



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Arpa Çeşitleri (*Hordeum vulgare*) ile Çorak Çimi'nde (*Puccinellia distans*) Bor Toksisitesinin Temel Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklere Etkisinin Belirlenmesi

Hakkı KESKİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Eylül-2010
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Arpa Çeşitleri (*Hordeum vulgare*) ile Çorak Çimi'nde (*Puccinellia distans*) Bor Toksisitesinin Temel Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklere Etkisinin Belirlenmesi

Hakkı KESKİN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Mehmet HAMURCU

2010, 58 Sayfa

Jüri
Danışmanın Yrd.Doç.Dr. Mehmet HAMURCU
Prof.Dr.Sait GEZGİN
Yrd.Doç.Dr. Tijen DEMİRAL

Arpaya göre bünyesinde 10–15 kat daha fazla bor biriktirebilen ve hububatgiller familyasında yer alıp bor toksisitesine aşırı tolerans gösteren *Puccinellia distans* bitkisi önemli bir model bitki olarak karşımızda durmaktadır. Araştırmada bor stresine karşı dayanıklılık dereceleri daha önce belirlenmiş olan iki arpa çeşidi ile *Puccinellia distans* bitkisine toksik seviyede uygulanmış olan borun, büyüme parametreleri (kök ve gövde), bitkilerde biriken bor miktarları, prolin miktarı bakımından karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Arpa çeşitlerinde toksik seviyede bor uygulanmasına bağlı olarak kök ve gövde gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği ve bitki gelişiminin gerilediği görülmüştür. *Puccinellia distans*' ta ise toksik seviyede bor uygulamasına bağlı olarak bitkide herhangi bir gelişme geriliği ve toksisite belirtisi olmaz iken, araştırmada uygulanan en yüksek doz olan 500 mg kg^{-1} B dozunda dahi arpa çeşitlerinin etkilenme oranlarından çok daha az oranlarda azalmalar olduğu belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan bitkilerin bor konsantrasyonları bor uygulamasına bağlı olarak artış göstermiş, ancak *Puccinellia distans* bitkisindeki artış oranı arpa çeşitlerindeki kadar yüksek olmamıştır. Prolin miktarları arpa çeşitlerinde artış gösterirken *Puccinellia distans* bitkisinde azalma göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Arpa, *Puccinellia distans*, bor toksisitesi, prolin.

ABSTRACT

MS THESIS

Determination of the Effects of Boron Toxicity on Basic Physiological and Biochemical Characteristics of Barley (*Hordeum vulgare*) Varieties and *Puccinellia distans*

Hakkı KESKİN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Hakkı KESKİN

2010, 58 Pages

Jury
Advisor Asst.Prof.Dr. Mehmet HAMURCU
Prof.Dr.Sait GEZGİN
Yrd.Doç.Dr. Tijen DEMİRAL

Our previous studies have revealed the potential of *Puccinella distans* from Poaceae family that can accumulate boron around 10-15 times more than barley and extensively tolerate excessive boron levels as a model plant. In this study, the effects of boron applied at toxic level to *Puccinellia distans* and two barley varieties (Tokak and Hamidiye), the durability of which against boron were previously determined, on growth parameters (root and shoot), accumulated boron levels in plants and proline contents were comparatively examined.

Roots and shoots of barley varieties were negatively affected from toxic boron levels and plant growth was retarded. *P. distans* was only slightly affected even at highly toxic levels of boron (500 mg kg^{-1} B) in comparison to barley varieties and showed neither growth retardation nor toxicity. Boron concentrations of plants were increased by increased boron concentrations but the rate of increase in *P. distans* was not as high as in barley varieties. While proline content in barley plants was enhanced, it showed decrease in *Puccinellia distans.*

Keywords: Barley, boron toxicity, *Puccinellia distans*, proline.

ÖNSÖZ

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. Mikro elementlerin 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 fazla bor ile baş edebilmek için de biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar gerçekleştirebilmektedirler. Bölge topraklarında (Konya, Afyon, Karaman, Aksaray, Niğde, Nevşehir ve Kayseri illerinde proje ekibinin 898 toprak örneği ile yapılan analiz sonucu) ortalama %18 oranında bor toksisitesinin bulunduğu, bu çalışma bünyesinde normal kültür bitkilerine oranla çok fazla miktarda bor biriktirebilen hiper akümülatör bitkiler ile ülkemiz tarımında en önemli bitki olan hububatlar bitkisinin bor toksik ortamlardaki gelişiminin fizyolojik esasını inceleyerek hiper akümülatör bitkilerin bünyelerinde nasıl bu kadar fazla bor elementi biriktirebildiği, hiçbir kültür bitkisinin yetişemediği yüksek miktarda bor içeren ortamlarda yetişebilmesinin nedenlerini tespit etmek, bunlarda tespit edilen fizyolojik mekanizmalardan bizler için hayati öneme sahip olan hububatlar bu tip problemli arazilerde yetiştirebilme imkânlarına yardımcı olacak bilgiler üretmek projenin temel hedefidir.

Bu amaçla Eskişehir ili, Kırka ilçesinde halen faaliyette bulunan bir bor (B) madeni alanında *Gypsophila sphaerocephala* Fenzl ex Tchihat. var. *sphaerocephala*, *Gypsophila perfoliata* L., *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl. ve *Elymus elongatus* olmak üzere sadece 4 bitki türünün bulunduğu tespit edilmiş, bitkilerde yapılan analizlerde bor konsantrasyonunun çok yüksek olduğu ve *Puccinellia distans*'ın *Gypsophila*'dan sonra alanda yetişen en fazla bor biriktiren 3. bitki türü olduğu belirlenmiş, bu bitkinin tuza karşı da toleranslı olduğu da ifade edilmiştir. *Puccinellia distans*'ın etkilenmeden yetişebildiği bor maden alanındaki topraklardaki elverişli bor konsantrasyonunun 277 $mg.kg^{-1}$ olduğu ve buğdaygillerde >3 mg kg^{-1}'da toksitenin ortaya çıktığı düşünüldüğünde bir buğdaygil olan *Puccinellia distans* ile ilgili yapılacak

çalışmaların diğer kültür bitkileri için de önemli bilgiler içereceği düşünülmektedir. Kuraklık, tuzluluk ve bazı besin elementleriyle ilgili problemlerin arttığı, kültür bitkilerinde genetik tabanın daraldığı ve gen bankası niteliğindeki doğal floranın keşfedilemeden kaybedildiği günümüzde, yabani türlerin korunması ve bunların ıslah programlarında yer alması oldukça önem kazanmıştır. Bu maksatla araştırmamızda yer alan iki türden biri *Puccinellia* olarak seçilmiştir. Diğer bitki türümüz ise ülkemiz için büyük ekonomik öneme sahip olan arpa bitkisi olmuştur.

Bu çalışma ile, *Puccinellia* ve arpa çeşitleri farklı bor ortamlarında kontrollü olarak yetiştirilmiş ve bor uygulamasının *Puccinellia* ve arpa çeşitlerinin büyüme ve gelişme parametreleri, membran geçirgenliği gibi bitkiler için hayati önemi olan konularda etkileşimleri ve toksik miktardaki bor'un bitkilerin büyüme metabolizmasında meydana getirdiği değişimler belirlenmiştir.

Hakkı KESKİN
KONYA-2010

TEŞEKKÜR

Araştırmanın planlanıp yürütülmesinde özverili yardımlarından dolayı saygıdeğer danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mehmet HAMURCU'ya, laboratuar çalışmalarındaki katkılarından dolayı değerli arkadaşım Zir.Yük.Müh. Mehmet Ali DÜNDAR'a, araştırmada kullandığım tohumların sağlanmasında yardımlarından dolayı Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Kırka Bor İşletme Müdürlüğü' ne Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne en içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Hakkı KESKİN

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vi**

ÖNSÖZ ..... **vii**

TEŞEKKÜR ..... **ix**

İÇİNDEKİLER ..... **x**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xi**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **5**

2.1.Bor'un Bitkiler Üzerindeki Etkileri 5

2.2.Bitkilerde Stres Faktörleri ve Savunma Sistemleri 8

3. MATERYAL VE METOT **12**

3.1.Materyal 12
3.1.1.Bitki Materyallerinin Temini: 12

3.2. Metot **13**

3.2.1. Deneme Serilerinin Hazırlanması 13
3.2.2. Tohum Ekimi 13
3.2.3. Analiz yöntemleri: 15

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **18**

4.1. Büyüme Parametreleri Bulguları 18
4.1.1.Gövde yaş ağırlığı 18
4.1.2. Gövde kuru ağırlığı 20
4.1.4.Kök kuru ağırlığı 25
4.1.5.Gövde Boyu 27
4.1.6.Kök Boyu 29
4.1.7.Bağıl su içeriği 31
4.2.Bor Konsantrasyonu Bulguları 32
4.2.1. Gövde bor konsantrasyonu 32
4.2.2.Kök bor konsantrasyonu 34
4.3.Prolin bulguları 36

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **38**

KAYNAKLAR **41**

ÖZGEÇMİŞ **47**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

µg	Mikrogram
cm	Santimetre
g	Gram
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
ºC	Santigrat derece
mmol	Milimol

1. GİRİŞ

Bitkiler hareketsiz olduklarından dolayı istenmeyen çevresel koşullara maruz kalırlar. Ekstrem sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, ışın, elektromagnetik alan, besin, metal toksitesi, kirlilik ve patojenler, bitki büyümesi, gelişmesi ve ürün verimliliğini önemli şekilde etkilemektedir. Bu istenmeyen çevresel koşullar gerçek ve potansiyel ürün verimi arasında %70'e varan kayba neden olabilmektedir. Bununla birlikte, bitkilerin ekstrem çevresel koşullarını tolere edebilme yeteneklerindeki çarpıcı genetik farklılıklar gözlenmektedir. Bitkilerde stres faktörlerinin en önemlilerinden biri olan besin elementlerinin eksikliği veya toksisitesi; metabolizmanın işlevini engellemekte ve bitkide hasarlara neden olabilmektedir.

Dünya tahıl üretimi ve tüketimi açısından önemli bir yere sahip olan ülkemizin yaklaşık 13 milyon hektar ekim alanıyla tarım topraklarımızın %60'ında tahıllar üretilmektedir. Tahıl türlerinin tamamına yakını 3 mg kg^{-1} üzerinde bor içeren ortamlarda olumsuz yönden etkilenmektedir. Tahıl üretiminde yapılacak birim alanda küçük bir artış ülke genelinde çok büyük bir üretim artışıyla sonuçlanmaktadır. Bitkisel üretimde bitki besin elementi noksanlıkları uygun bir gübreleme programı ile giderilip kalite ve verim artışları elde edilebilmesine rağmen topraklarımızdaki besin elementleri fazlalığının zararlarını gidermek çok zordur. Topraklarımızda fazlalılığı (toksisitesi) görülen elementlerden birisi ve belki de en önemlisi bor'dur. Çünkü topraklarımızın yaklaşık %20'sinin (4 milyon hektar) tahıllar için toksik düzeyde bor içerdiğini tahmin etmekteyiz. Bor toksisitesinin bitkilerde gelişme, verim ve kalite üzerinde çok büyük olumsuz etkileri vardır. Bu nedenle fizyolojik temelli yapılacak ıslah çalışmaları ile bor toksisitesine toleranslı uygun genotiplerin geliştirilmesi ülke tarımına çok büyük katkılar sağlayacaktır. Orta-Güney Anadolu tarım bölgesi topraklarının (Konya, Afyon, Karaman, Aksaray, Niğde, Nevşehir ve Kayseri) %27'sinde bor noksanlığı ve %18'ında ise tahıllar için bor toksisitesi mevcuttur (Gezgin ve ark., 2002). Bu durum düşünüldüğünde toksik düzeyde bor içeren topraklarda bitkilerin fizyolojik karakterleri ortaya konularak tepki mekanizmalarının belirlenmesi sonucunda bu özelliklerin ıslah ya da biyoteknolojik yöntemlerle toksisiteye dayanıklı bitkilerin geliştirilmesi büyük bir ekonomik kazanım sağlayacaktır. Uygun genotiplerin geliştirilmesi ise ancak fizyolojik verileri dikkate alan ıslah çalışmaları ile mümkündür.

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 bor'un kültür bitkileri için mutlak gerekli bir besin elementi olduğu yaklaşık 50- 60 yıldır bilinmesine rağmen bitki bünyesindeki fonksiyonları tam olarak anlaşılmış değildir. 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. Mikro elementlerin 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 fazla bor ile baş edebilmek için de biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar gerçekleştirebilmektedirler.

Yaklaşık 4.7 milyon hektarlık bir yetiştirme alanıyla Türkiye'nin en önemli hububat yetiştirme alanı olan Orta Anadolu Bölgesi toprakları; yüksek $CaCO_3$ içeriğine, düşük organik madde ve alkalilik özelliğine sahiptir. Olumsuz toprak koşulları nedeniyle özellikle mikro element yarayışlılığı çok sınırlı bir düzeydedir. Orta Anadolu Bölgesinde arpa ve buğday üretim alanlarında ciddi boyutta bor toksitesi mevcuttur. Bor toksitesi, bitkilerin kök ve yeşil aksam büyümesini engelleyen ve dane verimini ciddi bir şekilde sınırlayan bir mikro element problemidir. Tahıllardan özellikle buğday ve arpa, toprakta veya dokulardaki borun fazlalığına diğer bitki türleriyle karşılaştırılamayacak kadar büyük bir duyarlılık göstermektedir. Bitkilerin büyük bir bölümünde bor toksitesi zararı dokularda 100–1000 ppm (kuru maddede) dolayında bor mevcut olduğunda ortaya çıkarken, buğday ve arpada bor zararı dokularda 20–50 ppm bor düzeyinde bile görülebilmektedir. Bora çok düşük miktarda gereksinim duyan tahıllar toprakta olduğu gibi sulama suyunda da yüksek bor konsantrasyonlarına oldukça duyarlıdır (Gezgin ve ark.2001).

