ölçülen POX aktiviteleri (Ünite mg^{-1} protein)

		POX					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
Uygulamalar		ünite mg^{-1} protein	*S S*	ünite mg^{-1} protein	*S S*	ünite mg^{-1} protein	*S S*
Çeşit	602 - 1	10.53	*±0.85*	7.39a**	*±1.69*	7.61a**	*±2.54*
	S 2	7.13	*±0.35*	5.34b**	*±3.18*	6.20b**	*±2.32*
	Taşkent	8.03	*±0.45*	3.58c**	*±2.91*	5.82b**	*±2.48*
	Özkaynak	6.1	*±2.10*	3.05c**	*±2.65*	4.30c**	*±2.30*
B mg kg^{-1}	0			6.92a**	*±1.21*	7.86a**	*±1.54*
	2			7.07a**	*±1.65*	7.11b**	*±1.61*
	20			3.78b**	*±2.71*	2.98c**	*±1.22*
	200			1.60c**	*±0.60*		
Çeşit x Bor	602 - 1 0			7.80abc**	*±0.70*	9.20a**	*±0.60*
	602 - 1 2			8.90a**	*±0.50*	9.30a**	*±0.80*
	602 - 1 20			7.33bcd**	*±0.25*	4.33de**	*±0.75*
	602 - 1 200			5.53ef**	*±2.45*		
	S - 2 0			7.60abc**	*±0.50*	8.40a**	*±1.10*
	S - 2 2			8.17ab**	*±0.25*	6.63bc**	*±1.45*
	S - 2 20			5.10f**	*±0.70*	3.57ef**	*±0.55*
	S - 2 200			0.50g**	*±0.10*		
	Taşkent 0			6.63cde**	*±0.25*	7.97ab**	*±0.45*
	Taşkent 2			6.00def**	*±0.10*	6.87bc**	*±0.75*
	Taşkent 20			1.40g**	*±0.40*	2.63fg**	*±0.15*
	Taşkent 200			0.27g**	*±0.06*		
	Özkaynak 0			5.63ef**	*±1.65*	5.87c**	*±1.45*
	Özkaynak 2			5.20f**	*±0.90*	5.63cd**	*±0.25*
	Özkaynak 20			1.27g**	*±0.45*	1.40g**	*±0.20*
	Özkaynak 200			0.1g**	*±0.01*		

**%1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir



Şekil 4.12. 602-1 (a), S-2 (b), Taşkent (c) ve Özkaynak (d) bezelye genotiplerinin yapraklarında ölçülen POX aktiviteleri (Ünite mg^{-1} protein)

4.1.6.2. Katalaz enzim aktiviteleri (CAT)

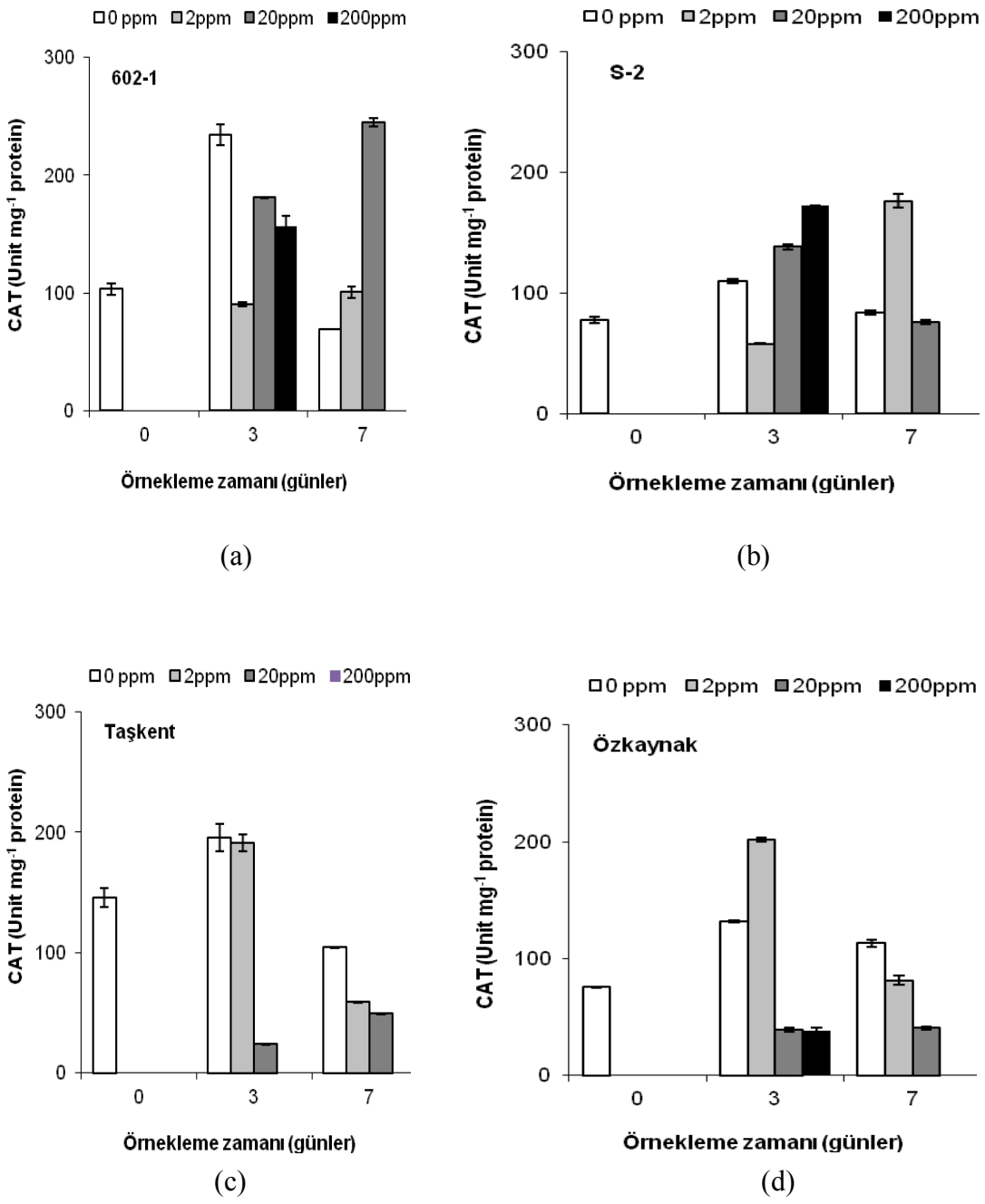
602-1 hattının CAT aktivitesi 3. günde azalma gösterirken, 7. günde B uygulamalarıyla artmıştır (Çizelge 4.9, Şekil 4.13). 3. günde CAT aktivitesi 2, 20 ve 200 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla sırasıyla, %61, %23 ve %33 oranlarında düşüş göstermiştir. 7. günde ise 2 ve 20 mg kg^{-1} B uygulamaları CAT aktivitesinde %46 ve %254 oranlarında artışlara neden olmuştur. S-2 hattının CAT aktivitesi 3. günde 2 mg kg^{-1} B uygulamasıyla %47 oranında azalırken, 20 mg kg^{-1} B stresi altında %25, 200mg kg^{-1} B uygulamasıyla ise %56 oranında artmıştır. 7. günde ise S-2 hat yapraklarındaki CAT aktivitesi 2 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla %110 artış göstermiş fakat 20 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla %10 azalmıştır.