Yeterli bora sahip olan topraklarda yetişen bitkilerin bor içerikleri 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 bor'a duyarlılıkta büyük farklılıkların olduğu ve bu farklılıkların nedeninin de bitkilerin bor toksisitesinden aynı derecede fizyolojik olarak etkilenmemesinden kaynaklanmaktadır. Ülkemiz tarım arazilerinin %80' ini kaplayan tahıllar bor'a karşı duyarlı bitkilerdir. Arpa yetiştirme ortamında 3 mg kg^{-1}'a kadar bor'u tolere etmekte ve bu dozun üzerindeki bor'dan ise olumsuz yönden etkilenmektedir. Gıda temininin en büyük problem olduğu günümüzde en büyük gıda kaynağı ve yem kaynağı olan tahıllarda bor toksisitesinden kaynaklanan verim kayıplarını bölgemizde en aza indirmek için özel ilgiye ihtiyaç vardır. Bu da ancak bor'un bitki bünyesindeki fizyolojik etki mekanizmasını ortaya çıkarmakla mümkün olacaktır.

Çalışmalar, bitkilerin daha kaliteli ve verimli besin kaynağı oluşturması için engel teşkil eden dünyadaki ekilir arazi ortamının %10 gibi az bir oranda olması ve her geçen gün giderek azalması, dünyayı etkileyen ve insanoğlunun hükmedemediği küresel ısınmayla birlikte mevsim ve iklim değişimleri, bitki türlerinin yetişme şartları ve yetişme zamanındaki spesifik özellikleri gibi şartların yaptığı zararların ortadan kaldırılmasına yöneliktir. Ekilir alanların genişletilmesi ve ekstrem şartlara toleranslı bitkilerin yetiştirilmesine yardımcı olmak amacıyla çalışmalar yapılmaktadır.

Bitkilerin çevre şartlarına adaptasyonları ve performanslarının anlaşılması oldukça önemlidir. Tarımsal faaliyetler su, kuraklık, sıcaklık, ışık ve tuz gibi birçok çevresel faktör tarafından etkilenmektedir. Zor şartlarda dayanıklı tarım ürünlerinin üretimi için hem biyotik hem de abiyotik faktörlerden sorumlu bitki genlerinin sinyal yollarının anlaşılması gerekmektedir. Bu konuda az dayanıklı türlerde çalışılması veya değişik çevresel etkilerin bitkide meydana getirdiği kompleks mekanizmaların anlaşılması konusuna ağırlık verilmesi gerektiği bilinmektedir (Swamy ve Smith, 1999).

Arpa dünyada tahıllar arasında ekim alanı açısından buğday ve mısırdan sonra 3. sırada gelmektedir. Arpa, ülkemizde tarla ürünleri arasında ekiliş alanı bakımından buğdaydan sonra gelen üründür. Buğday gibi ülkemizin tüm bölgelerinde yetiştirilmektedir. Birim alandan alınan ürün miktarı bakımından buğdaya göre daha avantajlı durumdadır. Dünya ekonomisinin olduğu kadar ülkemiz ekonomisinin de

temelini oluşturan tahıl ürün grubu içerisinde yer alan arpanın insan beslenmesinde doğrudan kullanımı çok azdır. Hayvancılık açısından doğrudan tüketilme özelliğine sahiptir; ayrıca karma yem ve malt sanayinin de önemli bir hammaddesidir. Yemlik arpalarda protein oranı yüksek olanlar tercih edilmektedir. Kavuzun fazla olması besleyicilik değeri şme parametreleri, prolin gibi bitkiler için hayati önemi olan fizyolojik konularda etkileşimleri ni düşürür (www.tmo.gov.tr).

Bu çalışma ile, farklı bor ortamlarında kontrollü olarak yetiştirilen arpa çeşitlerinin büyüme ve gelişme ile toksik miktardaki bor'un bitkilerin büyüme metabolizmasında meydana getirdiği değişimler açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırma 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.

Puccinellia distans'ın etkilenmeden yetişebildiği bor maden alanındaki topraklardaki elverişli bor konsantrasyonunun 277 $mg.kg^{-1}$ olduğu ve buğdaygillerde >3 $mg\ kg^{-1}$'da toksitenin ortaya çıktığı düşünüldüğünde bir buğdaygil olan *Puccinellia distans* ile ilgili yapılacak çalışmaların diğer kültür bitkileri için de önemli bilgiler içereceği düşünülmektedir. Kuraklık, tuzluluk ve bazı besin elementleriyle ilgili problemlerin arttığı, kültür bitkilerinde genetik tabanın daraldığı ve gen bankası niteliğindeki doğal floranın keşfedilemeden kaybedildiği günümüzde, yabani türlerin korunması ve bunların ıslah programlarında yer alması oldukça önem kazanmıştır. Bu maksatla araştırmamızda yer alan iki türden biri *Puccinellia* olarak seçilmiştir. Diğer bitki türümüz ise ülkemiz için en büyük ekonomik öneme sahip olan arpa bitkisi olmuştur.

Bu çalışma ile *Puccinellia* ve arpa çeşitleri farklı bor ortamlarında kontrollü olarak yetiştirilmiş ve bor uygulamasının *Puccinellia* ve arpa çeşitlerinin büyüme ve gelişme parametreleri, membran geçirgenliği gibi bitkiler için hayati önemi olan konularda etkileşimleri ve toksik miktardaki bor'un bitkilerin büyüme metabolizmasında meydana getirdiği değişimler belirlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1.Bor'un Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Bor elementi bitkiler tarafından eser miktarda gereksinim duyulan, eksikliği ve toksisite sınırı birbirine çok yakın elementtir (Brown et al., 2002). Eksiliği kadar yaygın olmasa da dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde bor toksisitesi büyük bir sorun oluşturmaktadır. Bor toksisitesi, üç ana başlıkta sıralanmıştır. Bunlardan birincisi hücre çeperinde oluşan hasar; ikincisi ATP, NADH ve NADPH'ye bağlanan riboz kısımlarında metabolik bozukluk; üçüncüsü ise RNA, serbest şekerler veya riboz bağlarınca meydana getirilen bölünen ve gelişen hücrelerdeki hasardırlar. Bunlara dördüncü olarak da yapraklarda yüksek miktarda toplanan B'un transpirasyon akım yönündeki ozmatik düzeni bozması ilave edilmiştir (Stagooulis and Reid, 2002; Reid et al.,2004).

Bor'un bitkiler için gerekli bir element olduğu ilk kez 1923 yılında Warington tarafından bildirilmiştir. Bor'un diğer organizmalardaki biyolojik rolleri konusundaki ilk çalışmalar ise; 1981 yılında diyotomeler, 1990 yılında cyanobakteriler, 1999'da mayalar, 1998 yılında alabalıklar (*Oncorhynchus mykiss*),1998 yılında kurbağalar (*Xenopus laevis*), 1999 yılında zebra balıkları (*Danio rerio*) ve 2000 yılında fareler üzerinde yapılmıştır. Bor'un insanlarda gerekli element olduğu bu elementin olduğu ve bu elementin rolünün açıklandığı ilk çalışma ise Nielsen tarafından yapılmıştır. Bor'un cyanobakteriler dışında diğer bakterilerde, mantarlarda ve yeşil alglerde bulunup bulunmadığına dair hiçbir bilgiye rastlanmamıştır (Dordas and Brown, 2000; Brown P.H. et al., 2002).

İnce yapılı ve güçlü hücre duvarı yapısında ve duvar sentezinde, lignin oluşumunda, hücre bölünmesi, uzaması ve nükleik asit metabolizmasında, solunumda, auxin / indol asetik asit metabolizmasında, şeker / karbohidrat metabolizmasında, gametlerin oluşumu ve döllenmede, borun hücre zarı NADH oksidaz enzimini inhibe ederek hücre zarı elektron transport reaksiyonlarını etkilediği gibi en fazla kabul gören borun fonksiyonunun kompleks *cis*-diol'lerle ilgili olduğudur. Bor hücre duvarında ve hücre zarında oynadığı yapısal rolleri çok önemlidir ayrıca fenol metabolizmasında, hücre zarı geçirgenliğinde ve zar bütünlüğünün korunmasında çok önemli rolleri olan bir bitki besin elementidir. Bitkilerde bulunan bor'un büyük bir kısmı yaklaşık %90' nı karbonhidrat ile birlikte hücre çeperinde yer almaktadır buna bağlı olarak noksanlığında

kök ve gövde uçları ile yaprak uçlarında bozulmalar oluşmaktadır. Bitkiler diğer streslerle olduğu gibi bor'la da baş edebilmek için biyokimyasal ve moleküler mekanizmalar gerçekleştirmişlerdir. 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 yolunun değişmesi, membran yapısındaki değişimler, antioksidant enzimlerin ve bitki hormonlarının indüksiyonu olarak sıralanabilirler (Seçkin, 2005).

Bor bitki metabolizmasında hücre uzaması, hücre bölünmesi, karbonhidrat ve protein metabolizması üzerine etkili olup, bin dane ağırlığını etkileyerek dane iriliğine doğrudan etki etmektedir. Sekerlerin taşınması ve hücre duvarını oluşturan maddelerin sentezlenmesini sağlayarak dane dolumunun daha etkili bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır (Rerkasem 1997b).

Bor tahıllarda özellikle generatif dönemde etkin rol oynayan bir elementtir. Bor noksanlığında çiçeklenme ve meyve tutma olumsuz olarak etkilenmekte olup, bor temininin güçleştiği durumlarda, üreme faaliyeti için, vejetatif gelişmeye göre daha fazla bir bor gereksinmesi olmaktadır. Bor noksanlığında dişi ve erkek gametlerin gelişiminin engellenmesi nedeniyle döllenme olumsuz olarak etkilenmektedir. Arpa ve Buğday gibi hububatlarda bor noksanlığında anther ve polenin zayıf gelişmesi sonucu oluşan erkek kısırlığı nedeniyle dane oluşumunun engellendiği buğdayda bor noksanlığında görülen genotipik varyasyonun, bor noksanlığında erkek gametlerin gelişmesinde görülen farklılıktan kaynaklandığı belirtilmektedir (Rerkasem ve Jamjod 1997a).

Bitkilerde stres faktörlerinin en önemlilerinden biri olan besin elementlerinin eksikliği veya toksisitesi; metabolizmanın işlevini engellemekte ve bitkide hasarlara neden olabilmektedir.

Bitkiler arasında B elementine olan gereksinim oldukça büyük farklılık göstermektedir. Bitkiler B gereksinimlerine göre En az, Orta ve en yüksek düzeyde bor'a ihtiyaç duyan bitkiler olarak üç grupta sınıflandırılmaktadırlar. Çift çenekli bitkilerin B istekleri, tek çenekli bitkilere göre 3-4 misli daha fazladır (Bellaloui and Brown, 1998; Hakkı ve ark., 2005).

B bitkiler tarafından aktif ve pasif olarak alınabilmektedir. Bitkiler yaygın olarak bor'u pasif absorpsiyon yoluyla ve iyonlaşmamış $B(OH)_3$ şeklinde alırlar (Nable et

al., 1997). B bitkiler tarafından az da olsa, $B(OH)_4^-$ iyonları şeklinde de alınabilmektedir (Hu and Brown, 1997).

Bitkilerde bor transpirasyonla buhar halinde su kaybı devam ettikçe, üst kısımlara doğru ksilemle taşınmakta ve bitkinin yaprak ucu, meyve gibi organlarında hareketsizlikten dolayı birikmektedir diğer yandan B diğer mikro elementlerden farklı olarak, bitkide taşınımı türden türe farklılık gösteren tek elementtir (Shelp and Brown, 1997).

Yeryüzünün 51. yaygın elementi olan bor toprakta, kayalarda ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Toprağın bor içeriği 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).

Yapılan araştırmalarda bor toksitesine duyarlılıkta bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün çeşitleri arasında da farklılık olduğu tespit edilmiştir. Alkan ve ark. (1995) tarafından değişik arpa genotiplerinde bor toksitesi konusunda yapılan bir araştırmada, Anadolu arpa çeşidinin bor toksitesine çok dayanıklı, Tokak, Erginel ve Obruk çeşitlerinin dayanıklı, Yesevi ve Tarm–92 çesitlerinin orta dayanıklı, Bülbül ve Hamidiye çeşitlerinin ise çok hassas olduğu tespit edilmiştir.

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 bitkiler, bulundukları ortama adapte olmuş, bu toksik derecede yüksek konsantrasyondaki bor'u bünyelerine almama veya daha da önemlisi, bol miktarda alarak çeşitli organlarında güvenli depolama yeteneği geliştirmişlerdir. Bu tarz bitkiler, her gün biraz daha fazla kirlenen toprakların ucuz bir

şekilde temizlenmesi potansiyeline sahiptir ve geniş kullanım alanı bulabileceklerine inanılmaktadır. Doğal ortamlarında meydana gelen çevresel değişimlere karşı canlılar çeşitli içsel ve mekanik tepkiler gösterirler (Edreva, 1998).

Bitkilerde aynı türde bile bor elementinin eksikliği ile toksisite sınırları arasında farklılıklar gözlenebilir. Bunun nedeni ortamda bulunan diğer elementler olabileceği gibi iklim (nem, düşen yağmur miktarı) ve toprak yapısı gibi çevresel etmenler de olabilmektedir (Goldbach et al., 2000). Bitkinin bulunduğu ortamda 5 ppm'den (0.074mM) fazla alınabilir bor bulunması toksisiteye neden olabilmektedir. Bor toksisitesi daha çok kurak ve yarı kurak bölgelerin topraklarında görülmektedir. Bu gölgelerde zaman zaman sulama sularını bor konsantrasyonunda da yükselme tespit edilmiştir. Bor miktarı 10 ppm'in üstüne çıktığında toksik etki belirgin biçimde gözlenmektedir (Boşgelmez ve ark., 2001). Dünyada en yüksek bor rezervine sahip ülkemizde; bor toksisitesinin Orta Anadolu Platosundaki bazı alanlarda önemli bir problem olabileceği belirtilmektedir (Yau ve ark., 1999).

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 (Cartwrigth ve ark., 1984; 1986). 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 (Cartwright ve ark., 1984).

2.2.Bitkilerde Stres Faktörleri ve Savunma Sistemleri

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 ve 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).