Taşkent bezelye çeşidinin CAT aktivitesinde 3. günde 20 mg kg^{-1} B uygulamasıyla % 88 düşüş meydana gelmiştir. 200 mg kg^{-1} B uygulamasıyla Taşkent çeşidinde CAT aktivitesine rastlanmamıştır. 7. günde Taşkent çeşidinin CAT aktivitesi 2 mg kg-1 B ile %44, 20 mg kg^{-1} B uygulamasıyla ise %53 oranında azalmıştır. Özkaynak bezelye çeşidinin CAT aktivitesi 3. günde 2 mg kg^{-1} B uygulamasıyla %53 oranında artarken, 20 mg kg^{-1} ve 200 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla %70 oranında azalmıştır. 7. günde ise 2 mg kg^{-1} ve 20 mg kg^{-1} B, CAT aktivitesini %28 ve %64 oranlarında düşürmüştür (Çizelge 4.9, Şekil 4.13).

Çizelge 4.9. 602-1, S-2, Taşkent ve Özkaynak bezelye genotiplerinin yapraklarında ölçülen CAT aktiviteleri (Ünite mg^{-1} protein)

Uygulamalar		CAT					
		0. Gün		3. Gün		7. Gün	
		ünite mg^{-1} protein	*S S*	ünite mg^{-1} protein	*S S*	ünite mg^{-1} protein	*S S*
Çeşit	**602 - 1**	103.37	*±8.45*	165.70a**	*±54.82*	138.87a**	*±81.36*
	S 2	77.3	*±4.60*	119.60b**	*±43.80*	111.90b**	*±48.79*
	Taşkent	145.4	*±13.60*	102.70c**	*±95.66*	70.96d**	*±25.55*
	Özkaynak	75.73	*±0.75*	102.70c**	*±71.61*	78.20c**	*±31.82*
B $mg\ kg^{-1}$	**0**			168.00a**	*±52.80*	92.92b**	*±18.14*
	2			135.30b**	*±65.41*	104.33a**	*±46.57*
	20			95.60c**	*±69.11*	102.62a**	*±87.00*
	200			91.80c**	*±77.85*		
Çeşit x Bor	**602 - 1** **0**			234.30a**	*±15.05*	69.23f**	*±0.65*
	602 - 1 **2**			90.30h**	*±2.60*	100.80d**	*±8.60*
	602 - 1 **20**			181.30cd**	*±10.75*	245.07a**	*±6.35*
	602 - 1 **200**			157.10e**	*±14.95*		
	S - 2 **0**			110.20g**	*±2.95*	83.77e**	*±3.35*
	S - 2 **2**			57.90ı**	*±0.75*	176.37b**	*±10.05*
	S - 2 **20**			138.20f**	*±3.05*	75.57ef**	*±2.85*
	S - 2 **200**			172.30d**	*±6.00*		
	Taşkent **0**			195.50b**	*±19.50*	104.57cd**	*±0.85*
	Taşkent **2**			191.30bc**	*±11.55*	58.87g**	*±0.75*
	Taşkent **20**			23.90k**	*±0.40*	49.43h**	*±0.85*
	Taşkent **200**			0.00l**	*±0.00*		
	Özkaynak **0**			131.80f**	*±1.25*	112.90c**	*±5.30*
	Özkaynak **2**			201.90b**	*±3.00*	81.30e**	*±7.30*
	Özkaynak **20**			39.00j**	*±3.05*	40.40ı**	*±1.90*
	Özkaynak **200**			38.00j**	*±4.1*		

**%1 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir



Şekil 4.13. 602-1 (a), S-2 (b), Taşkent (c) ve Özkaynak (d) bezelye genotiplerinin yapraklarında ölçülen CAT aktiviteleri (Ünite mg^{-1} protein)

4.2 Tartışma

Deneme sonucunda bezelye genotiplerinde; bor' un bitkinin ihtiyaç duyduğu miktarın üzerinde uygulanması durumunda (toksik düzeyde) büyüme metabolizmasında metabolik olayları engelleyerek bitkilerde önemli zararlara neden olduğu, bu zararlanmaların kullanılan genotipler içerisinde en fazla S2 ve Taşkent genotiplerinde olduğu 602-1 ve Özkaynak genotiplerinde ise zararlanma oranlarının daha az düzeylerde gerçekleştiği saptanmış olup 602-1 ve Özkaynak genotiplerinin bor toksisitesine bitki gelişiminin ilk evrelerinde daha dirençli olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç;