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; genlerin fizyolojik etkileri ile hücresel metabolizma değişimlerinin, büyüme oranları ve ürün miktarının değişimine kadar çok çeşitli tepkilere neden olurlar (Bray et al.,2000).

Bitkiler büyüme ve gelişmeleri esnasında çeşitli faktörlerden etkilenirler. Bu faktörler optimum düzeyde olduklarında bitkiler sağlıklı bir şekilde gelişirler (Kudoyarova ve ark.,1990).

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 P.H. ve ark., 2002).

Streslere adaptasyon ve alışma bitkilerde morfolojik, anatomik, hücresel, biyokimyasal, moleküler düzeyde gerçekleşir. Organizmanın tüm dokularının belli bir organizasyon dahilinde bulunmalarını içeren bir süreçtir. Strese karşı hücre düzeyinde verilen yanıtlar şöyledir; hücre döngüsü, hücre bölünmesi, iç zar sistemi, vakuol oluşumu, hücre çeperi yapısındaki değişimler, antioksidant savunma sistemi düzeyinde gerçekleşir.

Bu aktif oksijen türleri olan hidrojen peroksit (H_2O_2), süperoksit (0_2^-) radikalleri, hidroksil radikalleri (^-OH) ve tek değerlikli oksijen (O_2) türleri bitki hücrelerinde kloroplastlarda, mitokondrilerde ve peroksizom'larda meydana gelen oksidatif reaksiyonlarla üretilebilmektedirler. Moleküler oksijen (0_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 et al., 1993). Ancak stres faktörleri ortaya çıktığında meydana gelen stresin; bitki dokularına zarar veren

oksijen türlerinin, aktif oksijen türlerinin, üretimini arttırma potansiyeline sahip oldukları bildirilmiştir (Sairam and Srivastava, 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).

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 (Cartwright ve ark., 1984; 1986).

Bir aminoasit olan prolin, oldukça uzun zamandan bu yana araştırılmaktadır ve stres altındaki bitkilerde hücre ve dokuların en azından ilk zamanlarda zarar görmesini önlemek amacıyla bitki tarafından içsel olarak salgılanan bir organik bileşiktir (Hare ve Cress, 1997). Stres koşulları sona erdiğinde kendiliğinden ve geriye bir hasar bırakmaksızın normal değerlere dönmektedir.

Prolin, amino asitler arasında en basit kimyasal yapı ve en düşük molekül ağırlığına sahip, stres koşulları altında yetişebilen bitkilerde birikimi en fazla olan amino asittir. Prolin, bitkilerde su noksanlığı, soğuk, ağır metaller, sıcaklık ve özellikle tuzluluk gibi faktörlere maruz kaldığı koşullarda ortaya çıkan ilk fizyolojik tepki olup, hücre içindeki vakuolde konsantrasyonunun artmasıyla strese karşı ne kadar ve hangi oranda bitkinin dayanıklı olduğunu gösteren bir fizyolojik olaydır. Prolinin hücre içindeki yoğunluğunun artması hem strese karşı indikatör olup, hem de bitkinin strese karşı savunma mekanizmasını harekete geçiren metabolik olayın ilk basamağını içermektedir. Prolin ile ilgili pek çok tartışmalar yapılmış olup, bazı araştırıcılar proteinin parçalanması sonucu açığa çıktığını ve dolayısıyla hücre içerisinde konsantrasyonunun arttığını belirtmelerine rağmen genel kanı hücre içerisinde prolinin sentezlendiği kanaatine varılmıştır. Prolin ile ilgili yapılan çalışmalar genelde bitkinin nasıl prolin sentezlendiği yönünde olmuş ve sentezlenen amino asitin konsantrasyonları üzerine tartışmalar yapılmıştır. Bitkilerde biriken prolinin osmotik basıncın dengelenmesinde, Na, K, Mg ve Ca gibi iyonların konsantrasyonlarına etkide bulunduğuna, hücre duvarının

güçlendirilmesinde, klorofil moleküllerinde ve enzim aktivitelerinde önemli bir yerinin olduğu belirtilmektedir (Iba, 2002).

Yapılan araştırmalar, değişik stres koşullarında prolin birikiminin türe özgü bir karakter taşıdığını hatta aynı türe ait varyeteler arasında bile farklılıklar olduğunu ve stres koşullarına bağlı olarak bitkilerde değişik miktarlarda prolin biriktiğini göstermiş olup, bu özellikten yararlanarak kültür bitkilerinin tuz stresine dayanıklı varyetelerin saptanmasının mümkün olabileceği belirtilmiştir. Kinetik çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre prolin birikimine 4 temel olayın neden olabileceği düşünülmektedir. 1. Glutamat'tan prolin sentezinin stimüle edilmesi. 2. Ornitin'in deaminasyonu. 3. Prolin oksidasyon hızının düşmesi. 4. Protein sentezinin engellenmesi ve buna bağlı olarak prolin'in proteinlere katılımının azalması. Prolin biyosentezinde rol oynayan enzimlerin ise glutamat kinaz ve glutamik semialdehit dehitrogenaz olduğu, ayrıca glutamik asitten prolin biyosentezinin prolin tarafından geri bildirim mekanizmasıyla inhibe edildiği rapor edilmiştir (Yürekli ve ark., 1996).

3. MATERYAL VE METOT

3.1.Materyal

3.1.1.Bitki Materyallerinin Temini:

Arpa çeşitleri (Hamidiye ve Tokak) Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden (Konya) temin edilmiştir.

- Hamidiye: Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil edilmiş yemlik özellikte, iki sıralı, kılçıklı, orta başak uzunluğuna sahip, beyaz daneli, yatmaya ortada yanıklı bir çeşittir. Alternatif gelişme tabiatlıdır. Kışa, kurağa dayanımı ve gübrelemeye reaksiyonu iyidir. Yapılan çalışmalar sonucu bora hassas bir çeşit olduğu Alkan (1998), Mahboobi *et al*. (2000) ve Karabal *et al*. (2003) tarafından tespit edilmiştir.

- Tokak:Taban ve yarı taban alanlara güzlük olarak ekilen bir çeşittir.Tane verimi ve maltlık kalitesi iyi, kışa ve kurağa az dayanıklı, iki sıralı, tane rengi açık saman sarısı, bitki boyu ortalama 90-100 cm., orta erkenci, kuru koşullarda verim 250-400 Kg/da dır. Yapılan çalışmalar sonucunda bora dayanıklı bir çeşit olduğu tespit edilmiştir.

- Eskişehir Kırka bölgesindeki bor yataklarından Çorak Çimi (*Puccinellia distans* (Jacq.) materyal olarak kullanılmıştır.



Resim 1. Eskişehir Kırka Bor Maden Yatağı



Resim 2. Eskişehir Kırka Bor Maden Yatağında Yetişen *Puccinellia distans* Bitkisi

3.2. Metot

3.2.1. Deneme Serilerinin Hazırlanması

Araştırma bitkileri iklim odasında kontrollü koşullarda gerekli ısı, nem, ışık ve ayrıca sterilizasyon kontrolleri yapılarak yetiştirilmiştir.

İklim odasında; araştırma bitkileri tohum çimlenmesi ve çimlenme sonrası genç fideciklerin büyüme ve gelişme süresince % 45-55 nem, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık fotoperyod, 21±1 ^{0}C sıcaklık ile 10000 Lüx/Gün ışık intensitesi olacak şekilde yetiştirildi.

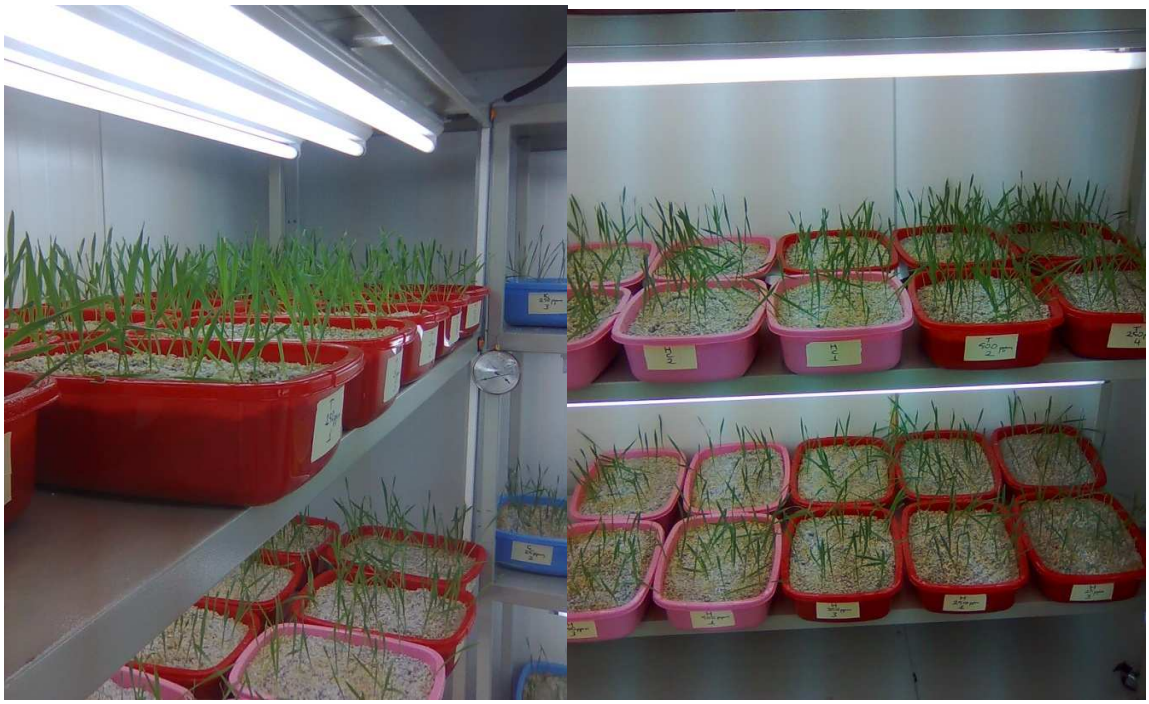
3.2.2. Tohum Ekimi

Tohumların ekimi için önce dikdörtgen şeklindeki saksılar (en 200 mm. X boy 180 mm X derinlik 120mm.) saf su ile yıkanıp, sterilize edildiler. Tohumlar sterilizasyon için %5'lik sodyum hipoklorid ile 10'ar dakika çalkalama suretiyle muamele edildikten sonra de-iyonize su (dI -H_2O) ile 3 kez yıkanarak sterilize edildiler. Daha sonra her üç grup için de (Hamidiye, Tokak, *Puccinellia distans* Parl.) ayrı ayrı 16'şar saksı kullanılmıştır. Saksılar saf su ile yıkandıktan sonra içlerine süper iri perlit(0,0-5 mm.) (Perlit; hafif steril ve nötr silis kürecikleri şeklinde olup, organik ve inorganik ortamlar arasında su tutma kapasitesi en yüksek olanıdır) çeşme suyu ve saf su ile yıkanarak her saksıya eşit miktarlarda konuldu her saksıya 8'er tohum ekildi (Resim 3.).



Resim 3. Tohum ekimi yapılmış saksılar.

Saksıya ekili tohumlarda çimlenme başlayıncaya kadar saf su ile sulama yapıldı. Tohumlar ilk çimlenme başlangıcından itibaren yarı güçteki (half strength) Hoagland çözeltisi ile iki günde bir ve eşit miktarda 100 cc. (1.5 mM $Ca(NO_3)_2$, 5 mM KNO_3, 1 mM $MgSO_4.7H_2O$, 1 mM $NH_4H_2PO_4$, 0.025 mM H_3BO_3, 0.005 mM $MnCl_2.4H_2O$, 0.05 mM CuSO4.5H_2O, 0.05 mM $ZnSO_4.7H_2O$, 0.05 mM MoO_3, 0.09 M $FeSO_4.7H_2O$ ve 0.14 M tartaric acid.) (Hoagland ve Arnon, 1950) içeren ½ Hoagland solüsyonuyla sulanarak büyütülmüşlerdir. Bitkilerin ilk üç yapraklı evresi denemenin ilk başlangıç günü, 0. gün, diğer değişle ilk kronik doz 25 mg kg^{-1} ve akut dozlar 250 ve 500 mg kg^{-1} bor içeren Half Hoagland çözeltisi ile sulamasının yapıldığı gün olarak kabul edilmiştir. Bor dozu uygulamaları sonrasındaki7. günde her üç grup için ilk örneklemeler ve 14 günde de ikinci örneklemeler yapılmıştır. Tüm serilerde sulama iki günde bir ve eşit miktarda Half Hoagland besin çözeltisi ile yapılmıştır. Kontrol grubu sadece Half Hoagland besin çözeltisi ile diğer seriler ise 25, 250 ve 500 mg kg^{-1} bor içeren Half Hoagland çözeltisi ile yapılmıştır. Bitkiler bor uygulamasının 7. ve 14. günlerinde hasat edilmiş ve örnekler analizlerde kullanılmak üzere -20 ^{0}C' de derin dondurucuda saklanmışlardır.



Resim 4. Kontrollü şartlarda yetiştirilen arpanın 7. günü.



Resim 5. Kontrollü şartlarda yetiştirilen arpanın 14. Günü(a)Hamidiye (b) Tokak.