- Bor dozlarındaki artışa bağlı olarak gövde yaş ve kuru ağırlık değerlerinin kontrol dozuna (0 mg kg^{-1}) göre azalmalara sebep olması ve bu azalmanın S2 ve Taşkent genotiplerinde 602-1 ve Özkaynak genotiplerine göre özellikle bitki gelişiminin ilk evrelerinde daha fazla oranda olması,
- Bitkilerde peroksizomlarda güçlü oksidant olarak H_2O_2' yi, H_2O ve moleküler oksijene çeviren önemli bir enzim olan Katalaz (CAT) enziminin aktivite değerlerinin bor dozundaki artışa bağlı olarak artış göstermiş olması ve bu artış oranları 602-1 ve Özkaynak genotiplerinde S2 ve Taşkent genotiplerine göre daha yüksek oranlarda olması,
- Bitkilerde hidrojen akseptörü olarak oksijeni kullanıp, substrattan hidrojen ayrılması reaksiyonlarını katalizleyen enzim olarak görev yapan peroksidaz bor dozundaki artışa bağlı olarak azalma gösterdiği, toksisiteye maruz kalma süresindeki artışa bağlı olarak S2 ve Taşkent genotiplerinde POX aktivite değerlerinin çok daha fazla oranlarda azalmış olması,
- Bitkilerde meydana gelen stres oluşumuyla birlikte serbest radikalleri süpürücü, su stresini dengeleyen ve proteinlerin kararlılığını sağlayan bir osmolit olarak görev yapmakta olan prolinin 602-1 ve Özkaynak genotiplerinde daha yüksek değerler elde edilmesi,
- MDA miktarlarının bor uygulamalarına bağlı olarak 602-1 ve Özkaynak genotiplerinde azalırken S2 ve Taşkent genotiplerinde arttığının belirlenmiş olması ve bunun sonucunda bor toksisitesinin yarattığı stresin S2 ve Taşkent genotiplerinde 602 -1 ve Özkaynak genotiplerine göre daha fazla olması,

neticesinde çıkarılmıştır.

Bu araştırma ile bezelye türleri arasında olduğu gibi aynı bezelye türünün farklı genotipleri arasında da bora duyarlılıkta büyük faklılıklar olduğu, bu farklılıkların nedeninin de bezelye genotiplerinin bor toksisitesinden aynı derecede etkilenmemelerinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

Bor bitkiler için gerekli ama eksikliği ile toksisite değerleri birbirine çok yakın olan tek elementtir (Brown ve ark., 2002). Bitkilerde bor hücre duvarı komponentleriyle tepkimeye girerek polihidroksil bileşikleri oluşturmak suretiyle hücre duvarlarının ince yapılı olmasında, güçlü olmasına neden olmakta, yeterli düzeyde bor içermeyen bitkilerde hücre duvarlarında belirgin şekil bozuklukları ortaya çıkabilmektedir. Bor toksisitesinin ise, bitkilerde hücre çeperinde oluşturduğu zararlar sebebiyle; ATP, NADH ve NADPH' ye bağlanan riboz kısımlarında metabolik bozukluk; RNA, serbest şekerler veya riboz bağlarınca meydana getirilen bölünen ve gelişen hücrelerdeki zarar ve yapraklarda yüksek miktarda biriken bor'un transpirasyon akım yönündeki osmotik düzenin bozulması şeklinde bitkilerde kendini göstermektedir (Reıd ve ark., 2004). Bor toksisitesinin bitkide ürün kaybının yanı sıra, çok yüksek bor seviyelerinde bitki ölümlerine de sebep olduğu bilinmektedir (Nable ve ark., 1997; Khan ve ark., 1999).

Bu çalışmada boru bezelye genotiplerinde; bor' un bitkinin ihtiyaç duyduğu miktarın üzerinde uygulanması durumunda (toksik düzeyde) büyüme metabolizmasında metabolik olayları engelleyerek bitkilerde önemli zararlara neden olduğu saptanmış olup, çalışma sonuçlarının Cartwright ve ark., (1984), Mahalakshmi ve ark., (1995), Lee ve ark., (1996), Khan ve ark., (1999), Hobson ve ark, (2001), Ermiş (2002), Karabal ve ark., (2003), Sotiropoulos ve ark., (2003), Papadakis ve ark., (2004 a.,b), Ortaca (2005), Ardıç (2006), Ardıç ve ark., (2009) nın elde ettiği sonuçlarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Bezelye genotiplerine 20 ve 200 mg kg^{-1} bor uygulaması, 0 mg kg^{-1} dozu ile mukayese edildiğinde gövde ve kök'ün yaş, kuru ağılık ve uzunluklarında bora ilk tepkinin görüldüğü 3. gün örneklemesinde en fazla azalma S2 hat ve Taşkent çeşidinde, diğer genotiplerde azalama daha düşük miktarlarda olduğu, bununla birlikte bu etkilenmenin toksisiteye maruz kalma süresine bağlı olarak dahada arttığı ve bu artış oranlarının Taşkent ve Özkaynak çeşitlerinde daha yüksek oranlarda olduğu belirlenmiştir. Bu bulgularımıza benzer bir şekilde yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün genotipleri arasında da B toksisitesine duyarlılık bakımından büyük farklılıklar olduğu bulunmuştur (Paul ve ark., 1988; Huang ve Graham, 1990; Nable, 1991). Çünkü bitkiler B toksisitesine fizyolojik veya morfolojik

olarak farklı tepki göstermektedir. Bitkilerde B beslenmesiyle ilgili tahıllarda yapılan tarla çalışmalarında, (Alkan 1998; Taban ve Erdal., 2000; Soylu ve ark., 2004; Torun ve ark.,2006) çeşitlerin bora verdikleri tepkiler bakımından büyük farklılıklar gösterdiklerini belirlemişlerdir. Bitkilerin ihtiyaç duydukları B miktarı oldukça azdır. Gerek duyulan borun çok azda olsa fazlası B noksanlığında olduğu gibi bitkinin gelişimi üzerine olumsuz etki yapmakta ve gelişme çoğu kez durmaktadır (Rerkasem ve ark., 1991).

Araştırmada boru bezelye genotiplerine uygulanan 0, 2, 20 ve 200 mg kg^{-1} bor konsantrasyonları sonucunda bitkide borun en fazla yapraklarda biriktiği belirlenmiştir. Bezelye genotipleri arasında ise en yüksek bor konsantrasyonuna 200 mg B kg^{-1} dozunda ve S2 hattında tespit edilmiştir. Bu durumda kullanılan bezelye genotipleri arasında bünyelerine aldıkları B miktarı bakımından da farklılıklar olduğunu göstermektedir. Bu durum çeşitler arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Nitekim, Alkan (1998) ve Soylu ve ark., (2004) tahıllar üzerine yaptıkları çalışmalarda artan bor uygulamalarıyla bitkilerin bor içeriklerinin bitki türleri ve aynı türün çeşitleri arasında büyük farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar Paul ve ark., (1988); Huang ve Graham, (1990); Nable, (1991) tarafından da ifade edilmiştir. Alkan (1998), farklı B uygulamaları altında ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitleriyle yaptıkları sera çalışması sonucunda toksisite simptomlarının gelişiminin, konsantrasyonlarının ve B içeriklerinin çeşitten çeşide farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Bor dozu ve bitki çeşidine göre gövde ve kökte bor konsantrasyonunundaki farklılıkların bitkilerin bor alımındaki farklılık yanında farklı bor dozlarında gelişme durumuyla ilgili olarak gövde ve kök kuru ağırlık değerlerine bağlı olarak değiştiği düşünülmektedir. Nitekim sonuçlarımıza benzer bir şekilde Torun ve ark., (2006) buğdayda biyolojik verim ve kuru madde miktarları ile B konsantrasyonları arasında negatif önemli ilişkilerin bulunduğunu ortaya koymuşlardır.

Çevresel stresler; fotosentezi sınırlandırarak reaktif oksijen türlerinin oluşumundaki artıştan kaynaklanan hücresel zararlara yol açabilir (Alscher ve ark., 1997; Mıtler, 2002; Neıll ve ark., 2002). Bitkilerde bor noksanlığı ve toksisitesi ; büyüme, gelişme ve membranların geçirgenliği vb. üzerlerindeki zararlarının dışında oksidatif zarara da neden olmaktadır (Bray ve ark., 2000; Karabal ve ark., 2003). Bitkiler aktif oksijen türlerinin fizyolojik üretimini kontrol etmek için birçok enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidatif mekanizmalar geliştirmişlerdir. Bundan dolayı bor

toksisitesine direnci kısmen de olsa antioksidant bileşikleri ve birkaç antioksidatif enzimi içeren antioksidant savunma sistemindeki artmaya bağlıdır. Reaktif O_2 türleri (ROT) hem stressiz hem de stresli hücrelerde üretilmektedir. Bitkilerin, ROT'a karşı iyi gelişmiş, ROT'un formasyonunu kısıtlamanın yanında; onun yok edilmesini sağlayan savunma sistemleri vardır. Stressiz koşullarda O_2'in formasyonu ve yok edilmesi dengededir. Ancak savunma sistemi, stresli koşullarda artan ROT oluşumu karşısında alt üst olabilir. Bitkiler ROT'taki artışa, savunma sistemi artan enzimatik veya enzimatik olmayan antioksidant ilerlemeleri yok etmeyi başaramadığında, tepki verirler.

Bitkiler, reaktif oksijen türlerine karşı katalaz, peroksidaz, glutasyon redüktaz ve süperoksit dismutaz gibi reaktif oksijen türlerini temizleyen bazı antioksidatif enzimlerin aktivitelerinin indüksiyonu ile kendilerini savunurlar. Bitkilerde bir dizi enzim intraselüler düzeyde H_2O_2'nin düzenlenmesinde rol oynar; fakat CAT, APOX, POX, SOD ve GR en önemlilerindendir.

CAT hücresel zararı önlemede rol alan en etkili antioksidant enzimlerden birisidir (Scandalıos, 1993). Katalaz, peroksizomlarda güçlü oksidant H_2O_2' yi, H_2O ve moleküler oksijene çeviren bir enzimdir. Denemede kullanılan bezelye genotiplerininkatalaz aktivite değerleri uygulamalara bağlı olrak farklılık göstermiştir. 602-1 bezelye hattının CAT aktivitesi 3. günde azalma gösterirken, 7. günde B uygulamalarıyla artış gösterdiği belirlenmiştir. Taşkent bezelye çeşidinin CAT aktivitesinde 7. günde 20 mg kg^{-1} B uygulamasıyla % 88 düşüş meydana gelmiştir. Taşkent çeşidinin CAT aktivitesi 2 mg kg-1 B ile %44, 20 mg kg^{-1} B uygulamasıyla ise %53 oranında azaldığı, Özkaynak bezelye çeşidinin CAT aktivitesi 3. günde 2 mg kg^{-1} B uygulamasıyla %53 oranında artarken, 20 mg kg^{-1} ve 200 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla %70 oranında azalmıştır. 7. günde ise 2 mg kg^{-1} ve 20 mg kg^{-1} B, CAT aktivitesini %28 ve %64 oranlarında düşürmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlar Karabal ve ark., (2003), Ardıç (2006) ve Ardıç ve ark. (2009) ile benzerlik göstermektedir.