3.2.3. Analiz yöntemleri:

Bor elementinin bitki türlerindeki fizyolojik etkileşimini belirlemek ve amaçta belirtilen hedeflere ulaşabilmek için bitkilerde aşağıda belirtilen çalışmalar yapılmıştır;

- Büyüme parametrelerinin ölçülmesi,
- Bağıl su içeriğinin belirlenmesi,
- Stoma iletkenliğinin ölçülmesi,
- Klorofil miktarının ölçümü,
- Fotosentetik verim (Klorofil flüresansı) ölçümü,
- Bitkilerde bor analizi,
- Prolin analizi

3.2.3.1. Büyüme parametreleri

Kontrol ve bor uygulanmış gruplardan; 7. ve 14. günlerinde bitki örnekleri alınarak kökleri ve gövdeleri birbirinden ayrılmıştır. Kök ve gövdenin ayrı ayrı uzunlukları ölçüldü. Kök ve gövde yaş ağırlıkları tartıldı. Örnekler 70 ^{0}C de 72 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.3.2. Bağıl su içeriği

Bor uygulamasının 7. ve 14. günlerinde her bir gruptaki bitkilerden en genç sürgünlerden sonra gelen lateral yaprakların uç kısımlarından seçilen 6 adet yaprak örneği alınarak (6 ayrı bitki örneğinden) yaş ağırlıkları tartılmıştır. Aynı örnekler normal su içeriklerini kaybetmeden dI-H_20 içinde petri kaplarında 6 saat bekletilerek turgor haline gelmeleri sağlanmıştır. Örneklerin turgor haldeki ağırlıkları tartılmış ve 70 ^{0}C' de 72 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları saptanmış 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

3.2.3.6. Bitkilerde bor analizi

Hasat sonrası kese kağıtları içerisinde laboratuvara getirilen bitkilerin vejetatif aksamı ve kök aksamı tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra sırasıyla bir kez saf su, 0.2 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 tartılarak 5 ml HNO_3 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 aktarılacak ve süzükte bor içerikleri ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian- Vista, axiel) cihazı ile Elementel Analiz Laboratuarlarında belirlenmiştir.

3.2.3.7. 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 hesaplama yapılmış ve µmol prolin g^{-1} taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırmada arpa çeşitleri Hamidiye ve Tokak ile Puccinellia bitkilerine toksik seviyede uygulanan borun bitkilerde meydana getirdiği değişimlerle ilgili incelenen özellikler aşağıdaki alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Büyüme Parametreleri Bulguları

Arpa çeşitleri Hamidiye ve Tokak ile *Puccinellia distans* bitkilerine toksik seviyede uygulanan borun bitkilerin yaş ve kuru ağırlık değerleri ile kök ve gövde uzunluğu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.1'de, denemelerden elde edilen ortalama yaş ve kuru ağırlık değerleri ile kök ve gövde uzunluğu değerleri Tablo 4.2'de bu değerlere ait grafikler Şekil 4.1'de verilmiştir.

4.1.1.Gövde yaş ağırlığı

Arpa fidelerine B uygulamasının 7. ve 14. gününde ölçülen gövde yaş ağırlıklarına ait ortalama değerler Tablo 4.2'de, varyans analiz sonuçları Tablo 4.1' de verilmiştir. Varyans analizine göre, gövde yaş ağırlığı bakımından kullanılan çeşitler ve uygulamalar arası farklılık uygulamanın 7. ve 14. gününde alınan örneklerde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çeşit x B dozu etkileşimi ise sadece 14. günde yapılan örneklemelerde önemli (% 1) çıkmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Arpa (Hamidiye ve Tokak) çeşitleri ile *Puccinella distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen gövde yaş ağırlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Karele Ortalaması				F değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		*Arpa*		*Puccinellia*	
	Arpa	***Pu.***	**7. Gün**	**14. Gün**	***30. Gün***	***60 Gün***	**7. Gün**	**14. Gün**	***30. Gün***	***60 Gün***
Çeşit	1		0.001	0.003			4.6066*	90.5541**		
B dozu	3	3	0.006	0.129	0.041	0.040	10.8795**	6.1007**	105.3834**	6.0319*
Çeşit*B dozu	3		0.003	0.009			5.5592**	0.000[öd]		
Hata	21	9	0.004	0.010	0.001	0.0076				
Genel	31	15	0.013	0.152						

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

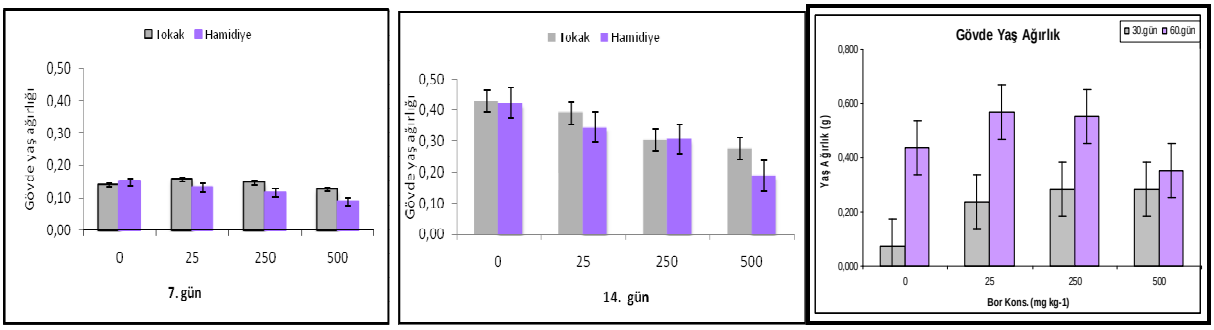
Tabloda görüldüğü gibi B dozunun artması ile gövde yaş ağırlıklarında hem 7. hem de 14. günde bir azalma meydana gelmiştir. Bor uygulamasıyla Tokak ve Hamidiye

çeşitlerinin gövde yaş ağırlıklarında kontrole göre meydana gelen değişimler sırasıyla 7. günde ve 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % 12, %-11; 250 mg kg^{-1} B'da % 5, %-21; 500 mg kg^{-1} B'da % -9, %-40 olurken; 14. günde 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % -9, % 18; 250 mg kg^{-1} B'da % -29, % -27; 500 mg kg^{-1} B'da % -36, %-55 olmuştur. Burada da görüldüğü gibi 14. gün de alınan örneklerde B uygulamalarının gövde yaş ağırlığı üzerine etkisi doğal olarak daha fazla olmuştur (Tablo 4.2, Şekil 4.1).

Tablo 4.2 Arpa (Hamidiye ve Tokak) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen gövde yaş ağırlık (g $bitki^{-1}$) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	**Arpa Çeşitleri**								**Puccinellia distans**			
	Tokak				**Hamidiye**							
	7. Gün		**14. Gün**		**7. Gün**		**14. Gün**		**30. Gün**		**60. Gün**	
	g $bitki^{-1}$	**%**	**g** $bitki^{-1}$	**%**	**g** $bitki^{-1}$	**%**	**g** $bitki^{-1}$	%	**g** $bitki^{-1}$	**%**	g bitki-1	**%**
Kontrol	0,139		0,428		0,148		0,422		0,073		0,439	
25	0,155	*-12*	0,391	***-9***	0,131	*-11*	0,345	*-18*	0,235	***223***	0,569	***30***
250	0,146	*-5*	0,305	*-29*	0,116	*-22*	0,307	*-27*	0,286	*292*	0,552	*26*
500	0,126	*-9*	0,276	***-36***	0,088	*-41*	0,189	*-55*	0,284	***289***	0,355	***-19***

Bitki gövde yaş ağırlıkları bakımından çeşitler arası farklılığa baktığımızda B uygulamalarının 7. gününde yapılan örneklemelerde Hamidiye çeşidi, Tokak çeşidine göre bordan olumsuz yönde daha fazla etkilenmiştir (Tablo 4.2, Şekil 4.1).



a b c

Şekil 4.1. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile Puccinellia distans bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında gövde yaş ağırlık (g) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün gövde yaş ağırlık (g) değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün gövde yaş ağırlık (g) değerleri, c: *Puccinellia distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün gövde yaş ağırlık değerleri.

Puccinellia distans (Jacq.) fidelerine B uygulamalarının 30. ve 60. gününde ölçülen gövde yaş ağırlıklarına ait ortalama değerler Tablo 4.2'de verilmiştir. Varyans

analizine göre, uygulamalar arası farklılık, gövde yaş ağırlığı bakımından uygulamanın 30. gününde alınan örneklerde % 1, ve 60. gününde alınan örneklerde % 5 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.1). Tabloda görüldüğü gibi B dozunun artması ile hem 30. hem de 60. günde gövde yaş ağırlıklarında artış meydana gelmiştir ve bu artış 500 mg kg^{-1} B uygulamasında ve 60. gün örneklemesinde azalma şeklinde olduğu belirlenmiştir. Gövde yaş ağırlığında meydana gelen bu artış ve azalmalar kontrole göre kıyaslandığında 30. günde ve 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % 222, 250 mg kg^{-1} B'da % 292, 500 mg kg^{-1} B'da % 289 olurken; 60. günde sırasıyla % 30, % 26 ve % -19 oranında olmuştur (Tablo 4.2). Burada da görüldüğü gibi 30. gün de alınan örneklerde B uygulaması ile *P. distans* (Jacq.) bitkisinin gövde yaş ağırlığı artış göstermiş ve bu artış 60. gün örneklemesine göre daha fazla oranda meydana gelmiştir. Burada dikkat çekici olan nokta olan *Puccinella distans* bitkisi 500 mg kg^{-1} B uygulamasın da dahi gövde yaş ağırlığında artış göstererek toksik seviyede bor uygulamasına tolerans göstermiştir. Bu durum arpa ile mukayese edildiğinde *P. distans* (Jacq.) bitkisinin toksik seviyede borlu koşullarda gelişme göstermeye devam ederken arpa çeşitlerinin araştırmada uygulanan bütün dozlarda azalmalar şeklinde olmuştur (Tablo 4.2, Şekil 4.1). Araştırmada kullanılan bitkilerden elde edilen değerlere göre *Puccinellia distans* bitkisinin bor'a olan toleransını ve önemini bir kat daha ortaya koymaktadır.

4.1.2. Gövde kuru ağırlığı

Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinde B uygulamalarının 7. ve 14. günde ölçülen ortalama gövde kuru ağırlıkları (g) Tablo 4.3'te, varyans analiz sonuçları ise Tablo 4.3' te verilmiştir. Varyans analizinde çeşit, B dozu ve çeşit x B dozu etkileşimi 7. ve 14. günde istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen gövde kuru ağırlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	*Puccinellia*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*
Çeşit	1		0.001	0.001			5.9793*	2.1252*		
B dozu	3	3	0.001	0.002	0.001	0.009	27.0552**	61.8766**	15.1028**	17.4648**
Çeşit*B dozu	3		0.001	0.001			3.6069*	2.5862**		
Hata	21	9	0.001	0.001	0.001	0.001				
Genel	31	15								

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

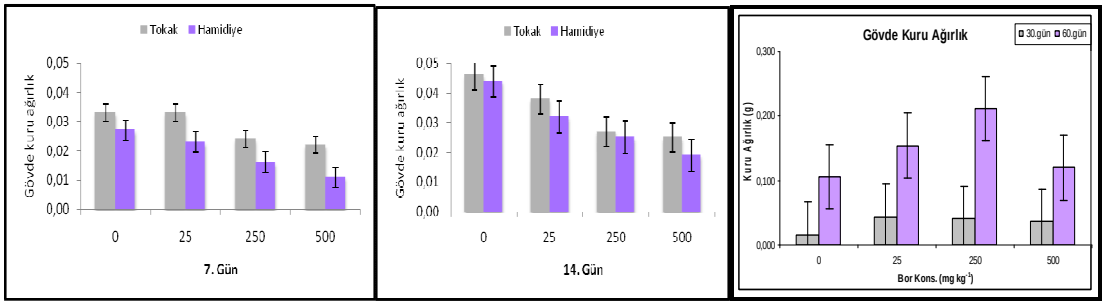
Bor uygulamalarının gövde kuru ağırlıkları etkisine bakıldığında B uygulaması ile gövde kuru ağırlıkları azalmış ve bu azalma en fazla en yüksek B dozu olan 500 mg kg^{-1} B uygulamasında maksimum düzeyde olmuştur (Tablo 4.4, Şekil 4.2). Kontrol uygulamasına göre çeşitler değerlendirilecek olursa en iyi gövde kuru ağırlığı 14. günde alınan örneklerden Tokak çeşidinde (0.046 g $bitki^{-1}$) ve kontrol uygulamasından elde edilirken en düşük gövde kuru ağırlığı 7. günde alınan örneklerden Hamidiye (0.011 g $bitki^{-1}$) çeşidinde ve 500 mg kg^{-1} B uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4.4, Şekil 4.2).

Tablo 4.4. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinella distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen gövde kuru ağırlık (g) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	Arpa Çeşitleri								Puccinellia distans			
	Tokak				Hamidiye							
	7. Gün		14. Gün		7. Gün		14. Gün		30. Gün		60. Gün	
	g $bitki^{-1}$	%	g $bitki^{-1}$	%	g $bitki^{-1}$	%	g $bitki^{-1}$	%	g $bitki^{-1}$	%	g $bitki^{-1}$	%
Kontrol	0,033		0,046		0,027		0,044		0,016		0,106	
25	0,033	*0*	0,038	*-17*	0,023	*-15*	0,032	*-27*	0,044	*175*	0,154	*45*
250	0,024	*-27*	0,027	*-41*	0,016	*-41*	0,025	*-43*	0,04	*150*	0,212	*100*
500	0,022	*-33*	0,025	*-46*	0,011	*-59*	0,019	*-57*	0,037	*131*	0,12	*13*

Tabloda görüldüğü gibi B dozunun artması ile gövde kuru ağırlıklarında hem 7. hem de 14. günde azalma meydana gelmiştir Tokak ve Hamidiye çeşitlerinin gövde kuru ağırlıklarında bor uygulamasıyla kontrole göre meydana gelen değişimler sırasıyla 7. günde ve 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % 0, % -15, 250 mg kg^{-1} B'da % -27, % -41, 500

mg kg^{-1} B'da % -33, % -59 olurken; her iki çeşitte 14. günde 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % -17, % -27, 250 mg kg^{-1} B'da % -41, % -43, 500 mg kg^{-1} B'da % -46, % -57 oranlarında olmuştur (Tablo 4.4). Burada da görüldüğü gibi 14. gün de alınan örneklerde B uygulamalarının gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi doğal olarak daha fazla olmuştur. Araştırmada kullanılan arpa çeşitlerini kuru ağırlık değerleri ile mukayese ettiğimizde kullanılan her iki çeşitte bor uygulamasına bağlı olarak birbirine yakın oranlarda azalmalar gösterdikleri ancak Tokak çeşidinin kuru ağırlık değerlerinin uygulanan bütün dozlarda Hamidiye çeşidinden daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.4, Şekil 4.2).



a b c

Şekil 4.2. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinella distans* bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında gövde kuru ağırlık (g) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün gövde kuru ağırlık (g) değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün gövde kuru ağırlık (g) değerleri, c: *Puccinella distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün gövde kuru ağırlık değerleri.