Peroksidazlar sadece üretilen H_2O_2' in uzaklaştırılmasında değil, aynı zamanda büyüme ve gelişme ile ilgili bazı süreçlerde de görev almaktadırlar (Dıonısıo-Sese ve Tobıta, 1998). Peroksidazlar, hidrojen akseptörü olarak oksijeni kullanıp, substrattan hidrojen ayrılması reaksiyonlarını katalizleyen enzimlerdir. Ürün genellikle ya H_2O ya da H_2O_2'dir (Türkan, 2002). Bezelye genotiplerinin POX aktiviteleri genel olarak B dozundaki artışlarla azalma gösterdiği, 602-1 hattında 3. Günde yapılan örneklemede POX aktivitesi 2mg kg^{-1} B uygulamasıyla %14 artarken, 200 mg kg^{-1} B ile %29

oranında azaldığı 7. günde ise sadece 20 mg kg^{-1} B uygulamasında anlamlı bir (%53) azalma meydana geldiği belirlenmiştir. S-2 hattında da POX aktivitesi 3. günde 20 ve 200 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla sırasıyla %33 ve %93 oranlarında düşüşler sergilemiştir. Benzer şekilde 7. günde de POX aktivitesinde 2 mg kg^{-1} B ile %21; 20 mg kg^{-1} B ile %57 oranlarında azalmalar görülmüştür. Taşkent bezelye çeşidinin POX aktivitesi de 3. ve 7. günlerde artan B dozlarına bağlı düşüşler göstermiştir. 3. günde 2 mg kg^{-1} B %10, 20 mg kg^{-1} B %79 ve 200 mg kg^{-1} B ise % 96'lık azalmalara neden olmuştur. 7. gündeki POX aktiviteleri 2 mg kg^{-1} B ile %14, 20 mg kg^{-1} B ile %67 oranında azalmıştır. Özkaynak bezelye çeşidinde 3. günde 20 ve 200 mg kg^{-1} B uygulamalarıyla sırasıyla POX aktivitelerinde %78 ve %99 oranlarında düşüşler oluşmuştur. 7. günde ise 20 mg kg-1 B uygulamasıyla POX aktivitesi %76 oranında azalmıştır. Araştırma sonuçlarımız POX aktivitesindeki artışları gösterir çalışmalarla (Lopez ve ark., 1996; Renard ve ark., 1997; Koca, 2007) farklılık gösterirken; POX mikarında azalmalar olduğunu gösterir çalışmalarla (Ermiş, 2002; Demiral, 2003; Seçkin, 2005; Ardıç, 2006; Ardıç ve ark., 2009) benzerlikler göstermektedir.

Prolin, bitkilerde meydana gelen stres oluşumuyla birlikte serbest radikalleri süpürücü, su stresini dengeleyen ve proteinlerin kararlılığını sağlayan bir osmolit olarak görev yapmaktadır. Prolin ile ilgili yapılan çalışmalarda rollerinin; ozmolit olarak görev yapması, hacmin dengelenmesi, proteinlerin stabilizasyonu, sitozilik pH'nın ve hidroksil radikallerinin düzenlenmesi sayılabilir (Matysık ve ark., 2002).

Çalışmada bezelye genotiplerinde 0. gün örneklemelerinde en yüksek prolin değerleri 602-1 hat ve Taşkent çeşidinde elde edilirken 3. ve 7. gün örneklemelerinde Taşkent ve Özkaynak çeşitlerinde olmuştur. Bor dozlarına göre değerlendirildiğinde prolin içeriklerinin bor dozundaki artışa bağlı olarak arttığı, bu artış oranlarının 0 mg kg^{-1} dozu ile mukayese edildiğinde sırasıyla %34, %18 ve %315 oranlarında olduğu 3. ve 7. günde yapılan örneklemelerde 0 mg kg^{-1} bor dozuna göre yapılan değerlendirmede 602-1 ve S2 hatlarında en yüksek artış oranları belirlenirken, Taşkent ve Özkaynak çeşitlerindeki artış oranlarının daha düşük oranlarda olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda bor toksisitesi koşullarında bitkilerde prolin seviyelerinin arttığı belirlenmiştir. Prolin birikimi hücresel düzeyde osmotik dengenin düzenlenmesinde rol oynayabilir. Bu yüzden osmoregülasyonda önemlidir. Birçok araştırıcı prolinin tüm bitki seviyelerinde ve hücre kültürlerinde osmotik koruyuculuğunu göstermiştir. Benzer çalışmalarda Ardıç (2006) nohut çeşitlerine toksik seviyede bor uygulaması sonucunda

prolin değerlerinin artış gösterdiğini belirlemiştir. Çalışma sonuçları Karabal ve ark. (2003) ile de paralellik göstermektedir.

Bitkilerde meydana gelen stresin sonucunda artan oksidatif stresin diğer önemli göstergesi membran lipidlerinin peroksidasyonudur ve ortamdaki malondialdehit (MDA) miktarına göre tayin edilmektedir (Elstner ve Ossıvıold, 1984).

Araştırmada kullanılan bezelye genotiplerinde bor dozundaki artışa bağlı olarak malondialdehit miktarlarının artış gösterdiği ve bu artış oranlarının 0 mg kg^{-1} dozu uygulaması ile mukayese edildiğinde sırasıyla %9, %21 ve %255 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Bitkilerde 7. günde yapılan örneklemelerde bor dozundaki artışa bağlı olarak malondealdehit miktarlarının azaldığı belirlenmiştir. 3. günde yapılan örneklemelerde 0 mg kg^{-1} dozu ile yapılan kıyaslamalarda en yüksek artış oranları 602-1 ve S2 hatlarında elde edilirken, 7 günde yapılan örneklemelerde Taşkent çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonuçları Ardıç (2006) ve Karabal ve ark., (2003) ile paralellik göstermektedir.

5.2.Öneriler

Araştırma bitkilerinde bor toksistesine toleransın genetik çeşitlilikle ilgili olduğu belirlenmiştir. Bor toksisitesi koşulları altında bezelye genotiplerinin davranışları ve antioksidan enzimlerin dayanıklılıktaki rolleri daha önceki çalışmalarda araştırılmamıştır. Bu çalışmada bulguların bu açıdan incelendiğinde bezelye genotipleri ile çalışacak araştırmacılar için bor toksisitesine toleranslılık mekanizmasıyla ilgili temel olacağını düşünmekteyim.

KAYNAKLAR

Acar, O., Türkan, İ., and Özdemir, F., 2001, Superoxide Dismutase and Peroxidase Activites in Drought Sensitive and Resistant Barley *(Hordeum vulgare* L.) Varieties. Acta Physiologiae Plantarum, 23(3): 351-356.

Acar, O., 1999, *Kurağa Dayanıklı Bazı Arpa (Hordeum spp.) Çeşitlerinde Süperoksit Dismutaz (SOD) Aktivitelerinin Araştırılması*, (Doktara Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Alkan, A., 1998, *Farklı Tahıl Türleri ile Buğday ve Arpa Çeşitlerinin Bor Toksisitesine Dayanıklılığının Araştırılması ve Dayanıklılıkta Rol Alan Faktörlerin Belirlenmesi*,(Doktora Tezi),Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Allen, R., 1995, Dissection of Oxidative Stres Tolerance Using Transgenic Plants, *Plant Physiology*, 107, 1049-1054.

Alscher, R.G., Donahue, J.L., Cramer, C.L., 1997, Reactive Oxygenspecies and Antioxidants: Relationship in Green Cells. Physiol. Plant 100, 224–233.

Ardıç, M., Sekmen A.H., Türkan İ., Tokur S., Özdemir F., 2009, The Effects of Boron Toxicity on Root Antioxidant Systems of Two Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. Plant Soil 314:99-108.

Ardıç, M., 2006, *Bor toksisitesinin Nohut (Cicer arietinum L.) Bitkisinde Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerindeki Etkileri*, (Doktora Tezi), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Asada, K., 1999, The Water – Water Cycle in Chloroplasts: Scavenging of Active Oxygens and Dissipation of Exess Phptons. Ann. Rev-Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 50: 601-639.

Bates, L., S., Waldren, R.,P., and Tear, I.D., 1973, Rapid Determination of Free Prolin for Water-Stress Studies. Plant and Soil, 39; 205-207.

Bergmann, W., 1992, Nutritional Disorders of Plants Colout Atlas. pp 204-239. Gustav Fischer, New York, USA.

Bergmayer, H.U., Gawehn, K. and Grassl., 1970, Min: Methoden der Enzymatischen Analyze (Bergmayer, H.U., Ed.) Vol. 1, p. 440, Verlag Chemie, Weinheim.

Bor, M., Özdemir, F., ve Türkan, i., 2003, The Effect of Salt Stress on Lipid Peroxidation and Antioxidants in Leaves of Sugar Beet *Beta vulgaris* L. and wild Beet Beta maritima L. *Plant Science*, 164: 77-84.

Bowler, C., Van Montagu, M., Inze', D., 1992, Superoxide Dismutase and Stres Tolerance. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43: 83-116.

Bray, E., Bailey-Serres., 1. ve Weretilnyk. E., 2000, Responses to Abiyotik Stresses Chapter 22. ın: Biochemistry and Moleculer Biology of Plants.B.B.Buchanan ,W.Gruissem and R.L. Jones,(ed.) American Society Plant Physiology Rockrille MD.

Brown, P. H., Beııaloui N., Wimmer M. A., Bassil E. S., Ruiz J., Hu H., Pfeffer H., Dannel F. and Römheld V., 2002, Boron in Plant Biology, Plant Biology 4,205-223.

Burt, R., 2004, Soil Survey Laboratory Methods Manual., 2004, Soil Survey Investigation Report No:42, Version 4.0 NRCS Nowember.

Cartwrıght, B., Zarcinas, B. A. and Myfield, A. H., 1984, A Description of Land in THE Southern Malle of South Australian. 1. Soil. Res. 22, 261-272.

Çakmak, İ., Strbac, D., ve Marschner, H., 1993, Activities of Hydrogen Peroxide - Scavenging Enzymes in Germinating Wheat Seeds. *Journal of Experimental Botany*, 44(258): 127-132.

Demiral, T., 2003, *Genç Pirinç Fidelerine Dışarıdan Glisinbetain Uygulanmasıyla, Tuza (NaCl) Toleransının Arttırılmasında Antioksidant Enzim Aktivitesinin Rolünün Araştırılması*, (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Dıonısıo-Sese, M.L. ve Tobita, S., 1998, Antioxidant Responses of Rice Seedlings to Salinity Stress. *Plant Sci*. 135, 1–9.

Ediz, N. ve Özday H., 2001, Bor Mineralleri ve Ekonomisi, *DPÜ Fen Bilimler Dergisi*, Sayı: 2, 133-152.

Edreva, A., 1998, Stress Physiology, Definitions and Concepts of Stress. Classifications of Stress Factors, Approaches Applied in Stres Research, Bitkilerde Stres

Fizyolojisinin Moleküler Temelleri Sempozyumu, 22-26 Haziran, Ebiltem, Bornova, İzmir.

Elstner, E.F., Osswald, W., 1994, Mechanisms of oxygen activation during plant stres Proc.R. Soc. Edinburg lO2B: 131-154.

Ermiş, İ., 2002, *Bazı Arpa Çeşitlerinin Çimlenme Yüzdesi ve Antioksidant Enzim Düzeylerine Bor Stresinin Etkisi,(* Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir (Yayınlanmamış).