Bor uygulamalarının *Puccinellia distans*'ın 30 ve 60 günlük fidelerinde gövde kuru ağırlıklarına etkileri araştırılmış, gövde kuru ağırlıklarına ait ortalama değerler Tablo 4.4 de verilmiştir. Farklı bor dozlarının gövde kuru ağırlığı üzerine olan etkileri istatistiki olarak 30. ve 60. gün örneklemelerinde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.3). Bor dozlarının kuru ağırlığa etkisi bakımından en yüksek gövde ağırlığı 250 mg kg^{-1} dozunda ve 60. gün örneklemesinde (0.212 g), en düşük gövde ağırlığı ise kontrol uygulamalarından elde edilmiştir (Tablo 4.4, Şekil 4.2). Gövde kuru ağırlığında meydana gelen bu artış ve azalmalar kontrole göre kıyaslandığında değişim 30. günde ve 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % 175, 250 mg kg^{-1} B'da % 150, 500 mg kg^{-1} B'da % 131 olurken; 60. günde sırasıyla % 45, % 100 ve % 13 oranında olmuştur. Burada görüldüğü gibi kontrol uygulamasına göre *P. distans*'ın gövde kuru ağırlığı her iki örnekleme zamanında da artış göstermiş ve bu artış 500 mg kg^{-1} B uygulamasında diğer dozlara göre düşüşle sonuçlanmıştır. Arpa çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkisini mukayese ettiğimizde

gövde kuru ağırlığı değerleri *Puccinellia distansta* gövde yaş ağırlığı değerlerinde olduğu gibi kontrole göre artış gösterirken arpa çeşitlerinde azalma şeklinde olduğu belirlenmiştir.

4.1.3.Kök yaş ağırlığı

Arpa fidelerinde B uygulamalarının 7. ve 14. gününde ölçülen kök yaş ağırlıklarına ait ortalama değerler Tablo 4.6'da, varyans analiz sonuçları ise Tablo 4.5'te verilmiştir. Yapılan varyans analizinde, 7. gün örneklemesinde kullanılan çeşitler ve uygulamalar arası farklılık %1 gün örneklemesinde ise çeşit %5, bor dozu ve çeşit x bor dozu etkileşimi % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen kök yaş ağırlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	*Puc*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*
Çeşit	1		0.004	0.056			137.7566**	594.8973**		
B dozu	3	3	0.000	0.004	0.007	0.003	13.6360**	41.8161**	16.8263**	10.3083**
Çeşit*B dozu	3		0.001	0.006			27.5479**	60.9105**		
Hata	21	9	0.000	0.000	0.001	0.001				
Genel	31	15								

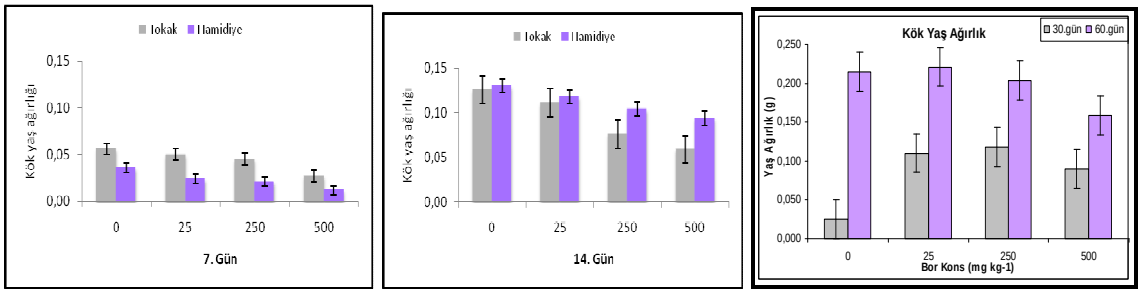
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir

Nitekim Tablo 4.6'dan görüldüğü gibi kök yaş ağırlıkları 7. günde Hamidiye çeşidi ortalama olarak Tokak çeşidinden daha iyi bir gelişim göstermesine karşın 14. günde bütün bor dozlarında ve ortalama olarak Tokak çeşidinde Hamidiye çeşidine göre daha yüksek olmuştur. Arpa çeşitlerinin kök yaş ağılıkları en yüksek kontrol uygulamasında olup uygulanan bor dozlarına paralel olarak azalmıştır. (Tablo 4.6, Şekil 4.3).

Tablo 4.6. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile Puccinella distans bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen kök yaş ağırlık (g) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	**Arpa Çeşitleri**								**Puccinellia distans**			
	Tokak				**Hamidiye**							
	7. Gün		**14. Gün**		**7. Gün**		**14. Gün**		**30. Gün**		**60. Gün**	
	g bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**
Kontrol	0,056		0,126		0,036		0,13		0,025		0,215	
25	0,05	*-11*	0,111	*-12*	0,024	*-33*	0,118	*-9*	0,11	*340*	0,221	*3*
250	0,045	*-20*	0,076	*-40*	0,021	*-42*	0,104	*-20*	0,118	*372*	0,204	*-5*
500	0,027	*-52*	0,059	*-53*	0,012	*-67*	0,094	*-28*	0,09	*260*	0,159	*-26*

Yapılan 14. gün örneklemesindeki bor dozu x çeşit etkileşimi incelendiğinde ise en iyi kök yaş ağırlığı Hamidiye çeşidinden (0.130 g bitki^{-1}) ve kontrol uygulamasından elde edilirken en düşük kök yaş ağırlığı 500 mg kg^{-1} B uygulamasından ve Tokak çeşidinden (0.059 g) elde edilmiştir (Tablo 4.6, Şekil 4.3).



a b c

Şekil 4.3. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile Puccinella distans bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında kök yaş ağırlık (g) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün kök yaş ağırlık (g) değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün kök yaş ağırlık (g) değerleri, c: *Puccinellia distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün kök yaş ağırlık değerleri.

P. distans (Jacq.) fidelerine B uygulamalarının 30. ve 60. gününde ölçülen kök yaş ağırlıklarına ait ortalama değerler Tablo 4.6'da verilmiştir. Yapılan varyans analizinde B uygulamaları arasındaki farklılık, kök yaş ağırlığı bakımından uygulamanın 30. ve 60. gününde alınan örneklerde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.5). Tabloda görüldüğü gibi bor dozunun artması ile hem 30. hem de 60. günde kök yaş ağırlıklarında belli bir noktaya kadar artış meydana gelmiştir ve bu artış 250 mg kg^{-1} B uygulamasında ve 60. gün örneklemesinde azalma şeklinde olduğu belirlenmiştir. Kök yaş ağırlığında meydana gelen bu artış ve azalmalar kontrol kıyaslandığında 30. günde ve

25 mg kg^{-1} B uygulamasında % 340, 250 mg kg^{-1} B'da % 372, 500 mg kg^{-1} B'da % 260 olurken; 60. günde sırasıyla % 3, % 5 ve % 26 oranında olmuştur (Tablo 4.6, Şekil 4.3). Burada da görüldüğü gibi 30. gün de alınan örneklerde B uygulaması ile *Puccinellia distans* bitkisinin kök yaş ağırlıkları kontrole göre belirgin bir artış göstermiş fakat bu artış 60. gün örneklemelerinde düşüş şeklinde meydana gelmiştir. *P. distans* (Jacq.)'ın kök yaş ağırlıkları artan bor uygulamasından arpa çeşitleri gibi olumsuz yönde etkilenmemiştir. Bunun yanında *P. distans* (Jacq.)'ın 60. gündeki kök yaş ağırlığı, bor toksisitesi nedeniyle arpaların ölümünün başladığı 14 gündeki buğday çeşitleri ortalama kök yaş ağırlığından yaklaşık %46 daha fazla olmuştur (Tablo 4.6).

4.1.4.Kök kuru ağırlığı

Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinde B uygulamalarının 7. ve 14. günde ölçülen ortalama kök kuru ağırlıkları (g) Tablo 4.8'de, varyans analiz sonuçları ise Tablo 4.7' de verilmiştir. Varyans analizinde çeşit, B dozu 7. ve 14. günde istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çeşit x B dozu etkileşimi ise sadece 14. günde istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen kök kuru ağırlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	*Puccinellia*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*
Çeşit	1		0.001	0.001			11.9018**	42.1228**		
B dozu	3	3	0.001	0.001	0.001	0.001	114.4509**	23.4094**	12.807	10.7473**
Çeşit*B dozu	3		0.001	0.001			0.8992^{öd}	2.4035*		
Hata	21	9	0.001	0.001	0.001	0.001				
Genel	31	15								

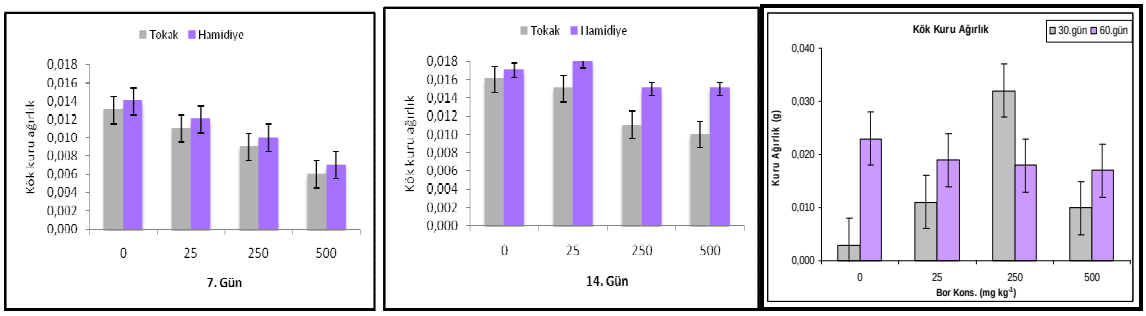
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir

Bor uygulamalarının kök kuru ağırlıklarına etkisine bakıldığında B uygulaması ile kök kuru ağırlıkları azalmış ve bu azalma en fazla en yüksek bor dozu olan 500 mg kg^{-1} B uygulamasında maksimum düzeyde olmuştur. (Tablo 4.8 Şekil 4.4).

Tablo 4.8. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen kök kuru ağırlık (g) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	**Arpa Çeşitleri**											
	Tokak				**Hamidiye**				***Puccinellia distans***			
	7. Gün		**14. Gün**		**7. Gün**		**14. Gün**		**30, Gün**		**60. Gün**	
	g bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**	**g** bitki^{-1}	**%**
Kontrol	0,013		0,016		0,014		0,017		0,003		0,023	
25	0,011	*-15*	0,015	*-6*	0,012	*-14*	0,018	*6*	0,011	*267*	0,019	*-17*
250	0,009	*-31*	0,011	*-31*	0,01	*-29*	0,015	*-12*	0,032	*967*	0,018	*-22*
500	0,006	*-54*	0,01	*-38*	0,007	*-50*	0,015	*-12*	0,01	*233*	0,017	*-26*

Kök kuru ağırlıkları hem 7. hem de 14. günde bütün bor dozlarında ve ortalama olarak Hamidiye çeşidinde Tokak çeşidine göre daha yüksek olmuştur. Tokak ve Hamidiye çeşitlerinin kök kuru ağılıkları en yüksek kontrol (0 mg B kg^{-1}) uygulamasında olup uygulanan bor dozlarına paralel olarak azalmıştır. Kök kuru ağırlıklarında bor uygulamasıyla meydana gelen azalma Tokak çeşidinde 14. günde (ort. %25) 7. güne (ort. % 33) göre daha yüksek olurken, Hamidiye çeşidinde de aynı değişim olmuştur (Tablo 4.8, Şekil 4.4).



a b c

Şekil 4.4. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinella distans* bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında kök kuru ağırlık (g) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: Makarnalık buğday (Kızıltan-91 ve Çakmak-79) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün kök kuru ağırlık (g) değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün kök kuru ağırlık (g) değerleri, c: *Puccinella distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün kök kuru ağırlık değerleri.

Bor uygulamaları sonucunda 30 ve 60 günlük *Puccinellia distans* fidelerinden elde edilen kök kuru ağırlıklarına ait değerler Tablo 4.8'de verilmiştir. Elde edilen verilere göre varyans analizi yapılmış ve yapılan varyans analiz sonucunda B uygulamasının kök kuru ağırlığı üzerine etkisi sadece 60. gün örneklemesinde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.7).

Bor dozlarının kuru ağırlığa etkisi bakımından en yüksek kök ağırlığı 30. gün örneklemesinde 250 mg kg^{-1} dozunda (0.032 g $bitki^{-1}$) meydana gelirken, 60. gün örneklemesinde kontrol (0.023 g $bitki^{-1}$) uygulamasında meydana gelmiştir (Tablo 1.8). En düşük kök kuru ağırlığı ise 30. gün örneklemesinde kontrol uygulamasından (0.003 g $bitki^{-1}$) elde edilirken, 60. gün örneklemesinde 500 mg kg^{-1} B uygulamasından (0.017 g $bitki^{-1}$) elde edilmiştir. Kök kuru ağırlığında meydana gelen bu değişimler kontrole göre kıyaslandığında 30. günde ve 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % 267, 250 mg kg^{-1} B'da % 967, 500 mg kg^{-1} B'da % 233 olurken; 60. günde sırasıyla % -17, % -21 ve % -26 oranında olmuştur (Tablo 4.8, Şekil 4.4). Burada görüldüğü gibi kontrol uygulamasına göre *P. distans* (Jacq.)'ın kök kuru ağırlığı 30. gün örneklemesinde artış gösterirken 60. gün örneklemesinde azalma göstermiştir. *P. distans* (Jacq.)'ın hem 30. hem de 60. gün kök kuru ağırlıkları arpa çeşitlerinin kök kuru ağırlıklarından daha yüksek olmuştur (Tablo 4.8, Şekil 4.4).