Gezgin, S., Dursun, N., Hamurcu, M., Harmankaya, M., Önder, M., Sade, B., Topal, A., Soylu, S., Akgün, N., Yorgancilar, M., Ceyhan, E., Çiftçi, N., Acar, B., Gültekin, İ., Işık, Y., Şeker, C., Babaoglu, M., 2002, Determination of B Contents of Soils in Central Anatolian Cultivated Lands and Its Relations Between Soil and Water Characteristics. in Boran in Plant and Animal Nutrition; Goldbach, H.E., Brawn, P.H., Rerkasem, B., Thellier, M., Wimmer, M.A., Ben, R.W., Eds.; Kluwer Academic(Plenum Publishers:, 391-400. New York.

Güneş, A., 2000, Alpaslan, M. a. Boron Uptake and Toxicity and Maize Genotypes in Relation to Boron and Phosphorus Supply. *Journal of Plant Nutrition*. Vol: 23. 4: 541-550.

Hallıwell, B. and Gutteridge J.M.C., 1989, Free Radicals in Biology and Medicine. Oxford: Clarendon Pres, 86-123.

Hamurcu, M., Harmankaya, M., Soylu, S., Gökmen, F., Gezgin, S., 2006a, 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.

Hamurcu, M., Tamkoç, A.,Gökmen, F., Gezgin, S., Özbek, Z., Babaoğlu, M., Hakkı, E.E., 2006b, Farklı Bor ve Demir Uygulamalarının Bezelye Hatlarının Gelişimi Üzerine Etkisi. 3. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı s: 145-153. 02 -04 Kasım, Ankara.

Herzog, V. ve Fahimi, H., 1973, Biochemistry. 55, 554-562.

Hobson, KB., 2001, Seymour, L. R., Armstrong, RD., Connor, Di., Brand, J.D. and Materne, M., Improving The Adaptation, Profitability and Reliability of Pulses Growing on Hostile Alkaline Subsoils. Department of Crop Production, Institute of Land & Food Resources, The University of Melbourne, Victoria. Proceedings of the 10th Australian Argonomy Conference, Hobarts.

Huang, C. ve Graham, R.D., 1990, Resistrance of Wheat Genotypes to Boron Toxicity is Expressed At Ceıılular Level. Plant Soil 26-:295-300.

Kalaycı, M., Torun, B., Eker, S., Aydın, M., Öztürk, L. ve Çakmak, İ., 1999, Grain Yield, Zinc Efficieney and Zinc Concentration of Wheat Cultivars Grown in A Zinc-Deficient Calcareous Soil in Field and Greenhouse. Field Crops Research 63, 87-98.

Karabal, E., Yücel, M. ve Öktem, H. A., 2003, Antioxidant Responses of Tolerant and Sensitive Barley Cultivars to Boron Toxicity*, Plant Science*, 164, 925-933.

Khan, N., Young, K. I. ve Gartrell, J. N., 1999, Research Officers, Borc Toxicity in Barley. Division of Plan Research, Agriculture Western Australia, Farmnot, 85.

Koca H., 2007, *Tuz Stresinin Farklı Susam Çeşitlerinin Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi*,(Doktora Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Koca, H., 2002, *Tuz Stresinin Farklı Domates (lycopersicon) Genotiplerind Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi,* (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimle Enstitüsü, İzmir.

Lazarow, P.B. ve Fujiki, Y., 1985,. Biogenesis Ofperoxisomes, Annu. Rev. Ce Biol. 1 :489-530.

Lee, C. W., Choi, J. M. ve Pak, C. H., 1996, Micronutrient Toxicity Seed Genanium (Pelargonium xhantum Boiley), *Journal of American Society for Horticultural Science*, 121 (1), 7-82.

Lopez, F., Vansuyt, G., Casse - Delbart, F., Fourcroy, P., 1996, Ascorbat Peroxidase Activity Not The mRNA Level, Is Enhanced in Salt - Stressed Raphanus sativu Plants Physiologia Plantamm 97: 13-20.

Madhava Rao, K.V., ve Sresty, T.V.S., 2000, Antioxidative Parameters in The Seedlings of Pigeonpea *(Cajanus cajan* L. Millspaugh) in Response to Zn and Ni Stresses. *Plant Science*, 157: 113-128.

Mahalakshmı, U. Yau, P. K., Ryan, J. and Peacock, J. M., 1995, Boron toxicity in Barley *(Hordeum vulgare* L.) Seedlings in Relation to Soil Tempetature., Plant Soil, 177 (2), 151-156.

Matamoros, MA., Dalton, DA.,Ramos J., Clemente MR, Rubio MC., Becana M., 2003, Biochemistry and Molecular Biology of Antioxidants in The Rhizobia Legume Symbiosis. Plant Physiol, 133: 499-509.

Matysık, J., 2002, B.A. Bhalu, P., Mohanty, Molecular Mechanism of Quenching of Reactive Oxygen Species by Proline Under Stress in Plants, Curr. *Sci.* 82 525–532.

Mıttler, R., 2002, Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance, *Trends Plant Sci*. 22, 561–569.

Nable, R. O., Banuelos, G. S. and Paull. G., 1997, Boron toxicity, Plant and Soil, 193, 181-197.

Nable, R.O., 1991, Distribution of Boron Within Barley Genotypes with Differing Susceptibilities to Boron. J. Plant Nutrition. 14: 453-461.

Neill, S., Desikan, R., Hancock, J., 2002, Hydrogen Peroxide Signalling, Curr. Opin. Plant Biol. 5, 388–395.

Ortaca, Ş., 2005, *Borun Ayçiçeği Bitkisinde Vejetatif Büyüme, Pigment, Protein Miktari ve Protein Profili Üzerine Etkileri*,(Yüksek Lisans Tezi), Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya (Yayınlanmamış).

Papadakıs. 1. F., Dimassi, K. N., Bosabalidis, A. M.. Therios, 1. N., Patakas, A. and Giannakoula, A., 2004b, Boron Toxicity in Clementine' Mandarin Plants Grafted On Two Nootstocks, *Plant Science* ,166, 539-547.

Papadakıs, I. E., Dimassi, K. N., Bosabalidis, A. M., Therios, 1. N., Patakas, A. and Giannakoula, A., 2004a, Effects of B Excess on Some Physiological Parameters of 'Navalina' Orange Plants,Grafted on Two Rootstocks, Enviromental and Experimental Botany, SI, 247-257.

Paull, J.G., Rathjen, Al., Cartwrıght, B., and Nable, RO., 1990, Selection Parameters for Assessing The Tolerance of Wheat to High Concentrations of Boron. in Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. Ed. N El Bassam. pp 361-369. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Nether1ands.

Paull, J.G., 1988, Cartwright, B. and Rathjen, A.J. Responses of Wheat and Barley Genotypes to Toxic Concentrations of Soil Boron, Euphytica, 39, 137-144.

Rascıo, A., Platani, C., Scalfati, G., Tonti, A. and Fonzo, N., 1994, The Accumulation of Solutes and Water Binding Strenght in Durum Wheai. Physiologia Plantarum, 90, 715-721.

Reid, R. J., Hayes, J. E., Post, A., 2004, Stangoulis, J. C. R. and Graham, R. D., A Critical Analysis of Causes of Boron Toxicity in Plants, Plant, Cell and Enviroment, 25,1405-1414.

Renard, M. and Guerrier, G., 1997, Is Proline a Compatible Solute in Cali from NaCl - Sensitiye *Lycopersicon escu/entum* and NaCl - tolerant I.pennelli Plant Physiol. Vol. 150.331-337.

Rerkasem, B., Jamyod, S., 2004, Boron Deficiency in Wheat: A Review. Field Crops Research 89, 173-186.

Rerkasem, B., Lordkaew S., and Jamjod, S., 1991, Assesment of Grain Set Failure and Diagnosis for Boron Deficiency in Wheat. In: Wheat for Non-Traditional Warm Areas. (Ed D.A. Saunders). Mexico D.F.:CIMMYT, pp. 500-504.

Sairam, RK., Srivastava, G.C., 2002, Changes in Antioxidant Activity in Subcellular Fractions of Tolerant and Susceptible Wheat Genotypes in Response to Long Term Salt Stres, *Plant Science*, 162: 897-904.

Sato, Y., Murakami, *T.,* Funatsuki, H., Matsuba, S., Saruyama, H., Tanida, M., 2001, Heat Shock-Mediated APX Gene Expression and Protection Against Chilling Injury in Rice Seedlings. J. Exp. BoL, 52(354): 145-151.

Satoh, K., Murata, N., 1998, Stress Responses of Photosynthetic Organisms. Molecular Mechanisms and Molecular Regulations Photosynthetica, Volume 35, Number 3, 1998, pp. 360-360(1).

Scandalıos, J.G., 1993, Oxygen Stress and Superoxide Dismutase*, Plant Physiol. 101:7-12.*

Seçkin, B., 2005, Mannitolün Tuz Stresine Maruz Bırakılan Buğday Fidelerinin Antioksidant Enzim Düzeyleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması,(Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir (Yayınlanmamış).

Sillanpa, M., 1982, Micronutrients and The Nutrients Status of Soils, A Global Study, Fao Soils Bull ,No: 48: 43-93.

Sotiropoulos, T. E., Therios, 1. N. and Dimassi, K. N., 2003, Boron Toxicity in Kiwifruit *(Actinidia Deliciosa* L.), Treated with Nitrate, Amnionium, and A Mixyure of Both, Journal of Plant Nutrition, *Soil Science*, 166, 529-532.

Soylu, S., Topal, A., Sade, B., Akgün, N., Gezgin, S., 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 Evaluation of Major Turkish Genotypes for B Efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, Vol. 27, No. 6, pp.1077-1106.

Taban, S., Erdal, İ., 2000, Bor Uygulamasının Değişik Buğday Çeşitlerinde Gelişme ve Toprak Üstü Aksamda Bor Dağılımı Üzerine Etkisi, Turkish. J. Agric. For. 24: 255-262.

Torun, A. A., Yazıcı, A., Erdem, H., Çakmak, İ., 2006, Genotypic Variation in Tolerance to Boron Toxicity in 70 Durum Wheat Genotypes. Turk J. Agriculture and Forestry. 30: 49-58.

Torun, A., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Gültekin, İ., Torun, B., 1999, Eker, S., Çakmak, İ., Konya Koşullarında Yetiştirilen Farklı Buğday Çeşitlerinin Bor Toksitesine Duyarlılığının Sera ve Tarla Koşullarında Araştırılması, Hububat Sempozyumu, Altıncı Oturum: Hububat Yetiştirme, 317-327 8-11 Haziran, Konya.

Türkan, İ., Demiral T., 2004, Does Exogenous Glycinebetaine Affect Antioxidative System of Rice Seedlings Under Nacı Treatment? *Journal of Plant Physiology* 161, 1089.11 00.

Türkan, İ., 2002, Oksidatif Stres ve Bitkilerde Antioksidant Savunma Sistemleri. *Biyolojik Bilimlerde Araştırma Yöntemleri Yaz Okulu*, 26 Ağustos-01 Eylül Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir 193.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hayriye ÇAĞLAR
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : KAYSERİ 1987
Telefon : 0542 662 26 23
Faks :
e-mail : agriculture_arzu_engineer@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Kayseri Lisesi, Melikgazi, Kayseri	2003
Ön Lisans	:	Erciyes Ünversitesi, Talas, Kayseri	2007
Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2010
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010	TOPRAK MAHSÜLLERİ OFİSİ	Stajer
2006	ERCİYES ÜNİVERSİTESİ GIDA MÜH.	Stajer
2006	ERCİYES ÜNİVERSİTESİ SAFİYE ÇIKRIKÇIOĞLU MESLEK YÜKSEK OKULU	Stajer

UZMANLIK ALANI: -TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME
-SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ

YABANCI DİLLER: İNGİLİZCE