4.1.5.Gövde Boyu

Farklı B dozlarına bağlı olarak arpa fidelerine ait ortalama gövde uzunlukları Tablo 4.10'da, varyans analiz sonuçları ise Tablo 4.9'da verilmiştir. Varyans analizine göre gövde uzunluğu bakımından çeşitler arası farklılık 7. günde %5 seviyesinde önemli ve 14. gün örneklemesinde ise istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bor uygulamaları arası farklılık her iki zamanda yapılan örneklemelerde % 1 seviyesinde önemli bulunurken, çeşit x B dozu etkileşimleri ise önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen gövde boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	*Puc*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*
Çeşit	1		11.281	11.281			12.2077**	7.6038*		
B dozu	3	3	30.698	96.115	21.750	22.396	33.2190**	64.7834**	21.1622**	12.1698**
Çeşit*B dozu	3		3.781	1.865			4.0918*	1.2568$^{0.d}$		
Hata	21	9	0.924	1.484	1.028	1.840				
Genel	31	15								

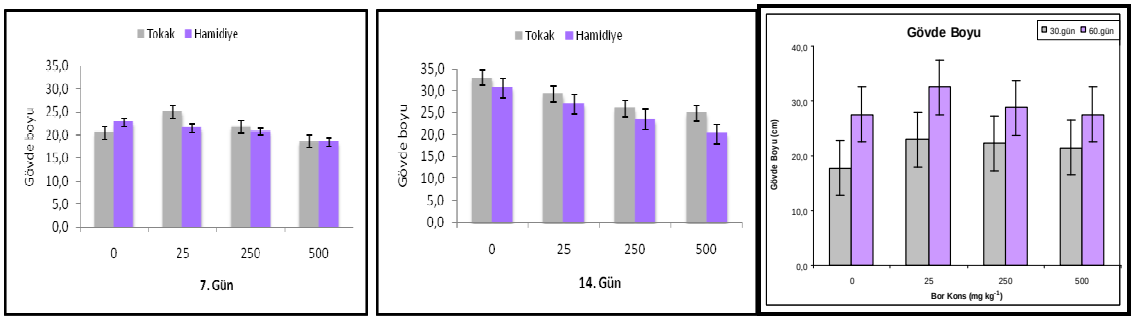
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir

Bor uygulamalarının gövde uzunlukları üzerine etkisine bakıldığında B dozunun artırılması ile fide gövde uzunlukları azalmış ve bu azalma her iki örnekleme zamanında her iki arpa çeşidinde birbirine yakın oranlarda olmuştur. (Tablo 4.10, Şekil 4.5,).

Tablo 4.10. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen gövde boyu (cm) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	**Arpa Çeşitleri**								**Puccinellia distans**			
	Tokak				**Hamidiye**							
	7. Gün		**14. Gün**		**7. Gün**		**14. Gün**		**30. Gün**		**60. Gün**	
	cm	**%**	**cm**	**%**	**cm**	**%**	**cm**	**%**	**cm**	**%**	**Cm**	**%**
Kontrol	20,5		33		22,8		30,8		17,75		27,5	
25	25	*22*	29,3	*-11*	21,5	*-6*	27	*-12*	22,25	*25*	28,75	*5*
250	21,8	*6*	26	*-21*	20,8	*-9*	23,5	*-24*	23	*30*	32,5	*18*
500	18,5	*-10*	25	*-24*	18,5	*-19*	20,3	*-34*	21,5	*21*	27,5	*0*

Çeşitler kendi arasında mukayese edildiğinde Hamidiye çeşidinin toksik seviyede bor uygulamasından bitki gelişiminin ilk dönemlerinde Tokak çeşidine göre daha fazla oranlarda etkilendiği, çeşitlerin bor toksisitesine maruz kalma sürelerinin uzamasına bağlı olarak da her iki çeşidinde etkilenme derecelerinin arttığı belirlenmiştir (Tablo 4.10, Şekil 4.5).



a b c

Şekil 4.5. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distan*s bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında gövde boyu (cm) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün gövde boyu (cm) değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün gövde boyu (cm) değerleri, c: *Puccinellia distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün gövde boyu (cm) değerleri.

P. distans (Jacq.) fidelerine B uygulamalarının 30. ve 60. gününde ölçülen gövde uzunluklarına ait ortalama değerler Tablo 4.10'da verilmiştir. Yapılan varyans analizinde, B uygulamaları arasındaki farklılık 30. ve 60. günde alınan örneklerde istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.9). Tabloda görüldüğü gibi B dozunun

artması ile hem 30. hem de 60. günde gövde uzunluklarında belli bir seviyede artış meydana gelmiştir ve bu artış 250 mg kg^{-1} B uygulamasında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Gövde uzunluğunda meydana gelen bu değişimler kontrole göre kıyaslandığında 30. günde ve 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % 25, 250 mg kg^{-1} B'da % 30, 500 mg kg^{-1} B'da % 21 olurken; 60. günde sırasıyla % 5, % 18 ve % 0 oranında olmuştur (Tablo 4.10, Şekil 4.5, Resim 5). Burada dikkat çekici olan nokta Puccinellia bitkisinin 500 mg kg^{-1} B uygulamasın da dahi kontrolle aynı gövde uzunluğuna sahip olmasıdır. Buda bu bitkinin direnç noktasını göstermektedir. Arpa çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkisini mukayese ettiğimizde Resim 5 ve Resim 6' da görüldüğü gibi bor dozlarındaki artışa bağlı olarak her iki makarnalık çeşitte de bitki boylarında azalma meydana gelirken Puccinellia bitkisinde uygulamaya bağlı olarak bitki boylarının arttığı belirlenmiştir.

4.1.6.Kök Boyu

Farklı B dozlarına bağlı olarak arpa fidelerine ait ortalama kök uzunlukları Tablo 4.12'de, varyans analiz sonuçları ise Tablo 4.11'de verilmiştir. Yapılan varyans analizinde çeşitler arası farklılık 7. ve 14. günde yapılan örneklemelerde istatistiksel olarak önemsiz bulunurken B uygulamaları arası farklılık her iki zamanda yapılan örneklemelerde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çeşit x B dozu etkileşimleri ise sadece 14. gün örneklemelerinde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. . Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen kök boyu değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	*Puccinellia*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*
Çeşit	1		0.0312	13.781			0.0280^{öd}	29.9709**		
B dozu	3	*3*	26.344	17.115	*0.500*	*0.500*	7.8785**	37.2201**	*0.6429*	*0.5625*
Çeşit*B dozu	3		6.094	6.281			1.8224*	13.6602**		
Hata	21	*9*	23.406	0.460	*0.778*	*0.889*				
Genel	31	*15*								

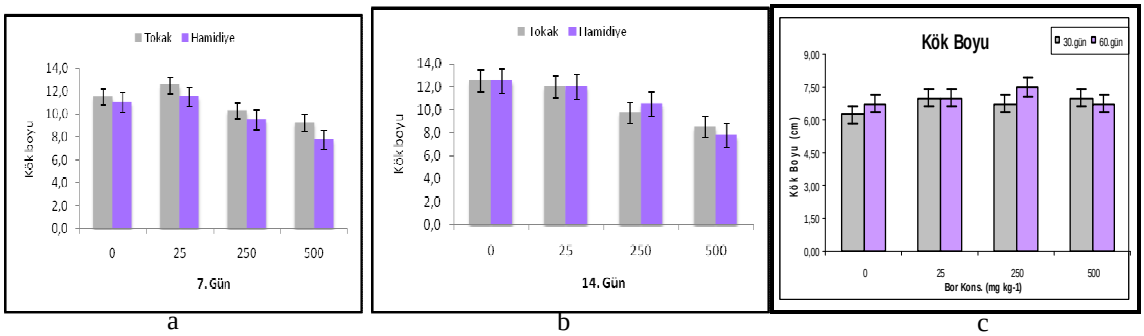
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir

Bor uygulamalarının kök uzunlukları üzerine etkisine bakıldığında B dozunun artırılması ile fide kök uzunlukları azalmış ve bu azalma her iki örnekleme zamanında da en fazla 500 mg kg^{-1} B uygulamasından elde edilmiştir. Bu azalmalar 7. gün örneklemesinde Tokak çeşidinde ortalama %-7 oranında olurken. Kök boyu uzunluğundaki azalma 14. günde ise Tokak çeşidinde (ort. %-22) daha da azalırken

Hamidiye çeşidinde (ort. %-19) olmuştur. Bu sonuçlara göre Hamidiye çeşidinin bor toksisitesinden ilk gelişme evresinde Tokak çeşidine göre daha fazla etkilendiğini göstermektedir (Tablo 4.12, Şekil 4.6).

Tablo 4.12. . Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen kök boyu (cm) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	**Arpa Çeşitleri**								**Puccinellia distans**			
	Tokak				**Hamidiye**							
	7. Gün		**14. Gün**		**7. Gün**		**14. Gün**		**30. Gün**		**60. Gün**	
	cm	**%**	**cm**	**%**	**Cm**	**%**	**cm**	**%**	**cm**	**%**	**Cm**	**%**
Kontrol	11,5		12,5		11		12,5		6,25		6,75	
25	12,5	*9*	12	*-4*	11,5	*5*	12	*-4*	7	*12*	7	*4*
250	10,25	*-11*	9,8	*-22*	9,5	*-14*	10,5	*-16*	6,75	*8*	7,5	*11*
500	9,25	*-20*	8,5	*-32*	7,8	*-30*	7,8	*-38*	7	*12*	6,75	*0*



a b c

Şekil 4.6. . Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında kök boyu (cm) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: . Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün kök boyu (cm) değerleri, b: . Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün kök boyu (cm) değerleri, c: *Puccinellia distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün kök boyu (cm) değerleri.

P. distans (Jacq.) fidelerine B uygulamalarının 30. ve 60. gününde ölçülen kök uzunluklarına ait ortalama değerler Tablo 4.12'de verilmiştir. Varyans analizinde, B uygulamaları arasındaki farklılık 30. ve 60. günde alınan örneklerde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.11). Tabloda görüldüğü gibi B dozunun artması ile hem 30. hem de 60. günde kök uzunluklarında belli bir seviyede artış meydana gelmiştir ve bu artış 25 mg kg^{-1} B uygulamasında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Kök uzunluklarında meydana gelen bu değişimler kontrole göre kıyaslandığında 30. günde ve 25 mg kg^{-1} B uygulamasında % 12 mg kg^{-1} B'da % 8, 500 mg kg^{-1} B'da % 12 olurken; 60. günde sırasıyla % 3, % 11 ve % 0 oranında olmuştur (Tablo 4.12, Şekil 4.6). Burada dikkat

çekici olan nokta Puccinellia bitkisinin 60. günde ve 500 mg kg^{-1} B uygulamasın da dahi kontrolle aynı kök uzunluğuna sahip olmasıdır.

4.1.7.Bağıl su içeriği

Farklı dozlarda B uygulamasıyla Tokak ve Hamidiye çeşitlerinde 7. ve 14. günde ölçülen ortalama bağıl su içeriği (%) değerleri Tablo 4.14'te, varyans analiz sonuçları ise Tablo 4.13'te verilmiştir. Varyans analizine göre söz konusu buğday çeşitlerinin 7. ve 14. gündeki bağıl su içeriği çeşit, B dozuna bağlı olarak değişimi istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çeşit x B dozu etkileşimi ise sadece 14. günde istatistiksel olarak % 5 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen bağıl su içeriği değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	*Puc*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60. Gün*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*
Çeşit	1		91.937	113.214			27.7345**	6.7814**		
B dozu	3	3	30.983	13.408	77.752	53.239	9.3465**	$0.8031^{öd}$	9.3496**	22.949
Çeşit*B dozu	3		48.485	11.617			14.6263**	$0.6959^{öd}$		
Hata	21	9	3.315	16.695	8.316	23.199				
Genel	31	15								

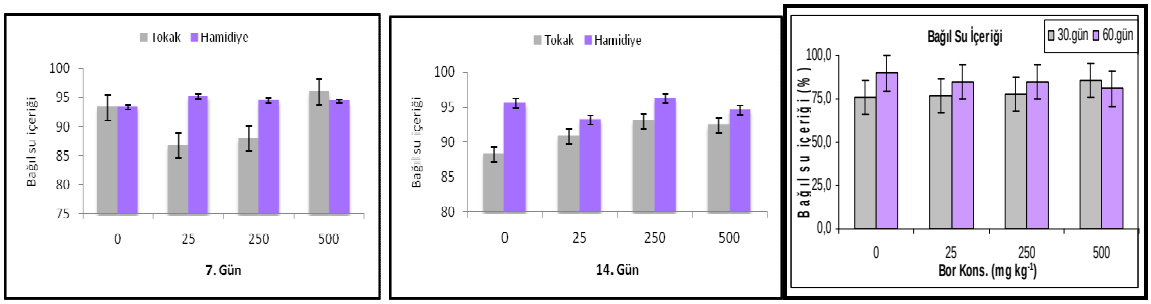
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir

Artan dozlarda B uygulaması ile Tokak ve Hamidiye çeşidi buğdayların yaprak bağıl su içeriği azalmış ve bu azalma en fazla en yüksek B dozu olan 500 mg kg^{-1} B uygulamasında maksimum düzeyde olmuştur (Tablo 4.14, Şekil 4.7).

Tablo 4.14. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinella distan*s bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen bağıl su içeriği (%) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	Arpa Çeşitleri								Puccinellia distans			
	Tokak				Hamidiye							
	7. Gün		14. Gün		7. Gün		14. Gün		30. Gün		60. Gün	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Kontrol	93,27		88,25		93,34		95,55		75,97		89,8	
25	86,69	*-7*	90,85	*-7*	95,17	*2*	93,16	*-3*	76,93	*1*	84,848	*-6*
250	87,88	*-6*	92,95	*-6*	94,52	*1*	96,25	*1*	77,905	*3*	84,83	*-6*
500	95,94	*3*	92,44	*3*	94,31	*1*	94,58	*-1*	85,61	*13*	80,892	*-10*

Kontrol uygulamasına göre çeşitler değerlendirilecek olursa en iyi bağıl su içeriği 7. günde alınan örneklerden Tokak çeşidinde (%96) elde edilmiştir (Tablo 4.14).



a b c

Şekil 4.7. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında bağıl su içeriği (%) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün bağıl su içeriği (%) değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün bağıl su içeriği (%) değerleri, c: *Puccinellia distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün bağıl su içeriği (%) değerleri.

P. distans bitkisinde B uygulamalarının 30. ve 60. gününde ölçülen bağıl su içerikleri Tablo 4.14'te verilmiştir. Varyans analizine göre, B uygulamaları arasındaki farklılık 30. günde % 1 seviyesinde önemli bulunurken 60. günde alınan örneklerde istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.13). Bor uygulamalarının 30. günündeki yaprak bağıl su içeriği etkisine bakıldığında B uygulaması ile bağıl su içeriği değerleri artmış ve artış 500 mg kg^{-1} B uygulamasında maksimum düzeyde olmuştur (Tablo 4.14, Şekil 4.7).

4.2.Bor Konsantrasyonu Bulguları

Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerine toksik seviyede uygulanan borun bitkilerin gövde ve kök bor konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 4.15 ve 4.17' de, denemelerden elde edilen ortalama gövde ve kök bor konsantrasyonu değerleri Tablo 4.16 ve 4.18' de bu değerlere ait grafikler Şekil 4.8 ve 4.9' da verilmiştir.

4.2.1. Gövde bor konsantrasyonu

Fidelerin gövde bor konsantrasyonuna ait ortalama değerler Tablo 4.16'da, varyans analiz sonuçları ise Tablo 4.15'te verilmiştir. Çeşit, B dozu, ve çeşit x B dozu interaksiyonu yapılan varyans analizi sonucunda 7. gün örneklerinde % 1 seviyesinde önemli bulunurken, 14. gün örneklerinde B dozu ve çeşit x B dozu interaksiyonu % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen gövde bor konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	*Puc*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*	7. Gün	14. Gün	*30. Gün*	*60 Gün*
Çeşit	1		46911371				17.8632**	18.5269**		
B dozu	3	3	2619265.31	199797442		67025.959	997.3784**	1101.5859**	1332.6284**	306.6774**
Çeşit*B dozu	3		20571104				7.8332**	13.3946**		
Hata	21	9	2626150		149927	2185537				
Genel	31	15								

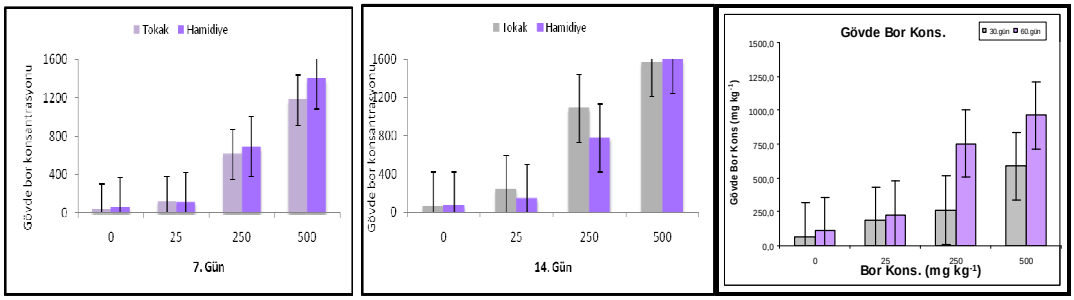
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir

Araştırmada arpa çeşitlerinin bor konsantrasyonlarının bor dozundaki artışa bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4.16, Şekil 4.8). Çeşitler değerlendirildiğinde 7. gün yapılan örneklemelerde Hamidiye çeşidinin bor konsantrasyonu değerlerinin Tokak çeşidine göre daha fazla olduğu, 14. gün örneklemesinde ise en yüksek bor konsantrasyonu değerlerinin Tokak çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Burada çeşitler arasında bor konsantrasyonu değerleri arasındaki farklılıklar bitki gelişimi ile paralellik göstermekte ve daha önce elde edilen yaş ve kuru ağırlık değerleri de göz önünde bulundurulduğunda Tokak çeşidinin 14. gün yapılan örneklemelerde bor konsantrasyonu değerlerinin yüksek çıkması bitki gelişiminde meydana gelen gerileme ile ağırlık azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu değerlendirmelere göre çeşitler kendi arasında mukayese edildiğinde Tokak çeşidinin bor konsantrasyonu değerlerinin Hamidiye çeşidine göre daha yüksek değerlerde olduğunu söyleyebiliriz.

Çeşit x B dozu interaksiyonu incelendiğinde gövde B konsantrasyonu değerleri 42.74 ile 2646.63 mg kg^{-1} arasında değişim göstermiştir ve en düşük B konsantrasyonu tüm çeşitlerde kontrol dozunda elde edilirken, en yüksek bor konsantrasyonu 500 mg kg^{-1} dozundan elde edilmiştir (Tablo 4.16, Şekil 4.8).

Tablo 4.16. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen gövde bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	Arpa Çeşitleri								Puccinellia distans			
	Tokak				Hamidiye							
	7. Gün		14. Gün		7. Gün		14. Gün		30. Gün			
	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Kontrol	42,74		63,06		59,67		67,24		66,753		109,519	
25	120,12	*181*	236,71	*275*	113,76	*91*	144,03	*114*	185,08	*177*	229,68	*110*
250	611,62	*1331*	1086,09	*1622*	687,89	*1053*	776,21	*1054*	263,552	*295*	754,117	*589*
500	1173,99	*2647*	1562,05	*2377*	1393,46	*2235*	1595,11	*2272*	588,477	*782*	961,875	*778*



a b c

Şekil 4.8. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında gövde bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün gövde bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün gövde bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerleri, c: *Puccinellia distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün gövde bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerleri.

Puccinellia distans (Jacq.) Parl'ın 30 ve 60 günlük fidelerinin gövde bor konsantrasyonu değerleri Tablo 4.16'da verilmiştir. Bor dozlarına göre bitki bor konsantrasyonu değerleri incelendiğinde dozlar % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.15). Bor dozu arttıkça bitki bor konsantrasyonu değerleri artış göstermiş ve 500 mg kg^{-1} B dozunda 60. gün örneklemesinde (961.88 mg kg^{-1}) bor konsantrasyonu en yüksek değere ulaşmıştır (Tablo 4.16, Şekil 4.8).

4.2.2.Kök bor konsantrasyonu

Fidelerin kök bor konsantrasyonuna ait ortalama değerler Tablo 4.18'de, varyans analiz sonuçları ise Tablo 4.17'de verilmiştir. Çeşit, B dozu, ve çeşit x B dozu interaksiyonu yapılan varyans analizi sonucunda 7. ve 14. gün örneklemelerinde % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen kök bor konsantrasyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	***Puc***	**7. Gün**	**14. Gün**	***30. Gün***	***60 Gün***	**7. Gün**	**14. Gün**	***30. Gün***	***60 Gün***
Çeşit	1		2223111	153172821			5.0328*	225.7100**		
B dozu	3	3	486826459	513661522	251315949	355976731	367.3665**	756.9133**	2109.7989**	1536.2281**
Çeşit*B dozu	3		3.612185	44855540			26.1189**	66.0975**		
Hata	21	9	9276255	678627	119118	2.721				
Genel	31	15								

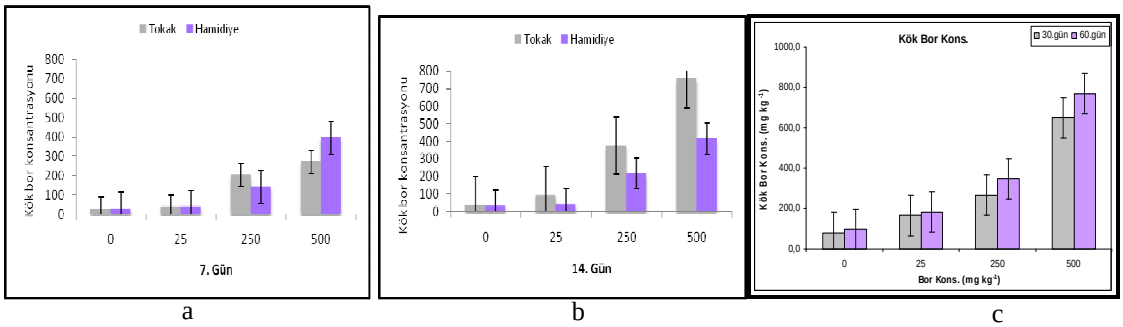
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir

Bor dozu arttıkça köklerde B konsantrasyonu da artmış, 500 mg kg^{-1} dozunda ve 14. gün örneklerinde B konsantrasyonu en yüksek seviyeye ulaşmıştır (Tablo 4.18). Hem 7. gün hem de 14. gün örneklemelerinde kök B konsantrasyonu değerleri Hamidiye çeşidinde Tokak çeşidine göre daha yüksek değerlerde olduğu belirlenmiştir. (Tablo 4.18, Şekil 4.9).

Tablo 4.18. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen kök bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerleri.

Bor Dozu (mg kg^{-1})	Arpa Çeşitleri								Puccinellia distans			
	Tokak				Hamidiye							
	7. Gün		14. Gün		7. Gün		14. Gün		30. Gün		60. Gün	
	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%	mg kg^{-1}	%
Kontrol	27,08		37,98		29,96		33,54		80,853		96,455	
25	39,22	*45*	92,3	*143*	39,32	*31*	42,19	*26*	166,725	*106*	183,542	*90*
250	200,59	*641*	375,96	*890*	141,94	*374*	218,35	*551*	265,265	*228*	346,855	*260*
500	272,06	*904*	754,08	*1885*	394,41	*1216*	412,76	*1131*	649,078	*703*	768,312	*697*

Puccinellia distans (Jacq.) Parl'ın 30 ve 60 günlük fidelerinin kök B konsantrasyonları Tablo 4.18'de verilmiştir. Bor dozlarına göre kök bor konsantrasyonu değerleri incelendiğinde bor dozları % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.17). Bor dozu arttıkça buğday çeşitlerinde olduğu gibi *Puccinellia distans'*ın da kök bor konsantrasyonu değerleri artış göstermiş ve 500 mg kg^{-1} B dozunda 60. gün örneklemesinde (768.31 mg kg^{-1}) kök bor konsantrasyonu en yüksek değere ulaşmıştır (Tablo 4.18, Şekil 4.9)



a b c

Şekil 4.9. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinella distans* bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında kök bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerlerinde gözlenen değişimler. (a: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün kök bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün kök bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerleri, c: *Puccinella distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün kök bor konsantrasyonu (mg kg^{-1}) değerleri.

4.3.Prolin bulguları

Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkisine ait prolin değerlerini gösterir Tablo 4.28 ve Şekil 4.14 te verilmiştir. Varyans analizine göre çeşit, B dozu ve Çeşit x B dozu interaksiyonunun bitkilerin prolin değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak % 1 seviyesinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.27).

Tablo 4.27. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile Puccinellia distans bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında elde edilen prolin değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

V.K.	S.D.		Kareler Ortalaması				F Değeri			
			Arpa		*Puccinellia*		Arpa		*Puccinellia*	
	Arpa	***Puc***	**7. Gün**	**14. Gün**	***30. Gün***	***60 Gün***	**7. Gün**	**14. Gün**	***30. Gün***	***60 Gün***
Çeşit	1		10.949	9.715			59118.4925**	512776.3447**		
B dozu	3	3	0.454	2.305	0.520	0.566	2454.0390**	40555.0308**	34.849.020**	690.435.233**
Çeşit*B dozu	3		0.178	0.342			958.9485**	6014.2462**		
Hata	21	9	0.000	0.000	0.001	0.001				
Genel	31	15								

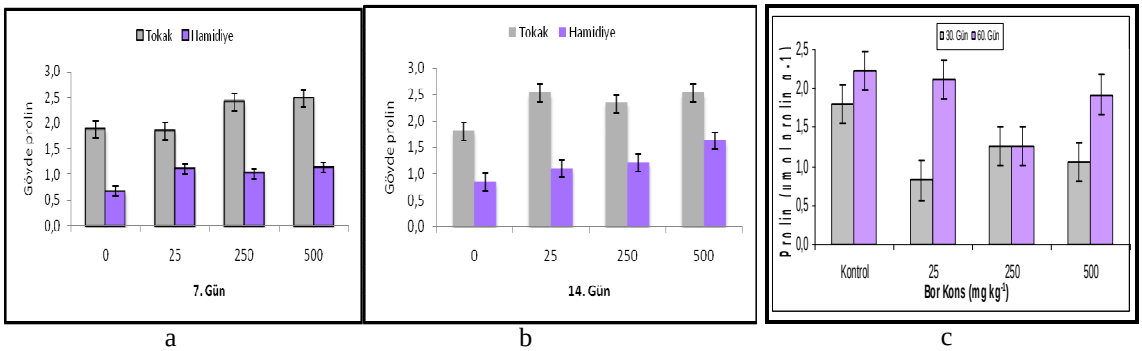
**%1, *%5 seviyesinde istatistiki olarak önemli olduğunu göstermektedir

Hamidiye çeşidinde %63 oranında bir artış olduğu tespit edilmiştir. 500 mg B kg^{-1} bor dozunda ise her iki çeşitte de kontrole göre prolin değerlerinde artışlar olduğu ve bu artış oranlarının Hamidiye çeşidinde daha yüksek oranlarda olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.28, Şekil 4.14).

Tablo 4.28. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *Puccinellia distans* bitkilerinden bor toksisitesi koşullarında elde edilen prolin değerleri (µmol prolin g^{-1})

Bor Dozu (mg kg^{-1})	Arpa Çeşitleri								*Puccinellia distans*			
	Tokak				Hamidiye							
	7. Gün		14. Gün		7. Gün		14. Gün		30. Gün		60. Gün	
	µmol prolin g^{-1}	%	µmol prolin g^{-1}	%	µmol prolin g^{-1}	%	µmol prolin g^{-1}	%	µmol prolin g^{-1}	%	µmol prolin g^{-1}	%
Kontrol	1,87		1,8		0,67		0,85		1,8		2,227	
25	1,84	*-2*	2,53	*40*	1,1	*63*	1,1	*30*	0,824	*-54*	2,109	*-5*
250	2,4	*28*	2,33	*29*	1,01	*50*	1,2	*42*	1,255	*-30*	1,255	*-44*
500	2,47	*32*	2,52	*40*	1,13	*67*	1,62	*91*	1,055	*-41*	1,925	*-14*

Puccinellia distans bitkisinde uygulanan bor dozuna bağlı olarak her iki örnekleme zamanında (30. gün ve 60. gün) bitki prolin değerlerinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. 30 gün örneklemelerinde kontrole göre 25 mg B kg^{-1} dozunda %54 oranında azalma olurken 250 mg B kg^{-1} dozunda %30 ve 500 mg B kg^{-1} dozunda %41 oranında olmuştur. 60. gün örneklemelerinde ise uygulamadaki en yüksek doz olan 500 mg B kg^{-1} dozunda kontrole göre azalma %14 oranında olmuştur (Tablo 4.28, Şekil 4.14). *Puccinellia distans* bitkisi ile arpa çeşitlerinin prolin değerleri mukayese edildiğinde, toksik seviyede bor uygulaması ile *P. distans* bitkisinin prolin değerlerinde azalma olmasına rağmen bitkinin prolin içeriği (60. gün örnekleme değerleri) arpa çeşitleri ile mukayese edildiğinde arpa çeşitlerinin yaklaşık 2 katı fazla miktarda prolin içerdiği tespit edilmiştir.



a b c

Şekil 4.14. Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitleri ile *P. distans* (Jacq.) bitkilerinin bor toksisitesi koşullarında prolin değerlerinde (µmol prolin g^{-1}) gözlenen değişimler. (a: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 7. gün prolin değerleri, b: Arpa (Tokak ve Hamidiye) çeşitlerinin bor toksisitesi koşullarında 14. gün prolin değerleri, c: *Puccinellia distans* bitkisinin bor toksisitesi koşullarında 30. ve 60. gün prolin değerleri.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bor bitkiler için gerekli ama eksikliği ile toksisite değerleri birbirine çok yakın olan tek elementtir (Brown ve ark., 2002). Bor toksisitesinin, hücre çeperinde oluşturduğu zararlar; 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 (Stangoulis ve Reid, 2002; Reid 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 toksik miktardaki bor'un araştırma bitkilerinin; arpa Tokak (bor noksanlığına hassas) ve Hamidiye (bor toksisitesine duyarlı) çeşitlerinin; büyüme metabolizmasında metabolik yolları engelleyerek bitkilerde önemli zararlara neden olduğu saptanmış olup, çalışma sonuçlarımızın 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'un elde ettiği sonuçlarla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Çalışamada kullanılan *Puccinellia distans* bitkisinde ise toksik seviyede bor uygulamasına bağlı olarak bitki yaş ve kuru ağırlık değerleri ile bitki boyunda meydana gelen artışlar sonucunda bor toksisitesine daha fazla toleranslı ve toksik miktarda bor içeren koşullarda yaşamını sürdürebilme mekanizmasına sahip olduğunu göstermektedir. Daha önce bitki üzerinde yapılan çalışmalarda da *Puccinellia distans* bitkisinin toksik miktarda bor içeren koşullarda yaşamını devam ettirebildiği ve bor akümüle eden bir bitki olduğunu ortaya koymuşlardır (Babaoğlu ve ark., 2004; Türe ve Bell. W., 2004; Hamurcu ve ark., 2009)

Artan bor uygulamasına kontrole göre gövde ve kök'ün yaş ve kuru ağılıkları ve uzunlukları Tokak ve Hamidiye çeşitlerinde önemli düzeylerde azalırken *Puccinellia distans'da* artmıştır. Bu durum söz konusu arpa çeşitlerinin bor toksisitesine hassas olmasına rağmen *Puccinellia distans* bitkisinin toleranslı ve toksik miktarda bor içeren koşullarda yaşamını sürdürebilme mekanizmasına sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanında Hamidiye çeşidinin Tokak çeşidine göre toksik seviyede bor uygulamasından daha fazla oranda etkilendiği ve bu etkilenmenin özellikle bitkinin ilk gelişme evresinde

daha fazla oranlarda olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda bitki türleri arasında olduğu gibi aynı türün genotipleri arasında da B toksisitesine duyarlılıkta büyük farklılıklar olduğunu bulmuşlardır (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).

Bağıl su içeriği sonuçlarında arpa çeşitlerinde azalmalar olduğu ve bu azalma oranlarının Hamidiye çeşidinde biraz daha fazla oranlarda olduğu belirlenmiştir. *Puccinellia distans (Jacg)* bitkisinde ise örnekleme zamanına bağlı olarak bağıl su içeriği değerlerinde farklılıklar ortaya çıkmış, bitkide 30. gün örneklemelerinde bağıl su içeriği değerlerinde artış olurken, 60. gün örneklemelerinde azalmalar olduğu, ancak bitkide meydana gelen bu artış ve azalış oranlarının kontrol uygulamasına göre çok yüksek oranlarda olmadığı görülmüştür.

Prolin, bitkilerde meydana gelen stres oluşumuyla birlikte serbest radikalleri süpürücü, su stresini dengeleyen ve proteinlerin kararlılığını sağlayan bir osmolit olarak görev yapmaktadır (Jain ve ark., 2001). Prolin ile ilgili yapılan çalışmalarda rollerinin; ozmolit olarak görev yapması, hacmin dengelenmesi, proteinlerin stabilizasyonu, sitozilik pH'nın ve hidroksil radikallerinin düzenlenmesi sayılabilir (Matysik ve ark., 2002). Çalışmamızda arpa çeşitlerinin 7. ve 14 gün yapılan örneklemelerinde her iki arpa çeşidinde Prolin değerlerinin uygulanan bor dozlarında artışla birlikte artış gösterdiği, bu artış oranlarının Hamidiye çeşidinde daha yüksek oranlarda olduğu belirlenmiştir. 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 sonuçlarımız Karabal ve ark. (2003) ilede paralellik göstermektedir. Araştırmamızda

kullanılan *Puccinellia distans* bitkisinde ise bor dozundaki artışa bağlı olarak prolin değerlerinde azalmalar olduğu belirlenmiştir.

- Bor dozlarında ki artışa bağlı olarak gövde yaş ve kuru ağırlık değerlerinin kontrole göre azalmalara sebep olduğu ve bu azalmanın Hamidiye çeşidinde Tokak çeşidine göre özellikle bitki gelişiminin ilk evrelerinde daha fazla oranda olması,
- Hamidiye çeşidinin bor toksisitesi altında Tokak çeşidine göre daha fazla prolin sentezi yapması.
- Hamidiye çeşidinin Tokak'a göre bor toksisitesine daha hassas olduğunu göstermektedir.

Araştırmada kullanılan Puccinellia distans bitkisinin bor toksik koşularda yaşama kabiliyetinin çok yüksek olduğu ve bu sonuca;

- *Puccinellia distans* bitkisinde ise toksik seviyede bor uygulaması ile bitki yaş ve kuru ağırlık değerlerinin makarnalık buğday çeşitlerininkinden farklı olarak artış gösterdiği ve bu artış oranlarının kontrolle mukayese edildiğinde çok yüksek oranlarda olması,
- Bitkilerde meydana gelen stres oluşumuyla birlikte serbest radikalleri süpürücü, su stresini dengeleyen ve proteinlerin kararlılığını sağlayan bir osmolit olarak görev yapmakta olan prolin, *Puccinellia distans* bitkisinde bor dozundaki artışa bağlı olarak azalmış olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

ACAR, O., 1999. Kurağa dayanıklı bazı arpa *(Hordeum* spp.) çeşitlerinde süperoksit dismutaz (SOD) aktivitelerinin araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktara Tezi, 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 p.

ALSCHER, R.G., Donahue, J.L., Cramer, C.L., 1997. Reactive oxygenspecies and antioxidants: relationship in green cells.Physiol. Plant 100, 224–233.

ARDIÇ 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.

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

BABAOĞLU, M., Gezgin, S., Hakkı E.E., Yorgancılar M., Hamurcu M., Atalay E., Gökmen F., 2004. Ağır Metal Absorbe Eden (Hiperakümülatör) Bitkilerin Moleküler Genetik Analizi ve Fitoremediasyon Amaçlı Kullanımı. Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü Araştırma Proje Sonuçları. ZF 2002/071.

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.

BRAY,E., Bailey-Serres., 1. and Weretilnyk. E., 2000, Responses to abiyotik stresses chapter 22. In: Biochemistry and moleculer biology of plants.B.B.Buchanan ,W.Gruissem and R.L. Jones,(ed.) AmericanSociety 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 p.

CARTWRİGHT, 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 p.

ÇAKMAK, İ., Strbac, D., and Marschner, H., 1993, Activities ofhydrogen peroxide - scavenging enzymes in germinating wheat seeds. Journal of Experimental Botany, 44(258): 127-132 p.

DEMİRAL, T., 2003, Genç pirinç fidelerine dışarıdan glisinbetain uygulanmasıyla, tuza (NaCl) toleransının arttırılmasında antioksidant enzim aktivitesinin rolünün araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir

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

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

ERMİŞ, İ., 2002. Bazı arpa çeşitlerinin çimlenme yüzdesi ve antioksidant enzim düzeylerine bor stresinin etkisi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitlisü, Yüksek Lisans Tezi, Izmir (Yayınlanmamış).

GEZGİN, 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

HAMURCU M., Gezgin S., Sekmen A. H., Türkan İ., Hakkı E.E., 2009. *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl.: Etkili bir bor hiperakümülatörü olabilir mi?. IV. Uluslar arası Bor Sempozyumu. 15-17 Ekim 2009. Eskişehir. 697-699 p.

HAMURCU, M., Harmankaya, M., Soylu, S., Gökmen, F., Gezgin, S., 2006 a. 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., 2006 b. Farklı Bor ve Demir Uygulamalarının Bezelye Hatlarının Gelişimi Üzerine Etkisi. 3. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı s: 145-153. 02 - 04 Kasım Ankara.

HOBSON, KB., Seymour, L. R., Armstrong, RD., Connor, Di., Brand, J.D. and Materne, M., 2001, 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. and Graham, R.D. 1990. Resistrance of Wheat Genotypes to Boron Toxicity is Expressed At Ceıular Level. Plant Soil 26-:295-300.

JAİN, S., Nainawatee, H.S., Jain, R.K. J.B., 1991, Chowdhury, Proline status of genetically stable salt-tolerant *Brassica juncea*L. Somaclones and their parent cv. ‘Parkash’, Plant Cell Rep. 9 684–687.

KARABAL, E., Yücel, M. and Öktem, H. A., 2003, Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity, Plant Science, 164, 925-933 p.

KHAN, N ., Young, K. I. and Gartrell, J. N., Research Officers, 1999, Borc toxicity in barley. Division of Plan Research, Agriculture Western Australia, Farmnot, 85p.

KOCA, H., 2002, Tuz stresinin farklı domates (Lycopersicon) genotiplerind fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimle Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir

MAHALAKSHMİ, 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 p.

MATYSİK, J., B.A. Bhalu, P., 2002, Mohanty, Molecular mechanism of quenching of reactive oxygen species by proline under stress in plants, Curr. Sci. 82 525–532

MİTTLER, R., 2002, Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends Plant Sci. 22, 561–569.

NABLE, R. 0., Banuelos, G. S. and Paull. G., 1997, Boron toxicity, Plant and Soil, 193, 181-197 p.

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 ye protein profili üzerine etkileri, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya (Yayınlanmamış).

PAPADAKİS, I. E., Dimassi, K. N., Bosabalidis, A. M., Therios, 1. N., Patakas, A. and Giannakoula, A., 2004 a, Effects of B excess on some physiological parameters of ‘Navalina’ orange plants grafted on two rootstocks, Enviromental and Experimental Botany, SI, 247-257 p.

PAPADAKİS. 1. F., Dimassi, K. N., Bosabalidis, A. M.. Therios, 1. N., Patakas, A. and Giannakoula, A.. 2004 b, Boron toxicity in Clementine’ mandarin plants grafted on two nootstocks, Plant Science ,166, 539—547 p.

PAULL, J.G., Cartwright, B. and Rathjen, A.J. 1988. Responses of wheat and barley genotypes to toxic concentrations of soil boron. Euphytica. 39, 137-144.

RASCİO, A., Platani, C., Scalfati, G., Tonti, A. And Fonzo, N., 1994, The Accumulation Of solutes and water binding strenght in durum wheaİ. Physiologia Plantarum, 90, 715-721 p.

REİD, R. J., Hayes, J. E., Post, A., Stangoulis, J. C. R. and Graham, R. D., 2004, A critical analysis of causes of boron toxicity in plants, Plant, Cell and Enviroment, 25,1405-1414 p

RERKASEM, B., and Jamyod, S., 1997. Genotypic Variation In Plant Respance to Low Boron and Implications For Plant Breeding. Kluwer Acamedic Publisters. Printed Nederland.

RERKASEM, B., Jamyod, S., 2004. Boron Deficiency İn Wheat: A Review. Field Crops Research 89, 173-186 p.

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

SAİRAM, 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 p.

SOİL SURVEY LABORATORY METHODS MANUAL, 2004. Soil Survey Investigation Report United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Sevice No:42, Version 4.0 Nowember 2004.

SOTİROPOULOS, 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 p.

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

TOPAL A., S. Gezgin, N. Akgün, N. Dursun and M. Babaoğlu.2002. Yield and Yield attributes of Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) as Affected by Boron Application. Boron in Plant and Animal Nutrition. (Eds. Goldbach et al.) Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp.401-406.

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.

TÜRE, C. and Bell, R. W., 2004, Plant distribution and its relationship to extractable boron in naturally-occuring high boron soil in Turkey, Israel Journal of Plant Sciences, 52, 125-132 p.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hakkı KESKİN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : 31.10.1984
Telefon : 05073512884
Faks : -
e-mail : davdasli@gmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	**Cumhuriyet Lisesi, Selçuklu, Konya**	**2002**
Üniversite	:	**Selçuk Ünversitesi, Selçuklu, Konya**	**2007**
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009-2010	**Sarayönü Ziraat Odası**	**Laboratuar Sorum.**
2010-	**T.K.B.**	**Tarım Danışmanı**

UZMANLIK ALANI: Toprak Analizleri.

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR