



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BOR TOKSİSİTESİ KOŞULLARINDA UYGULANAN NİTRİK OKSİDİN BORA FARKLI TEPKİ GÖSTEREN ARPA GENOTİPLERİNİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Sündüz ONBAŞI

YÜKSEK LİSANS

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Şubat-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BOR TOKSİSİTESİ KOŞULLARINDA UYGULANAN NİTRİK OKSİDİN BORA FARKLI TEPKİ GÖSTEREN ARPA GENOTİPLERİNİN GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Sündüz ONBAŞI

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

Danışman: Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI

2017, 76 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI
Doç. Dr. Mehmet HAMURCU
Doç. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Arpa üretimi, dünyada ve ülkemizde ilk üç içerisinde yer almakta olup tahıllar içerisinde önemli bir yere sahiptir. Arpa üretiminde verim unsurlarını artırmak için beslenme yönetiminin iyi planlanması gerekmektedir. Bu çerçevede ele alınan borun bitkiler için mutlak gerekli olduğu uzun süredir bilinmektedir. Bitkiler bor gereksinimleri açısından farklılık göstermektedirler. Hatta aynı türe ait bitki varyeteleri arasında da bu mevcuttur. Genetik varyasyon olarak kullandığımız Hamidiye bora hassas iken Tokak bora tolerans göstermektedir. Borun noksanlığı ve toksisitesi dar bir aralıktadır. Bor toksisitesi en az noksanlık kadar önemli olup bitki büyüme ve gelişimini sınırlandırmaktadır. Bundan dolayı, üretimi yapılacak bitkinin bor ihtiyacı ve toprakta mevcut elverişli bor miktarının bilinmesi verim ve kalite için önemlidir. Borun toksik düzeyde yüksek olduğu koşullarda bitkisel üretimin sürdürülebilmesi için fazla borun topraktan uzaklaştırılması ya da bu ortamda üretilecek bitki türünün yüksek seviyede bor içeriğini tolere etmesi gerekir. Elverişsiz şartlarda bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği farklı çalışmalar ile ortaya konmuş olan nitrik oksit (NO) uygulamasının etkinliğinin B-toksik koşullarda arpa genotiplerinde belirlenmesi bu tez çalışmasının esas amacını oluşturmaktadır. Endojen olarak da üretilen NO, eksojen olarak uygulandığında da olumlu katkı sağlayabilmektedir. Deneme kontrol ve toksisite grubu olmak üzere 2 doz, 2 çeşit, 2 uygulama ve 4 tekerrür olmak üzere toplam 32 saksıda sera koşullarında gerçekleştirilmiştir. Bitkiler üzerinde stres etkileri görüldüğü anda fizyolojik ve element analizleri için örnekleme yapılmıştır. Temel büyüme ve gelişme parametreleri gözlemlenmiştir. Toksisite koşullarında NO uygulaması ile kontrole göre prolin içeriğinde Hamidiye'de artış görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arpa, bor toksisitesi, genetik varyasyon, *Hordeum vulgare*, nitrik oksit, prolin.

ABSTRACT

MS THESIS

EFFECTS OF NITRIC OXIDE APPLICATION ON GROWTH RESPONSES OF BARLEY GENOTYPES WITH DIFFERENT REACTIONS ON TOXIC LEVEL BORON TREATMENT

Sündüz ONBAŞI

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

Advisor: Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI

2017, 76 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI
Doç. Dr. Mehmet HAMURCU
Doç. Dr. Derya ARSLAN DANACIOĞLU

Barley is the third largest produced crop in the world as well as in our country and hence, holds a significant place in the cereals. . Importance of boron for plants growth and development is well recognized. However, plants differ a lot in terms of their boron requirements. Moreover, several genotypes within the same species show huge variations in their behavior towards boron. In our experiment, we used genetic variation of Boron sensitive Hamidiye and Boron tolerant Tokak barley genotypes. There is a narrow range between boron deficiency and toxicity in plants. However, both deficient and toxic B conditions restrict the plant growth and development. Thus, it is crucial to determine the B requirement of the target plant and amount of Boron present in soil to obtain high crop yield and quality. In order to get enhanced production under B toxic soil, either excessive B should be removed from the soil or plant tolerance towards Boron toxic conditions should be improved. In order to get favorable plant growth under B stressed conditions, the main objective of this thesis study is to determine the effect of nitric oxide application on the growth of barley genotypes under B-toxic conditions. Endogenously produced nitric oxide (NO), shows great positive effects when exogenously applied on plants. In the experiment, two barley genotypes were grown under control and toxic growth conditions in departmental greenhouse. Hence, experiment contained 2 dosages, 2 genotypes, 2 treatment applications (control and toxic) and 4 replicates, with a total of 32 pots. Samples for physiological and elemental analysis have been collected after the observation of effect of stress on plants. Basic growth and developmental parameters have been recorded for all the experimental genotypes. Among several other crucial results, Hamidiye genotype showed high proline content on NO application under B toxic conditions as compared to control.

Keywords: Barley, boron toxicity, genetic variation, *Hordeum vulgare*, nitric oxide, proline.

ÖNSÖZ

Ülkemizde bitkisel üretim yapan üreticiler genellikle toprakların mevcut besin elementlerinin durumuna hiç bakmaksızın bitki yetiştirmekte ve bilinçsiz gübreleme uygulamaktadırlar. Ülkemiz toprakları genel olarak bor bakımından zengindir. Bor toksisitesini önlemek için yetiştiriciliği yapılacak bitkilerin bor ihtiyaçları göz önünde bulundurularak bor seviyesi yüksek olan tarımsal alanlarda bor toksisitesine toleranslı bitki genotipleri seçilmelidir. Böylelikle hem verim artışı hem de kaliteli ürün alınabilecektir. Bu tez çalışması kapsamında bor toksisitesi altında yetiştirilen arpa genotiplerinin nitrik oksite (NO) verdikleri cevap araştırılmıştır.

Yüksek lisansa başladığım günden beri bilgi birikimi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren ve yanımda olan danışmanım Prof. Dr. Erdoğan Eşref HAKKI'ya sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamda bilgi birikimlerinden yararlandığım bölüm hocalarımdan Prof. Dr. Sait GEZGİN, Doç. Dr. Mehmet HAMURCU ve Dr. Fatma GÖKMEN YILMAZ'a ayrıca çalışmalarımda yardımcı olan arkadaşlarım, Hasan CAN, Fatma AKIN, stajyer arkadaşlara ve kardeşim Hümeyra ONBAŞI'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisansa başladığım günden beri maddi ve manevi desteklerini esirgemeden sürekli yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Sündüz ONBAŞI
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **9**

3.1. Denemenin Kurulması İçin Yapılan Ön Hazırlıklar 9
3.1.1. Tohumların sterilizasyonu 9
3.1.2. Tohumların çimlendirilmesi ve vernalizasyonu 9
3.1.3. Sera denemesinde bitki materyali 10
3.1.4. Sera denemesinde toprak ve torf materyali 10
3.1.5. Sera denemesinin kurulması ve yürütülmesi 11
3.1.6. Sera denemesinde yapılan ölçümler 12
3.1.6.1. Bitki yaş ve kuru ağırlığı (g saksı$^{-1}$) 12
3.1.6.2. Bitki örneklerinin analize hazırlanması 13
3.1.6.3. Hasat zamanı bitki boy uzunluğu (cm saksı$^{-1}$) 13
3.1.6.4. Dane verimi 13
3.1.6.5. Hasat indeksi (%) 13
3.1.6.6. Hücre zarı geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı) analizi 13
3.1.6.7. Bağıl su içeriği (RWC) 14
3.1.6.8. Prolin analizi (µmol g^{-1} taze ağırlık) 14
3.1.6.9. Malondialdehit (MDA) analizi 14
3.1.6.10. Yaprak element içeriklerinin belirlenmesi 15
3.2. İstatistiki Sonuçların Değerlendirilmesi 15

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **16**

4.1. Bitki Yaş Ağırlığı (g saksı$^{-1}$) Sonuçları 16
4.2. Bitki Kuru Ağırlığı (g saksı$^{-1}$) Sonuçları 18
4.3. Bitki Boy Uzunluğu (cm saksı$^{-1}$) Sonuçları 20
4.4. Dane Verimi Sonuçları 22
4.5. Hasat İndeksi (%) Analizi Sonuçları 24
4.6. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı) Analizi Sonuçları 26
4.7. Bağıl Su İçeriği (RWC) Analizi Sonuçları 28
4.8. Prolin Analizi Sonuçları 30
4.9. Malondialdehit (MDA) Analizi Sonuçları 33
4.10. Yaprak P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn ve B İçerikleri Analizi Sonuçları 35

4.10.1. Yaprak P içeriği analizi sonuçları 35
4.10.2. Yaprak K içeriği analizi sonuçları 37
4.10.3. Yaprak Ca içeriği analizi sonuçları 39
4.10.4. Yaprak Mg içeriği analizi sonuçları 41
4.10.5. Yaprak S içeriği analizi sonuçları 43
4.10.6. Yaprak Fe içeriği analizi sonuçları 45
4.10.7. Yaprak Cu içeriği analizi sonuçları 48
4.10.8. Yaprak Mn içeriği analizi sonuçları 50
4.10.9. Yaprak Zn içeriği analizi sonuçları 52
4.10.10. Yaprak B içeriği analizi sonuçları 54
4.11. Elde Edilen Veriler Arasındaki İlişkiler 56

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 60

5.1 Sonuçlar 60
5.2 Öneriler 61

KAYNAKLAR 62

ÖZGEÇMİŞ 66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

HCl	: Hidroklorik Asit
H_3BO_3	: Borik Asit
KH_2PO_4	: Potasyum Dihidrojen Fosfat
MDA	: Malondialdehit
NO	: Nitrik Oksit
$B(OH)_4^-$	: Borat İyonu

Kısaltmalar

EC	: Elektriksel İletkenlik
NIP	: Nodül Benzeri Kanal Proteinleri
ppm	: Milyonda Bir Kısım
RWC	: Nispi Su İçeriği

1. GİRİŞ

Tahıllar içerisinde önemli bir yere sahip olan arpa, yem sanayisinde ve malt sanayisinde önemli bir girdi kaynağı olarak kullanılmaktadır. Arpa Dünya'da üretim alanı bakımından buğday, mısır ve çeltikten sonra gelerek 4. sırada yer almaktadır. Ülkemizde ise Tablo 1' de görüldüğü gibi üretimi yapılan tahıllar içerisinde buğdaydan sonra 2. sırada yer almaktadır.

Yıllar	Buğday (ha)	Arpa (ha)	Mısır (ha)	Çavdar (ha)	Yulaf (ha)
2008	8 090 000	2 950 000	595 000	125 962	91 035
2009	8 100 000	3 010 000	592 000	138 778	92 778
2010	8 103 400	3 040 000	594 000	141 000	88 390
2011	8 096 000	2 868 833	589 000	127 653	85 862
2012	7 529 639	2 748 766	622 609	143 221	89 326
2013	7 772 260	2 720 510	659 998	138 165	92 549
2014	7 919 208	2 787 297	658 645	115 080	93 862
2015	7 866 887	2 783583	688 169	112 312	82 589

Tablo 1. Ülkemizde yıllara göre tahılların ekim alanı.

Ülkemizde, 2015 yılı istatistik verilerine göre 8 000 000 ton arpa üretilmiş olup dekar başına ortalama verim 284 kg'dır (TÜİK 2015). Ülkemizde önemli ölçüde ekim alanına sahip arpa üretiminde verim unsurlarını artırmak için beslenme yönetiminin iyi yapılması gerekmektedir. Bunun da yolu toprak analizleri sonuçlarına göre eksik olan bitki besin elementlerinin yeterli düzeylerde verilmesinden geçmektedir. Böylelikle hem gereğinden fazla gübreleme yaparak toprak tuzlulaşmasının önüne geçilir hem de kaliteli ve yüksek verim alınır. Tez kapsamında ele alınan bor (B) elementinin bitkiler için mutlak gerekli olduğu uzun süredir bilinmektedir. B, toksisitesi ile noksanlığı oldukça dar bir aralıkta sınırlı olan önemli bir mikro besin elementidir (Hakki ve ark. 2005, Schnurbusch ve ark. 2010). Bundan dolayı B toksisitesi gübreleme ile

engellenebilir olan bor noksanlığından daha zor bir stres faktörüdür (Takano ve ark. 2008).

Ayrıca aşırı gübreleme sonucu ve yüksek bor içeren sulama suları ile sulanan alanlarda da B toksisitesi meydana gelmektedir (Nable ve ark. 1997).

Tarımsal üretimi sınırlandıran abiyotik stres faktörlerinden besin elementlerinin toksisite problemi en az diğer abiyotik stres faktörleri kadar önemli olup verim ve kaliteli üretimi sınırlandırmaktadır. Bor toksisitesi özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerin önemli bir sorununu oluşturmakta olup dünya çapında ürün verimini önemli ölçüde sınırlamaktadır (Cartwright ve ark. 1986). Avustralya, Kuzey Afrika, Güney Asya tarım alanlarında, alkalin ve tuzlu topraklar ile yıkanmanın az olduğu düşük yağmur alan topraklarda B toksisitesi görülür. Ülkemizde ise özellikle yağışların yetersiz olduğu Orta Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinde yetiştirilecek bitkinin B toksisitesine karşı toleranslı olmasına dikkat edilmelidir. Zira B toksisitesine karşı bitki çeşitleri oldukça farklı tepkiler göstermekte, hatta bazı bitki türleri içindeki çeşitlerin arasında bile toksisiteye karşı çok farklı tepkiler görülebilmektedir (Nable 1988). Tezde deneme bitkisi olarak kullandığımız arpada da bu durum gözlenmekte olup Hamidiye arpa çeşidi bor toksisitesine karşı duyarlı iken Tokak arpa çeşidi bor toksisitesine toleranslıdır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bor bitkilerin gelişimi için mutlak gerekli olan bir mikro besin elementi olup bitkide fizyolojik ve metabolik işlevlerde direkt veya dolaylı olarak görev almakta, ancak yüksek konsantrasyonlarda toksik etki oluşturmaktadır. Sulama suyunda ve toprakta mevcut olan bor, tarımsal üretim için önemli bir faktördür (Tanaka ve Fujiwara 2008). B bitkiler tarafından temelde pasif absorpsiyon yoluyla dissosiye olmamış borik asit $B(OH)_3$ şeklinde alınmakla birlikte aktif olarak da borat iyonları $B(OH)_4^-$ şeklinde absorbe edilmektedir (Kacar 2010). Bitkilerde borik asidin taşınımı 3 yolla gerçekleşmektedir. Bunlar; çift tabakalı katmandan pasif difüzyon yardımıyla, nodül benzeri kanal proteinleri (NIP) tarafından ve de B transporterleri tarafından aktif taşımayla gerçekleştirilmektedir (Tanaka ve Fujiwara 2008).

Bitkilerde borun karbonhidratların taşınmasında, hücredeki fenol seviyesinin kontrolünde ve kök gelişiminde, nükleik asit metabolizmasını uyarmada, pektin ve lignin bileşiklerinin sentezlenmesi ve bunlarla kompleks oluşturarak ince fakat dayanıklı bir hücre çeperinin oluşumunun sağlanmasında, membran fonksiyonlarının muhafaza edilmesinde, enzimlerin aktivasyonunda, önemli görevler aldığı düşünülmektedir (Lukaszewski ve Blevins 1996, Rerkasem ve Jamjod 1997).

Önemli bir mikro besin elementi olan bor aynı zamanda bitkilerde döllenme ile de yakından ilişkilidir. Polen tüplerinin büyümesinde, polenlerin gelişme ve çimlenmelerinde, gamet oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Bu yönüyle bor bitkilerde generatif gelişme döneminde vejetatif gelişme dönemine göre daha etkin rol almaktadır (Marscher 1995, Rerkasem ve Jamjod 1997).

Borun bitkilerde azot metabolizmasında, hormonların hareket etkinliğinde, meyve olgunlaşmasında, oksin metabolizmasında, hücre bölünmesinde, bitki-su ilişkisinde, solunum üzerinde, nükleik asit sentezinde, muhtemelen fosfat kullanımında da gerekli olup önemli görevleri bulunduğu ifade edilmiştir (Gezgin ve ark. 2005).

Bor hücre duvarı bileşenleri ile tepkimeye girerek polihidroksil bileşikleri oluşturmak suretiyle hücre zarının ince yapıda olmasında ve güçlü bir şekilde sentezlenmesinde rol oynar. Yeterli düzeyde bor içermeyen bitkilerin hücre duvarlarında belirgin şekil bozuklukları ortaya çıkar. Bor; kök uzaması, hücre bölünmesi gibi olgular ile yakından ilişkili olup hücre duvarının sentezinde doğrudan görev almaktadır. Aynı zamanda indol asetik asit (IAA) metabolizmasında, biyolojik

membranların yapısal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde önemli ve belirgin işlevlere sahiptir (Lukaszewski ve Blevins 1996).

Bor noksanlığında bitkilerde kök uzaması, indol asetik asit (IAA) oksidaz aktivitesi, nükleik asit sentezi, karbonhidrat metabolizması, polen tüpü büyümesi ve şeker taşınmasında çeşitli aksaklıkların ortaya çıkmasına neden olur (Blevins ve Lukaszewski 1998, Goldbach ve Wimmer 2007).

Bor toksisitesi; Avustralya, Kuzey Afrika ve Batı Asya'nın tarımsal alanlarında, yıkanmanın az olduğu ve düşük yağmurla beraber bazik ve tuzlu topraklarda ürün verimini önemli ölçüde sınırlayan yaygın bir problemdir (Camacho-Cristobal ve ark. 2008). Toksisite, yer altı suyu, maden uygulamaları, yüksek bor içeren sulama suyu ile sulama yapma ve yüksek bor içeren gübreler ile gübreleme sonucu ortaya çıkmaktadır (Nable ve ark. 1997). Toksisite çoğunlukla yetersiz drenaj ve tuzlu topraklarla yakından ilişkilidir (Goldberg 1997).

Bitkilerde bor toksisitesinde kök hücre bölünmesinde, yaprak klorofil içeriğinde ve fotosentetik oranda, lignin ve süberin miktarlarında azalma meydana gelir (Nable ve ark. 1997, Reid 2007a).

Bor toksisitesinin yaygın semptomları olarak, olgun yaprakların uç ve kenarlarından başlayan nekroz oluşumları ile kök ve gövde büyümesinde azalma görülür (Nable ve ark. 1997, Reid ve ark. 2004, Reid ve Fitzpatrick 2009). Bu nekroz oluşumlarının olgun yaprakların uç ve kenarlarında görülmesinin nedeni de borun transprasyon ve taşınımı sonucudur ve borun yaşlı yapraklarda birikim eğiliminde olmasından kaynaklanmaktadır (Marscher 1995).

Bor toksisitesi ile noksanlığı oldukça dar bir aralıkta sınırlı olan önemli mikro besin elementlerinden biridir (Hakki ve ark. 2005, Schnurbusch ve ark. 2010). Bitkilerde borun fazlalığı da noksanlığı kadar önemli sorunlar oluşturmaktadır. Bunun için bitkilerde bor beslenmesi oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalar B toksisitesini yönetmenin gübreleme ile engellenebilir olan B noksanlığından daha zor olduğunu göstermektedir (Takano ve ark. 2008).

Borun bitki hücre ve dokularında emilimi ve hareketliliğinin kolay olması nedeniyle sulama suyunda veya toprakta fazla bulunan bor pek çok bitkide ürün verimini ve bitki büyümesini olumsuz etkilemektedir. Bu durum çeşitli araştırmacılar tarafından farklı bitkilerde kanıtlanmıştır. Örneğin, ayçiçeği (Jabeen ve Ahmad 2011), buğday (Schnurbusch ve ark. 2010), arpa (Schnurbusch ve ark. 2010) çalışmaları bunu desteklemektedir.

Uzun yıllardan beri bilim camiasında varlığı bilinen gaz yapıda bir molekül olan nitrik oksit (NO: azot monoksit) bir azot atomu ve bir oksijen atomunun birleşmesiyle oluşan bir moleküldür. İlk kez 1970'li yıllarda bitkiler tarafından NO salındığı ve bitki büyümesi üzerine olan etkileri (Anderson ve Mansfield 1979, Klepper 1979) bazı çalışmalarda bildirilmiştir. İlerleyen yıllarda bitkilerin sadece atmosferik NO'e cevap vermediği aynı zamanda önemli miktarlarda endojen olarak NO'i ürettikleri de (Wildt ve ark. 1997) yapılan çalışmalar ile kesinliğe kavuşmuştur.

NO'in 1998 yılında bitki savunma sinyali olarak rol aldığının kanıtlanmasından sonra bu molekülün bitki biyolojisi, bitki hücre fonksiyonları üzerinde ve çevresel uyaranlara karşı bitkilerin cevaplarında rol aldığına dair çalışmalarda kayda değer bir artış olmuştur (Baudouin ve Hancock 2014).

NO'in büyüme ve gelişme süreçlerinde, biyotik ve abiyotik stres cevaplarının oluşmasında haberci molekül olarak görev aldığı ilk kez memeli hücrelerinde keşfedilmiştir. İlerleyen yıllarda ise bitki hücrelerinde de görev aldığı çeşitli çalışmalar ile açıklığa kavuşturulmuştur (Anbar 1995, Leshem ve Haramaty 1996, Durner ve Klessig 1999, Beligni ve Lamattina 2001, 2001, Del Rio ve ark. 2004, Graziano ve Lamattina 2005).

Nitrik oksit bitkilerde çeşitli fizyolojik fonksiyonlarda anahtar sinyal molekülü olarak rol alır. Bu fonksiyonlar tohum çimlenmesinin düzenlenmesi (Beligni ve Lamattina 2000, Bethke ve ark. 2006, Sarath ve ark. 2006), kök gelişimi (Pagnussat ve ark. 2002, Kolbert ve ark. 2008), çiçeklenme (He ve ark. 2004, Simpson 2005) ve meyve olgunlaşması gibi (Manjunatha ve ark. 2010) metabolik yollara ait olup çeşitli araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir.

NO'in sentezi enzimatik ve enzimatik olmayan olmak üzere 2 metabolik yol ile gerçekleşmektedir. NO'in enzimatik olarak sentezinde nitrik oksit sentaz (NOS) olarak bilinen enzimler rol alır. NO, moleküler oksijenin var olduğu şartlarda, L-arginin'in, NOS tarafından L-sitrüllin'e dönüştürülmesi esnasında meydana gelmektedir. NO, NOS familyasının katalizlediği stereospesifik ürün olarak ortaya çıkar (Palmer ve ark. 1988, Canter Arıkan 2004). İkincil amino asitlerden olan L-arginin ve L-sitruline nitrik oksitin habercisidir. Nitrik oksit sentaz (NOS) bir enzim olarak bu iki amino asidi okside eder ve yan ürün olarak ta NO ortaya çıkar.

Enzimatik yollardan birinde, L-argininin NO ve L-sitruline dönüşümü NOS enzimi tarafından katalizlendiği, NOS'ın bezelye yapraklarında kloroplast ve peroksizomların matriksinde bulunduğu belirtilmiştir (Barroso ve ark. 1999).

NO'in bitki gelişimi üzerine olan etkilerinde konsantrasyonu son derece önem arz etmektedir (Anderson ve Mansfield 1979). NO, stres altındaki bitkilere düşük konsantrasyonlarda uygulandığında bitkilerin normal gelişimini ve büyümesini sağlayarak olumlu etki yaparken (Beligni ve Lamattina 2001) yüksek konsantrasyonlarının ise büyümeyi inhibe ettiği kanıtlanmıştır (Leshem ve Haramaty 1996).

Eksojen olarak uygulanan NO, patojen (Delledonne 2005), ışık (Beligni ve Lamattina 2001) ve oksidatif strese (Beligni ve Lamattina 1999) karşı bitki savunma cevaplarında rol almaktadır.

NO yüksek dozlarda uygulandığında bitkilerin metabolizmasının işleyişini bozduğu ifade edilmektedir (Yamasaki 2000). Bunun NO'in yüksek dozlarda uygulandığında kök ve gövde gelişimini durdurduğu, DNA hasarları, hücre ölümleri ve fotosentetik elektron taşınmasındaki aksamalar sonucu ortaya çıktığı bildirilmektedir (Gould ve ark. 2003).

NO tohumun çimlenmesini ve yaprak genişlemesini teşvik ederken, düşük ışık altında hipokotil ve internod uzamasını inhibe etmektedir (Beligni ve Lamattina 2001, 2001). Domates, bezelye ve marul bitkisinde NO'in yüksek konsantrasyonlarının büyümeyi inhibe ederken düşük konsantrasyonlarının ise büyümeyi teşvik ettiği bildirilmiştir (Leshem ve Haramaty 1996). Bu çerçevede, gerek endojen sentezinde, gerekse stres koşullarında kontrollü ekzojenik uygulamalarda fizyolojik ve biyokimyasal olaylarda rol alan kritik bir sinyal molekülü olarak NO'in önemi giderek daha da artmaktadır (Misra ve ark. 2010).

Bitkilerin savunma mekanizmalarında sinyal molekülü olarak rol alan NO'in aynı zamanda bitkilerde yaralanma, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklık gibi çeşitli biyotik ve abiyotik streslere karşı oluşturulan cevaplarda antioksidan ve anti stres ajanı olarak ta görev aldığı belirlenmiştir (Neill ve ark. 2003).

Zhang (2004) tuz stresi altındaki mısır bitkisine uyguladıkları NO'in kök ve yapraklarda Na^+ birikimini azaltıp K^+ birikimini artırarak tuz stresine karşı tolerans sağladığını bildirmektedir.

NO aynı zamanda bitkilerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) tutucusu ve antioksidan olarak (Zheng ve ark. 2010) veya ROS ile etkileşimli önemli bir sinyal molekülü olarak ta rol almaktadır (Delledonne ve ark. 2002).

Bitkilerde abiyotik stres toleransı üzerinde NO'in etkileri çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Klessig ve ark. 2000, Lamattina ve ark. 2003, Wendehenne ve

ark. 2004, Graziano ve Lamattina 2007, Zhao ve ark. 2007). Kuraklık, tuzluluk, düşük ve yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres koşullarına maruz kalan bitkilerde ROS açığa çıkmakta ve dokularda birçok oksidatif yıkım olayları başlamaktadır. Bu tür stres koşulları altında kalan bitkilerde sinyal iletiminde rol alan NO reaktif oksijen türleri ile karşılıklı etkileşim halindedir. NO tarafından lipid peroksidasyonunun inhibisyonu yanında NO'in potansiyel antioksidan olarak da rol oynadığı kanıtlanmaktadır (Beligni ve Lamattina 1999). Wang ve ark. (2013) aşırı duyarlılık tepkilerinde NO ve ROS' nin iki önemli sinyal yolunda görev aldığını ve karşılıklı etkileşim halinde olmaları sayesinde bitki savunmasını sağladıklarını ve aynı zamanda senesens ve programlanmış hücre ölümlerinde (PCD) de rol aldıklarını düşünmektedirler.

Son yıllarda yapılan çalışmalar bitkilerde ağır metal toksisitesinin hafifletilmesinin eksojenik olarak uygulanan NO ile sağlanabileceğini göstermektedir (Xiong ve ark. 2009). Örneğin, Al toksisitesi altındaki bitkilerin NO öncülü olan sodyum nitroprusad (SNP) uygulanması ile kontrol grubu karşılaştırıldığında kök uzamasının inhibisyonu ve köklerde Al birikimi azalmıştır (Wang ve Yang 2005, Tian ve ark. 2007). Benzer bir durum ise Kopyra ve Gwozdz (2003) tarafından Cd ve Pb stresi altındaki *Lupinus* ssp. (acı bakla) bitkisinin köklerinde gözlemlenmiştir.

Schlicht ve Kombrink (2013) NO'in funguslara karşı savunma fonksiyonunu araştırmışlardır. Araştırmacılar enfeksiyonda NO'in biriktiğini ve direnç fenotipleri ile NO üretimi arasında ilişki olduğunu öne sürmüşlerdir. Gross ve ark. (2013) çalışmalarında NO'in antioksidanlar ve oksidanlar ile etkileşerek bitki savunmasında rol aldıklarını rapor etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2008) Al stresi altındaki buğdaya NO vericisi olarak uygulanan SNP'nin yapraklarda süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX) aktivitelerini artırmasının yanı sıra H_2O_2 ve malondialdehit (MDA) içeriklerini azalttığını ve buna karşılık daha fazla prolin birikimine yol açtığını ifade etmektedirler.

Cd stresi altında yetiştirilen bitkilere eksojenik olarak uygulanan SNP'nin SOD, peroksidaz (POD) ve CAT'ın aktivitelerini arttırdığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Wang ve ark. 2013, Xu ve ark. 2014). Yine Cd stresi altında yetiştirilen arpa bitkisinin NO sayesinde kök uzamasına karşı olumlu bir cevap verdiğini göstermektedirler (Alemayehu ve ark. 2015).

1998'den bu güne kadar birçok çalışma NO'in bitkide hücre fonksiyonları üzerinde ve çevresel uyaranlara karşı bitkilerin cevaplarında rol aldığına ışık tutmaktadır (Baudouin ve Hancock 2014). Tohumlarda çimlenme ve dormansinin

kırılmasında da NO'in rol aldığını Arc ve ark. (2013) tartışmaktadırlar. Bu araştırıcılar çalışmalarında tohumlarda NO'in kimyasını bütün yönleriyle ele almaktalar ve tohumun çimlenmesi esnasında NO'e bağımlı protein modifikasyonunun önemli olduğunu kanıtlamışlardır.

Kaya ve Ashraf (2015) bor toksisitesi koşullarındaki domatese uyguladıkları eksojenik NO'in yapraklarda elektrolit sızıntının yanı sıra bor içeriği, MDA ve H_2O_2 içeriklerini azaltarak domates meyve veriminde bor toksitesinin oluşturacağı zararlı etkilerin üstesinden gelinebileceğini ortaya koymaktadırlar.

Bu tez çalışmasının hedefleri;

1. Arpada ve genelde tahıl üretiminde çok önemli yeri olan Orta Anadolu Bölgesi başta olmak üzere Ülkemizin olduğu gibi Dünya için de ekonomik değeri yüksek olan arpada toksik düzeyde bora tepkileri farklı olan çeşitlerin sera-saksı şartlarında yüksek dozda B uygulamasına verdikleri morfolojik ve fizyolojik tepkilerin belirlenmesi;

2. Toksik dozda B ile eş zamanlı uygulandığında nitrik oksidin bora tepkileri farklı olan arpa genotipleri üzerine etkilerinin belirlenmesi;

3. B-toksik üretim alanlarında arpa tarımının iyileştirilmesinde ekzojenik NO uygulamalarının değerlendirilmesidir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması kapsamında tahıllar grubunda olan ve bor toksisitesine karşı tepkileri daha önceki çalışmalarda tespit edilmiş olan hassas Hamidiye arpa çeşidi ile toksisiteye karşı toleranslı olan Tokak arpa çeşidi materyal olarak kullanılmıştır.

3.1. Denemenin Kurulması İçin Yapılan Ön Hazırlıklar

3.1.1. Tohumların sterilizasyonu

Arpa tohumları çimlendirilmeden önce sterilizasyon işlemi uygulanmıştır. Sterilizasyon işlemlerinde % 10'luk sodyum hipoklorit çözeltisi hazırlamak için, %50'lik sodyum hipokloritten 100 ml alınıp üzerine 400 ml saf su eklenmiştir. Daha sonra 2-3 damla Tween-20 ilave edilip çözelti iyice karıştırılmıştır. Elde ettiğimiz bu çözeltiye tohumlar ilave edilip 10 dakika karıştırıcı üzerinde bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda tohumlar saf su ile iyice yıkanmıştır. Sodyum hipokloritten arındırılan tohumlar saf su içerisinde 3-4 saat kadar bekletilmiştir. Saf suda bekletmedeki amacımız tohumların çimlenmesine yardımcı olmaktır.

3.1.2. Tohumların çimlendirilmesi ve vernalizasyonu

Çimlendirme yapılan kabın tabanına iki kat serilen kurutma kâğıdı saf su ile nemlendirildikten sonra tohumlar kutu içerisine yerleştirilmiştir (**Şekil 3.1.**). Çimlendirme kabının üzeri alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Havalanmayı sağlamak için alüminyum folyonun birkaç noktasından kalem yardımıyla delikler açılmıştır (**Şekil 3.1.**). Bu şekilde laboratuar ortamında bir gece bekletilip burunlanmaları sağlanan tohumlar ağzı kapalı saklama kutularına aktarılarak vernalizasyonu sağlamak için +4°C de 45 gün bekletilmiştir.



Şekil 3.1. Sterilize edilen tohumların burunlanma için bırakılması

3.1.3. Sera denemesinde bitki materyali

Denemede bor toksisitesine hassas olan Hamidiye ile bor toksisitesine tolerant olan Tokak arpa çeşidi olmak üzere 2 farklı arpa çeşidi kullanılmıştır. Denemede kullanılan tohumlar bölümümüzdeki fizyoloji laboratuarından temin edilmiştir.

3.1.4. Sera denemesinde toprak ve torf materyali

Sera koşullarında yapılan denemede Konya ili Selçuk Üniversitesi Alâeddin Keykubat Kampüsü'nden temin edilen toprağa dörtte bir oranında torf karıştırılmıştır. Bu karışımın toprak analizleri yapılmış olup **Tablo 3.1.** deki gibidir.

Özellik	Toprak + Torf Karışımı			Özellik	Toprak		
	Birim	Değer	Yorum		Birim	Değer	Yorum
pH	---	7.04	Nötr	pH	---	7.36	Nötr
EC	µmhos cm^{-1}	348	Tuzsuz	EC	µmhos cm^{-1}	91.6	Tuzsuz
$CaCO_3$	%	33.5	Çok fazla kireçli	$CaCO_3$	%	37	Çok fazla kireçli
Org.Mad.	%	3.49	İyi	Org.Mad.	%	1.26	Az
N	$mgkg^{-1}$	69,3	Yetersiz	N	$mgkg^{-1}$	28.9	Yetersiz
P	$mgkg^{-1}$	14.87	Yeterli	P	$mgkg^{-1}$	3.62	Az
K	$mgkg^{-1}$	1311	Çok fazla	K	$mgkg^{-1}$	277	Yeterli
Ca	$mgkg^{-1}$	6269	Fazla	Ca	$mgkg^{-1}$	7513	Fazla
Mg	$mgkg^{-1}$	318	Yeterli	Mg	$mgkg^{-1}$	328	Yeterli

Değ. Na %		378		Değ. Na %		52	
Fe	$mgkg^{-1}$	2.3	Orta	Fe	$mgkg^{-1}$	2.77	Orta
Zn	$mgkg^{-1}$	1.51	Yeterli	Zn	$mgkg^{-1}$	1.48	Yeterli
Cu	$mgkg^{-1}$	0.49	Fazla	Cu	$mgkg^{-1}$	0.82	Fazla
Mn	$mgkg^{-1}$	8.46	Yeterli	Mn	$mgkg^{-1}$	6.9	Yeterli
B	$mgkg^{-1}$	1.81	Yeterli	B	$mgkg^{-1}$	1.19	Yeterli

Tablo 3.1. Torf + toprak karışımı toprak analiz sonuçları

3.1.5. Sera denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Deneme, ısı, ışık ve nispi nemi bilgisayar kontrollü olan bölüm serasında yürütülmüştür. Deneme süresince gündüzleri sera içi sıcaklığının 25±3 ^{o}C, solar radyasyonun 1700 kcal/m^2 ve nispi nemin %60±10 olması sağlanmıştır.

Deneme tesadüf parsellerinde 3 faktörlü faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede plastik saksılara 4 mm'lik elekten geçirilmiş fırın kuru ağırlık esasına göre 3.0 kg toprak + torf karışımı konulmuştur.

Saksılara ekim öncesinde 100 mg kg^{-1} N (652.2 mg saksı$^{-1}$ % 46 N) ve 100 mg kg^{-1} N da sapa kalkma döneminde (909.1 mg saksı$^{-1}$ % 33 N) olmak üzere her bir saksıya toplamda 200 mg kg^{-1} N uygulanmıştır. Saksılara ekim öncesinde fosfor 70 mg kg^{-1} P (921.3 mg saksı$^{-1}$ KH_2PO_4) olarak uygulanmıştır. Ekim öncesi belirtilen miktarlarda N, P ve K içeren çözelti her bir saksıya uygulanıp saksı içinde homojen olması için toprak karıştırılmış ve burunlanan tohumlar +4°C' de 45 gün vernalize edildikten sonra **Şekil 3.2** deneme şekline göre her bir saksıya 10 ar tohum olacak şekilde ekilmiştir.

Çeşit	Bor Yeterli Kontrol Grubu	Bor Toksik (10ppm) Test Grubu
Hamidiye	NO Yok Tekerrürleri	NO Yok Tekerrürleri
	NO Var Tekerrürleri	NO Var Tekerrürleri
Tokak	NO Yok Tekerrürleri	NO Yok Tekerrürleri
	NO Var Tekerrürleri	NO Var Tekerrürleri

Şekil 3.2. Deneme planı

Denemede kardeşlenme döneminden önce bitkilere bor uygulaması için H_3BO_3 çözeltisinden 10 mg kg^{-1} B (171.52mg $saksı^{-1}$) uygulanmıştır. Yine aynı dönemde nitrik oksit uygulaması için nitrik oksit vericisi olan 100 µM (0.09 mg $saksı^{-1}$) sodyum nitroprussid ($Na_2[Fe(CN)5NO]$) uygulanmıştır.

Kontrollü şartların sağlandığı serada yerleri rastgele seçilen tekerrürlere ait saksıların yerleri her gün kendi aralarında değiştirilmiştir.

Deneme süresince yapılan gözlemlerde arpa çeşitlerinin gelişmelerinde farklılıklar gözlenmiştir. Bu durumlar farklı zamanlarda fotoğraflar çekilerek tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. : Sera arpa denemesindeki bitki gelişim fotoğrafları

3.1.6. Sera denemesinde yapılan ölçümler

3.1.6.1. Bitki yaş ve kuru ağırlığı (g $saksı^{-1}$)

Toprak üstü kısmından hasat yapılarak kese kâğıtları içerisinde laboratuara getirilen örneklerin yaş ağırlıkları hassas terazide tartılarak tespit edilmiştir. Daha sonra tamamen temizleninceye kadar musluk suyu ile yıkandıktan sonra örnekler sırasıyla 0.1 N HCl çözeltisi, musluk suyu ve deiyonize su ile yıkanmış, fazla suları kaba filtre kâğıdı üzerinde alınmıştır. Bitkiler kese kâğıtları içerisine ayrı ayrı alındıktan sonra hava sirkülâsyonlu kurutma dolabında 70°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra bitkiler yine hassas terazide tekrar tartılarak kuru ağırlıkları kaydedilmiştir.

3.1.6.2. Bitki örneklerinin analize hazırlanması

Ağırlıkları belirlenmiş olan bitki materyalleri tungsten kaplı bitki öğütme değirmeninde öğütülmüştür. Polietilen kavanozlara konulan öğütülmüş bitki örnekleri analizde kullanılmadan önce 70ºC'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma dolabında kurutulmuştur.

3.1.6.3. Hasat zamanı bitki boy uzunluğu (cm saksı$^{-1}$)

Hasada başlamadan önce ilk olarak metre yardımıyla saksının toprak yüzeyinden bitki boy uzunluğu ölçülmüştür.

3.1.6.4. Dane verimi

Hasat sonrası elde edilen daneler tartılarak gram olarak ifade edilmiştir.

3.1.6.5. Hasat indeksi (%)

Hasat olgunluğuna gelen bitkiler toprak yüzeyinden kesilip hassas terazide tartılmıştır. Bu bitkilerden elde edilen daneler tartılmıştır ve aşağıdaki formül yardımıyla hasat indeksi yüzde olarak hesaplanmıştır.

Hİ (%) = (Dane ağırlığı / Sap+Dane ağırlığı)*100

3.1.6.6. Hücre zarı geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı) analizi

Hücre zarı geçirgenliği elektrolit sızıntısının ölçümüyle Dionisio-Sese ve Tobita (1998)'e göre belirlenmiştir. Yaprak örnekleri (100 mg) 5 mm uzunluğunda kesilerek 10 mL deiyonize su içeren deney tüplerine konulmuştur. Tüpler plastik kapaklarla kapatıldıktan sonra 32 ºC'lik bir su banyosunda 2 saat sürekli olarak tutulmuştur. Ortamın elektrik iletkenliği EC metre ile ölçülerek (EC_1) örnekler 121 ºC'de 20 dk boyunca tüm dokuların ölmesi ve elektrolitlerin dışa çıkması için otoklavlanmıştır. Sonra örnekler 25 ºC'ye kadar soğutularak bu ortamdaki elektrik iletkenliği ölçülmüştür (EC_2).

Elektrolit sızıntısı (ES) aşağıdaki formüle göre hesaplanır.

$ES = EC_1/EC_2 \times 100$.

3.1.6.7. Bağıl su içeriği (RWC)

Örnekleme dönemlerinde 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 ölçülmüştür. 6 saat boyunca dI-H_2O içinde petri kaplarında bekletilerek turgor haline gelmeleri sağlanmıştır. 70^oC' de 72 saat etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıklar saptanmıştır. Her bir gruba ait yaprak örneklerinin bağıl su içeriği aşağıdaki formüle göre % olarak hesaplanmıştır;

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

YA=Yaş Ağırlık

KA=Kuru Ağırlık

TA=Turgorlu Ağırlık

3.1.6.8. Prolin analizi (µmol g^{-1} taze ağırlık)

Prolin içeriğini belirlemede (Bates ve ark. 1973) nın belirtmiş oldukları yöntem izlenmiştir. Sıvı fazdan aspire edilen toluen fraksiyonunun 520 nm'deki absorbansı spektrofotometreden okunmuştur. Prolin konsantrasyonu, kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve µmol prolin g^{-1} taze ağırlık olarak ifade edilmiştir.

3.1.6.9. Malondialdehit (MDA) analizi

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

3.1.6.10. Yaprak element içeriklerinin belirlenmesi

Öğütülen bitki örneklerinden yaklaşık 0.2 g tartılmış, 5 ml HNO_3 ile yüksek sıcaklık (210°C) ve yüksek basınç (200 PSI) altında mikrodalga cihazında (CEM Mars 5) örnekler çözündürülmüştür. Daha sonra örnekler 50 ml'lik falkon tüplere aktarılarak soğutulmuş, deiyonize su ile 20 ml'ye tamamlanmıştır. Bu süzükler hemen ince gözenekli (Whatman No:42 veya mavi bant) filtre kağıdı ile süzülerek 25 ml'lik polietilen şişelere aktarılmış ve süzükteki element içerikleri ICP-AES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer) (Varian-Vista, Axiel) cihazı ile yaprak P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn ve B içerikleri belirlenmiştir (Soil Survey Laboratory Methods Manual 2004).

3.2. İstatistiki Sonuçların Değerlendirilmesi

Araştırma bitkileri üzerinde yapılan gözlem ve ölçümler MSTAT-C paket programlarından yararlanarak önce üç faktörlü faktöriyel deneme desenine göre varyans analizine tabii tutulmuş, varyasyon kaynaklarının en az % 5 önem seviyesinde etkili olduğu belirlenen özelliklerin ortalama değerleri üzerinde LSD analizi ile gruplandırmalar yapılmıştır. Ardından aynı program kullanılarak korelasyon testi yapılarak aralarındaki ilişkilere karar verilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Araştırmada, nitrik oksit (NO) ve bor (B) uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaş ve kuru ağırlıkları, bitki boy uzunluğu, dane verimi, hasat indeksi, hücre zarı geçirgenliği (EC), bağıl su içeriği (RWC), prolin, MDA, yaprak P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn ve B içeriği, aşağıda alt başlıklar halinde verilmiştir.

4.1. Bitki Yaş Ağırlığı (g saksı$^{-1}$) Sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin bitki yaş ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de, yaş ağırlığa ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaş ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	359.17	---	---
Çeşit (Ç)	1	114.68	114.68	14.00**
Bor Uyg. (B)	1	1.99	1.99	0.24
Ç x B İnt.	1	13.70	13.70	1.67
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	4.24	4.24	0.51
Ç x NO İnt.	1	18.63	18.63	2.27
B x NO İnt.	1	7.70	7.70	0.94
Ç x B x NO İnt.	1	1.61	1.61	0.19
Hata	24	196.59	8.19	
C. V. (%)	10.11			

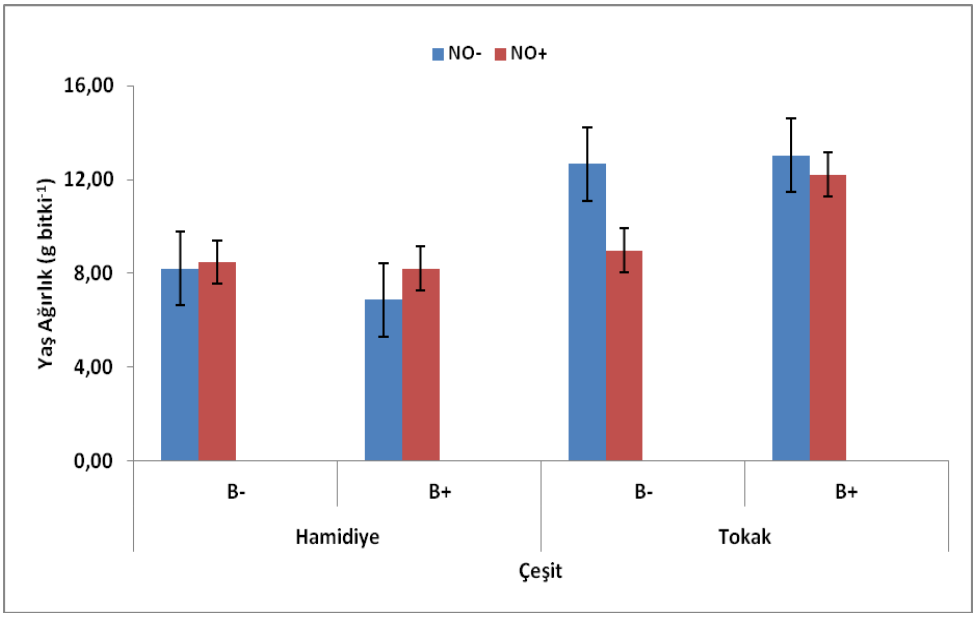
******: $p<0.01$

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.1) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin yaş ağırlığı üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaş ağırlığı üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	6.43	8.83	7.63	14.64	16.30	15.47	11.55
	2	9.39	5.53	7.46	10.62	8.60	9.61	8.54
	3	9.70	5.08	7.39	14.72	19.65	17.19	12.29
	4	7.33	8.04	7.69	10.68	7.62	9.15	8.42
Ortalama		8.21	6.87**(%-16)**	7.54	12.67	13.04**(%3)**	12.85	10.20
NO (+)	1	7.34	7.53	7.44	9.58	15.66	12.62	10.03
	2	10.70	8.82	9.76	10.02	14.97	12.50	11.13
	3	7.33	9.23	8.28	6.45	8.25	7.35	7.82
	4	8.54	7.22	7.88	9.87	9.99	9.93	8.91
Ortalama		8.48**(%3)**	8.20**(%0)**	8.34	8.98**(%-29)**	12.22**(%-4)**	10.60	9.47
Genel Ortalama		8.35	7.54	7.94**b**	10.82	12.63	11.726**a**	9.83

Çizelge 4.2 ve Şekil 4.1'in de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaş ağırlığında hem NO hem de bor uygulamalarının yapıldığı koşul kontrolle kıyaslandığında bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde herhangi bir değişiklik gözlenmezken bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinde %4' lük bir azalma gözlemlenmektedir.



Şekil 4.1. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaş ağırlığı üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye bitki yaş ağırlığı NO uygulaması ile kontrole göre %3'lük artış, bor uygulaması ile %16'lık azalış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile herhangi bir değişiklik belirlenmemiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde bitki yaş ağırlığında NO uygulaması ile %29'luk azalış, bor uygulaması ile %3'lük artış, hem NO hem de bor uygulaması ile %4'lük azalış belirlenmiştir. Şekil 4.1. de görüldüğü gibi bora tolerant olan Tokak çeşidinin bitki yaş ağırlığında bora hassas olan Hamidiye çeşidine göre bor uygulaması ile artışlar ortaya çıkmıştır. Ancak Karabal ve ark. (2003) bora hassas (Hamidiye) ve bora tolerant (Anadolu) arpa çeşitlerine toksik (10 mM) bor uyguladıklarında bora tolerant olan çeşitte kök ve yaprak yaş ağırlığında önemli azalma meydana gelirken bora hassas olan arpa çeşidinde ise yaprak yaş ağırlığında azalma belirlemişlerdir.

4.2. Bitki Kuru Ağırlığı (g saksı$^{-1}$) Sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin bitki kuru ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'te, kuru ağırlığa ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin kuru ağırlığı üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	11.32	---	---
Çeşit (Ç)	1	2.97	2.97	10.87**
Bor Uyg. (B)	1	0.03	0.03	0.12
Ç x B İnt.	1	0.49	0.49	1.82
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.29	0.29	1.07
Ç x NO İnt.	1	0.71	0.71	2.60
B x NO İnt.	1	0.24	0.24	0.87
Ç x B x NO İnt.	1	0.02	0.02	0.09
Hata	24	6.55	0.27	
C. V. (%)	10.11	11.33		

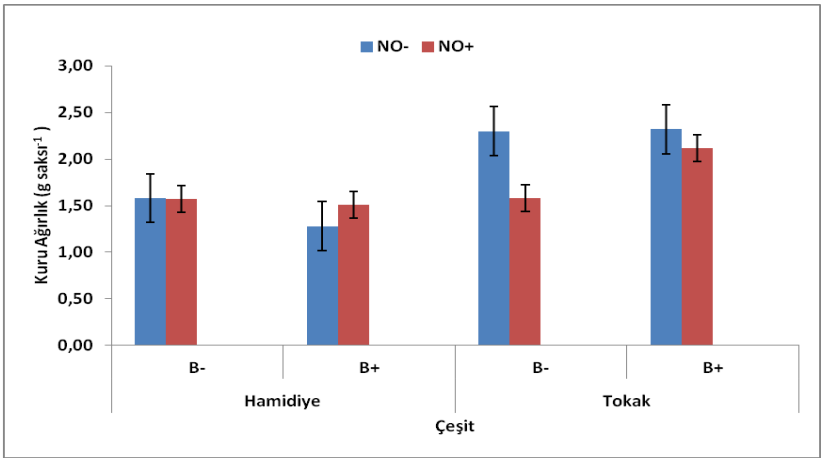
**: $p<0.01$

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.3) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin kuru ağırlığı üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin kuru ağırlığı üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	1.23	1.69	1.46	2.50	3.08	2.79	2.13
	2	1.66	0.86	1.26	1.98	1.54	1.76	1.51
	3	1.80	0.99	1.40	2.85	3.49	3.17	2.28
	4	1.64	1.59	1.62	1.86	1.42	1.64	1.63
	Ortalama	1.58	1.28**(%-19)**	1.43	2.30	2.38**(%1)**	2.34	1.89
NO (+)	1	1.34	1.36	1.35	1.60	2.78	2.19	1.77
	2	2.06	1.73	1.90	1.80	2.49	2.15	2.02
	3	1.35	1.63	1.49	1.22	1.38	1.30	1.40
	4	1.54	1.30	1.42	1.69	1.84	1.77	1.59
	Ortalama	1.57**(%-1)**	1.51**(%-4)**	1.54	1.58**(%-31)**	2.12**(%-8)**	1.85	1.69
Genel Ortalama		1.58	1.39	1.48**b**	1.94	2.25	2.09**a**	1.79

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.2'nin de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin kuru ağırlığı hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %4'lük, bora tolerant Tokak çeşidinde %8'lik azalış belirlenmiştir. NO uygulaması yapılmayan B-toksik koşullarda bora tolerant çeşit olan Tokak arpa çeşidinin kuru ağırlığında %1'lik bir artış bulunmuştur.



Şekil 4.2. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin kuru ağırlığı üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye çeşidinde bitki kuru ağırlığında NO uygulaması ile kontrole göre %1 azalma, bor uygulaması ile ise %19'luk azalış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %4'lük bir azalma belirlenmiştir.

Bora tolerant Tokak çeşidinde bitki kuru ağırlığında NO uygulaması ile %31'lik azalış, bor uygulaması ile ise %1'lik artış, hem NO hem de bor uygulaması ile %8'lik azalış belirlenmiştir.

Karabal ve ark. (2003) yapmış oldukları çalışmada bor toksisitesi altındaki bora tolerant (Anadolu) arpa bitkisinin kök kuru ağırlığında önemli azalma meydana gelmiştir.

4.3. Bitki Boy Uzunluğu (cm saksı$^{-1}$) Sonuçları

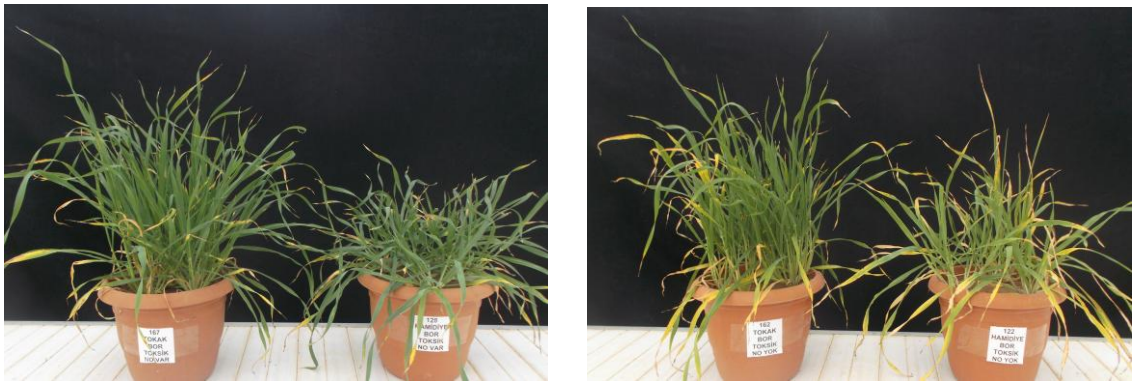
Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin hasat zamanı bitki boy uzunluğuna ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te, hasat zamanı bitki boy uzunluğuna ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin hasat zamanı boy uzunluğu üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	728.87	---	---
Çeşit (Ç)	1	15.12	15.12	1.00
Bor Uyg. (B)	1	190.12	190.12	12.67**
Ç x B İnt.	1	45.12	45.12	3.00
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	69.03	69.03	4.60*
Ç x NO İnt.	1	22.78	22.78	1.51
B x NO İnt.	1	22.78	22.78	1.51
Ç x B x NO İnt.	1	3.78	3.78	0.25
Hata	24	360.12	15.00	
C. V. (%)	5.80			

**:$p<0.01$, *: $p<0.05$

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.5) bor uygulamasının bitki boyu üzerine etkisi %1 düzeyinde, nitrik oksit uygulamasının bitki boyu üzerine etkileri ise istatistiki bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.3. : Nitrik oksidin bitki gelişimi üzerine etkisi

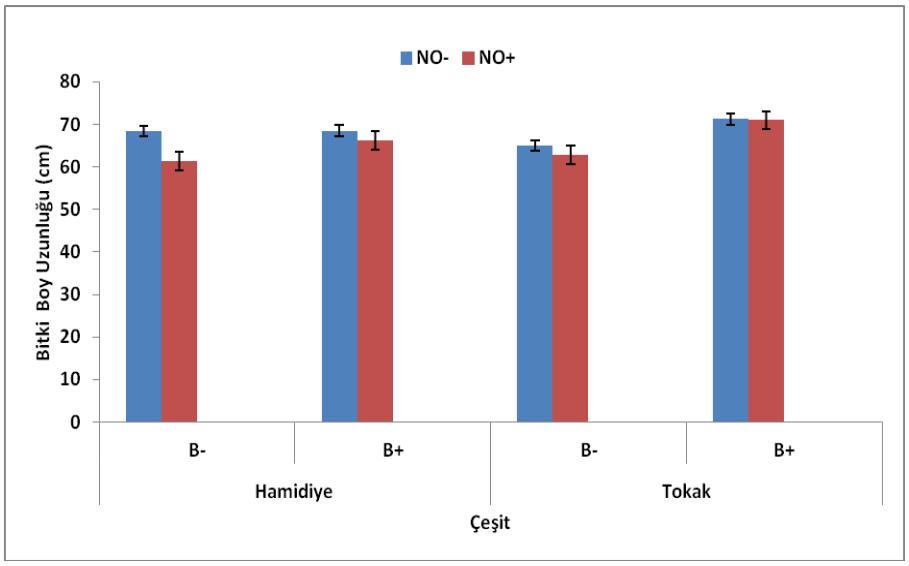
Çizelge 4.6. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin bitki boy uzunluğu üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	72.00	80.00	76.00	66.00	67.00	66.50	71.25
	2	70.00	63.00	66.50	64.00	69.00	66.50	66.50
	3	67.00	66.00	66.50	63.00	79.00	71.00	68.75
	4	64.50	65.00	64.75	67.00	70.00	68.50	66.63
	Ortalama	68.38	68.50**(%0)**	68.44	65.00	71.25**(%10)**	68.13	68.28**A**
NO (+)	1	61.00	65.00	63.00	61.00	69.00	65.00	64,00
	2	64.50	67.00	65.75	61.50	74.00	67.75	66,75
	3	58.00	68.00	63.00	64.00	70.00	67.00	65,00
	4	62.00	65.00	63.50	64.50	71.00	67.75	65,63
	Ortalama	61.38**(%-10)**	66.25**(%-3)**	63.81	62.75**(%-3)**	71.00**(%9)**	66.88	65.34**B**
Genel Ortalama		64.88	67.38	66.13	63.88	71.13	67.50	66.81

Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):

B(-) :	64.37**b**	B(+) :	69.25**a**

Çizelge 4.6 ve Şekil 4.4'ün de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin bitki boy uzunluğu hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %3'lük azalma gözlemlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %9'luk artış gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin bitki boy uzunluğu üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye arpa çeşidinde bitki boy uzunluğunda NO uygulaması ile kontrole göre %10 azalma, bor uygulaması ile herhangi bir değişiklik gözlemlenmezken, hem NO hem de borun birlikte uygulanmasıyla boy uzunluğunda NO uygulaması ile %3'lük azalma, bor uygulaması ile %10'luk artış, hem NO hem de bor uygulaması ile %9'luk artış belirlenmiştir.

Abiyotik stres koşullarından olan kuraklık stresi altındaki arpa bitkisinin (*Hordeum vulgare* L. *var. nudum Hook. f.*) yaş ve kuru ağırlığı ile bitki boyunun azaldığı ancak NO uygulamasının kuraklık stresi altında bitki büyümesini geliştirdiği Gan ve ark. (2015) tarafından belirtilmiştir. Çalışmada en iyi gelişmenin 100 µmol NO uygulaması ile sağlandığı görülmüştür. Bu tez çalışmasında da NO'in bitki boyu üzerine olumlu etkisinin olduğu saptanmıştır.

4.4. Dane Verimi Sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin dane verimine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de dane verimine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin dane verimi üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	70.45	---	---
Çeşit (Ç)	1	3.12	3.12	2.26
Bor Uyg. (B)	1	3.10	3.10	2.24
Ç x B İnt.	1	16.24	16.24	11.75**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	3.96	3.96	2.86
Ç x NO İnt.	1	0.78	0.78	0.56
B x NO İnt.	1	9.05	9.05	6.54*
Ç x B x NO İnt.	1	1.00	1.00	0.72
Hata	24	33.18	1.38	
C. V. (%)	10.47			

**: p<0.01, *: p<0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.7) Ç x B uygulama interaksiyonunun dane verimi üzerine etkisi istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur ve B x NO uygulaması interaksiyonunun dane verimi üzerine etkisi ise istatistiki bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Dane verimine etki bakımından Ç x B uygulaması ve B x NO uygulaması interaksiyonlarının önemli çıkması dane veriminin NO ve B uygulamalarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

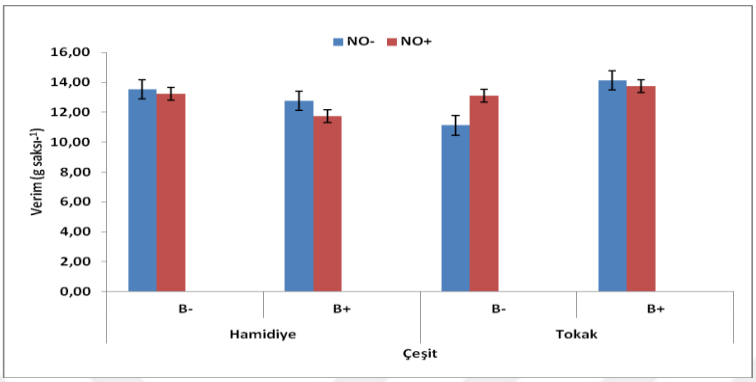
Çizelge 4.8. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin dane verimi üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	14.99	11.00	13.00	9.90	14.94	12.42	12.71
	2	10.25	12.48	11.37	11.37	14.11	12.74	12.05
	3	11.92	12.29	12.11	11.50	14.01	12.76	12.43
	4	11.39	12.41	11.90	9.91	13.48	11.70	11.80
	Ortalama	12.14	12.05**(%-1)**	12.09	10.67	14.14**(%27)**	12.40	12.25
NO (+)	**1**	13.00	11.91	12.46	12.43	13.96	13.20	12.83
	2	14.50	12.80	13.65	14.81	14.24	14.53	14.09
	3	14.10	10.77	12.44	12.67	14.66	13.67	13.05
	4	11.35	11.42	11.39	12.51	12.08	12.30	11.84
	Ortalama	13.24**(%9)**	11.73**(%-3)**	12.48	13.11**(%18)**	13.74**(%23)**	13.42	12.95
Genel ortalama		12.68**AB**	11.88**B**	12.29	11.88**B**	13.93**A**	12.91	12.60

Bor x NO İnteraksiyonu (LSD $_{0.05}$):

NO(-)B(-)	11.40***b***	NO(+)B(-)	13.17***a***
NO(-)B(+)	13.09***a***	NO(+)B(+)	12.73***a***

Çizelge 4.8 ve **Şekil 4.5**'in de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin dane verimi hem NO hem de B uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %3'lük azalma gözlemlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %23'lük artış görülmüştür.



Şekil 4.5. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin dane verimi üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye dane verimi NO uygulaması ile kontrole göre %9 artış, bor uygulaması ile %1'lik azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %3'lük bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde dane veriminde NO uygulaması ile %18'lik artış, bor uygulaması ile %27'lik artış, hem NO hem de bor uygulaması ile %23'lük artış belirlenmiştir.

Torun ve ark. (2003) 10 değişik arpa çeşiti (Tokak, Cumhuriyet, Hamidiye, Erginel, Obruk, Anadolu, Bülbül, Yesevi, Yea-1868, Tarm-92) ile yaptıkları tarla denemesinde kardeşlenme dönemindeki sürgünlerde B konsantrasyonu arttıkça dane verimi de artmıştır.

4.5. Hasat İndeksi (%) Analizi Sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin hasat indeksine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da, hasat indeksine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar ise Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin hasat indeksi üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	1409.85	---	---
Çeşit (Ç)	1	524.31	524.31	21.50**
Bor Uyg. (B)	1	9.27	9.27	0.38
Ç x B İnt.	1	208.13	208.13	8.53**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.08	0.08	0.003
Ç x NO İnt.	1	56.79	56.79	2.32
B x NO İnt.	1	26.11	26.11	1.07
Ç x B x NO İnt.	1	0.05	0.05	0.002
Hata	24	585.08	24.378	
C. V. (%)	12.56			

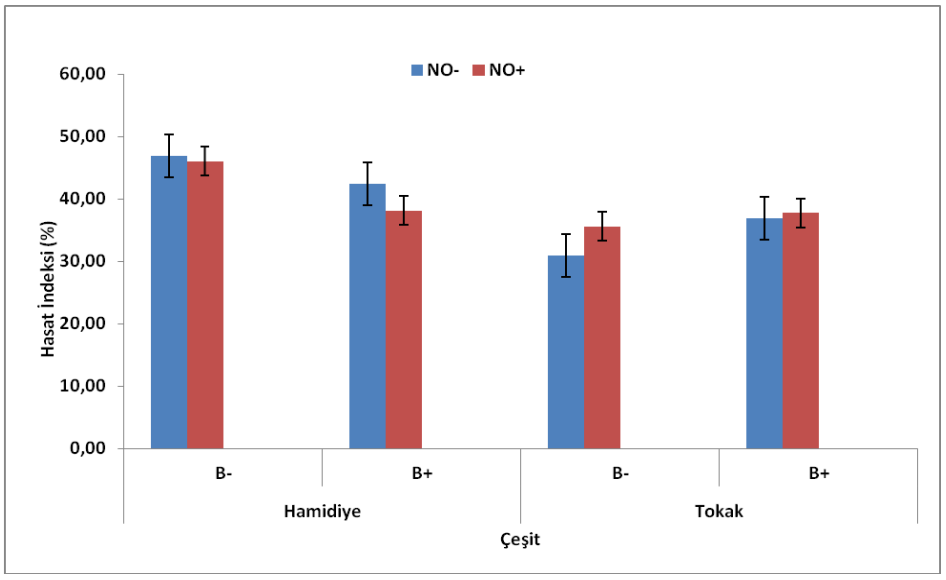
**: $p<0.01$

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.9) nitrik oksit ve bor uygulamaları çeşitlerin hasat indeksi üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur ve Ç x B interaksiyonunun hasat indeksi üzerine etkileri de istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin hasat indeksi üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	55.13	46.22	50.67	37.03	39.50	38.26	44.47
	2	56.64	38.22	47.43	29.31	34.66	31.99	39.71
	3	38.43	47.63	43.03	30.37	37.44	33.90	38.47
	4	37.28	37.61	37.45	27.01	35.77	31.39	34.42
	Ortalama	46.88	42.42**(%-9)**	44.65	30.93	36.85**(%19)**	33.89	39.27
NO (+)	**1**	45.42	39.90	42.66	35.96	38.31	37.13	39.90
	2	46.15	38.07	42.11	36.72	34.07	35.39	38.75
	3	50.87	34.01	42.44	34.50	42.22	38.36	40.40
	4	41.73	40.57	41.15	35.18	36.31	35.74	38.45
	Ortalama	46.04**(%-2)**	38.14**(%-19)**	42.09	35.59**(%15)**	37.73**(%22)**	36.66	39.37
Genel ortalama		46.45**A**	40.28**AB**	43.37**a**	33.26**C**	37.28**BC**	35.27**b**	39.32

Çizelge 4.10 ve Şekil 4.6'nın da incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin hasat indeksinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %19'luk azalma gözlemlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %22'lik artış gözlenmiştir.



Şekil 4.6. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin hasat indeksi üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye hasat indeksi NO uygulaması ile kontrole göre %2 azalma, bor uygulaması ile %9'luk azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %19'luk bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde hasat indeksinde ise NO uygulaması ile %15'lik artış, bor uygulaması ile %19'luk artış, hem NO hem de bor uygulaması ile %22'lik artış belirlenmiştir.

4.6. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı) Analizi Sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin hücre zarı geçirgenliğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de, hücre zarı geçirgenliğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin hücre zarı geçirgenliği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	58.91	---	---
Çeşit (Ç)	1	5.63	5.36	4.21*
Bor Uyg. (B)	1	8.65	8.65	6.79**
Ç x B İnt.	1	1.44	1.44	1.13
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	1.79	1.79	1.40
Ç x NO İnt.	1	0.41	0.41	0.32
B x NO İnt.	1	0.01	0.01	0.01
Ç x B x NO İnt.	1	10.67	10.67	8.37**
Hata	24	30.56	1.27	
C. V. (%)	9.28			

**: p<0.01, *: p<0.05

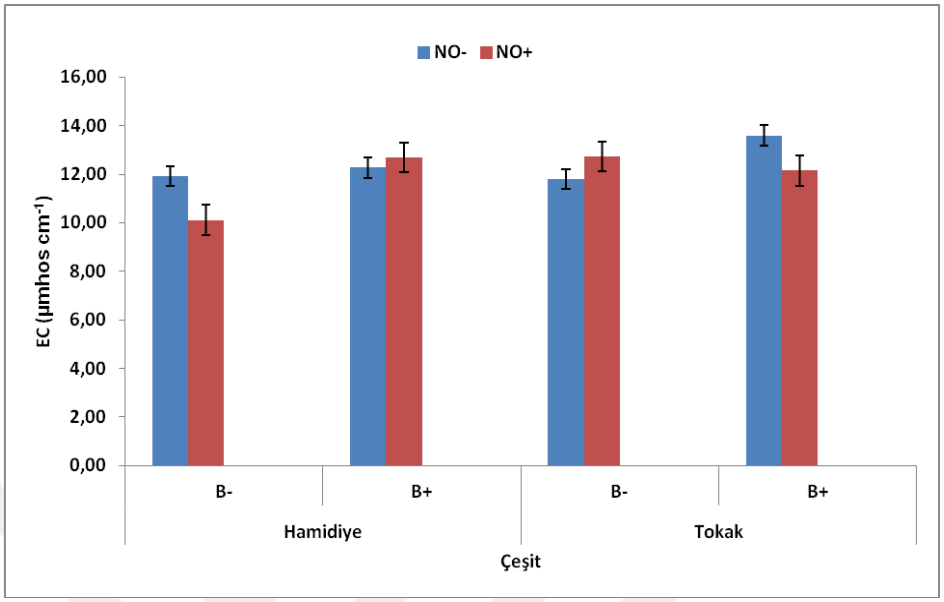
Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.11) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin hücre zarı geçirgenliği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur, bor uygulamasının hücre zarı geçirgenliği üzerine etkisi ise istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunurken Ç x B x NO interaksiyonunun hücre zarı geçirgenliği üzerine etkisi de istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin hücre zarı geçirgenliği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	13.01	10.31	11.66	10.57	13.06	11.82	11.74
	2	11.74	13.97	12.86	11.17	13.61	12.39	12.62
	3	11.57	14.18	12.88	12.14	14.43	13.29	13.08
	4	11.37	10.63	11.00	13.26	13.28	13.27	12.14
	Ortalama	11.92***ab***	12.27 **(%3)*ab***	12.10	11.78 ***ab***	13.59 **(%15)*a***	12.69	12.39
NO (+)	**1**	9.00	13.42	11.21	13.52	12.55	13.04	12.12
	2	11.20	11.79	11.50	12.10	11.54	11.82	11.66
	3	9.29	11.48	10.39	12.20	12.53	12.37	11.38
	4	10.94	14.06	12.50	13.11	11.99	12.55	12.53
	Ortalama	10.10 **(%-15)*b***	12.68 **(%6)*a***	11.40	12.73 **(%8)*a***	12.15 **(%3)*ab***	12.44	11.92
Genel Ortalama		11.02	12.48	11.74**b**	12.26	12.87	12.56**a**	12.16

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.7'nin de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin hücre zarı geçirgenliği hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı

koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %6'lık artış gözlemlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %3'lük artış gözlemlenmiştir.



Şekil 4.7. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin hücre zarı geçirgenliği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye hücre zarı geçirgenliği NO uygulaması ile kontrole göre %15 azalma, bor uygulaması ile %3'lük artış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %6'lık bir artış belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde hücre zarı geçirgenliğinde NO uygulaması ile %8'lik artış, bor uygulaması ile %15'lik artış, hem NO hem de bor uygulaması ile %3'lük artış belirlenmiştir.

Kaya ve Ashraf (2015) bor stresi altındaki domatese uyguladıkları NO'in yapraklarda B, MDA ve H_2O_2 konsantrasyonlarının yanı sıra hücre zarı geçirgenliğini de azaltarak domateste meyve verimini artırdığını ortaya koymuşlardır.

4.7. Bağıl Su İçeriği (RWC) Analizi Sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin hücre zarı geçirgenliğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13 de, hücre zarı geçirgenliğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin bağıl su içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	5245.98	---	---
Çeşit (Ç)	1	1345.50	1345.50	14.50**
Bor Uyg. (B)	1	159.75	159.75	1.72
Ç x B İnt.	1	73.50	73.50	0.79
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	556.94	556.94	6.00*
Ç x NO İnt.	1	878.85	878.85	9.47**
B x NO İnt.	1	1.66	1.66	0.01
Ç x B x NO İnt.	1	2.82	2.82	0.03
Hata	24	2226.92	92.78	
C. V. (%)	14.56			

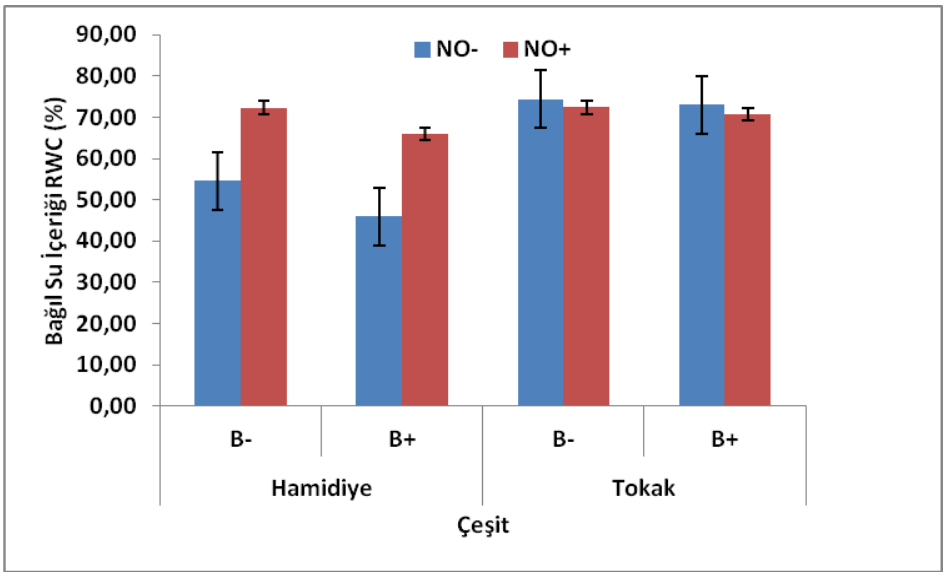
**: p<0.01, *:p<0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.13) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin bağıl su içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. NO uygulamasının bağıl su içeriği üzerine etkisi istatistiki bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunurken Ç x NO interaksiyonunun bağıl su içeriği üzerine etkisi de istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin bağıl su içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	40.30	38.80	39.55	70.40	77.30	73.85	56.70
	2	51.90	36.90	44.40	76.70	70.60	73.65	59.03
	3	59.80	57.60	58.70	69.20	67.10	68.15	63.43
	4	66.20	50.70	58.45	81.20	77.30	79.25	68.85
	Ortalama	54.55	46.00**(%-16)**	50.27***B***	74.38	73.08**(%-2)**	73.72***A***	62.00**B**
NO (+)	**1**	75.60	79.30	77.45	80.50	80.50	80.50	78.98
	2	69.80	43.10	56.45	62.50	77.30	69.90	63.18
	3	74.80	70.90	72.85	77.10	71.40	74.25	73.55
	4	69.10	70.20	69.65	69.40	54.00	61.70	65.68
	Ortalama	72.33**(%33)**	65.88**(%21)**	69.10***A***	72.38**(%-3)**	70.80**(%-5)**	71.58***A***	70.34**A**
Genel Ortalama		63.44	55.94	59.68**b**	73.38	71.94	72.65**a**	66.17

Çizelge 4.14 ve Şekil 4.8'in de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin bağıl su içeriği hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %21'lik artış belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %5'lik azalma belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin bağıl su içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye bağıl su içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %33 artış, bor uygulaması ile %16'lık azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %21'lik bir artış görülmüştür. Bora tolerant Tokak çeşidinde ise bağıl su içeriğinde NO uygulaması ile %3'lük azalma, bor uygulaması ile %2'lik azalma, hem NO hem de bor uygulaması ile %5'lik azalma belirlenmiştir.

Gan ve ark. (2015) kuraklık stresi altındaki arpa bitkisine (*Hordeum vulgare* L. *var. nudum Hook. f.*) uyguladıkları NO ile bitkinin yaprak su içeriğinde önemli ölçüde artış meydana gelmiştir. Sonuç itibariyle stres koşullarında NO uygulanmasıyla bitkinin bağıl su içeriğinin artırılabileceği öngörülmektedir.

4.8. Prolin Analizi Sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa prolin değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'de, proline ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.15. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin prolin üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	0.03	---	---
Çeşit (Ç)	1	0.01	0.01	70.35**
Bor Uyg. (B)	1	0.008	0.008	41.81**
Ç x B İnt.	1	0.006	0.006	33.23**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.000	0.000	1.89
Ç x NO İnt.	1	0.000	0.000	1.42
B x NO İnt.	1	0.001	0.001	4.98*
Ç x B x NO İnt.	1	0.003	0.003	14.97**
Hata	24	0.004	0.000	
C. V. (%)	22.38			

**: $p<0.01$, *: $p<0.05$

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.15) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin prolin değerleri üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bor uygulamasının prolin üzerine etkisi istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli bulunurken Ç x B interaksiyonunun prolin üzerine etkisi de istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Pek çok bitkide abiyotik stres koşulları altında fizyolojik cevap olarak prolin biriktirildiğini çeşitli araştırmacılar göstermektedir (Zhang ve ark. 2003, Zhang ve ark. 2008, Izadi ve ark. 2014). **Şekil 4.9'**da da görüldüğü üzere toksisite koşullarında Hamidiye'de NO uygulaması kontrolle kıyaslandığında bir artış görülmekte iken Tokak çeşidinde yine aynı koşullar altında herhangi bir değişiklik görülmemiştir. Bor toksisitesine hassas olan Hamidiye çeşidinde prolin içeriğinde kontrole göre artış %57'dir **(Çizelge 4.16)**.

Çizelge 4.16. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin prolin üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	0.06	0.13	0.09	0.03	0.04	0.03	0.06
	2	0.06	0.11	0.09	0.05	0.05	0.05	0.07
	3	0.08	0.11	0.09	0.02	0.09	0.05	0.07
	4	0.07	0.12	0.09	0.02	0.07	0.05	0.07
	Ortalama	0.07***b***	0.12**(%71)*a***	0.09	0.03***d***	0.06***(%100) bc***	0.05	0.07
NO (+)	1	0.03	0.11	0.07	0.05	0.03	0.04	0.05
	2	0.05	0.12	0.08	0.04	0.03	0.04	0.06
	3	0.07	0.11	0.09	0.07	0.04	0.05	0.07
	4	0.03	0.11	0.07	0.08	0.02	0.05	0.06
	Ortalama	0.05 **(%-29)cd**	0.11**(%57)*a***	0.08	0.06**(%100)*bc***	0.03**(%0)*d***	0.04	0.06
Genel ortalama		0.06**B**	0.12**A**	0.09**a**	0.04**B**	0.05**B**	0.05**b**	0.07

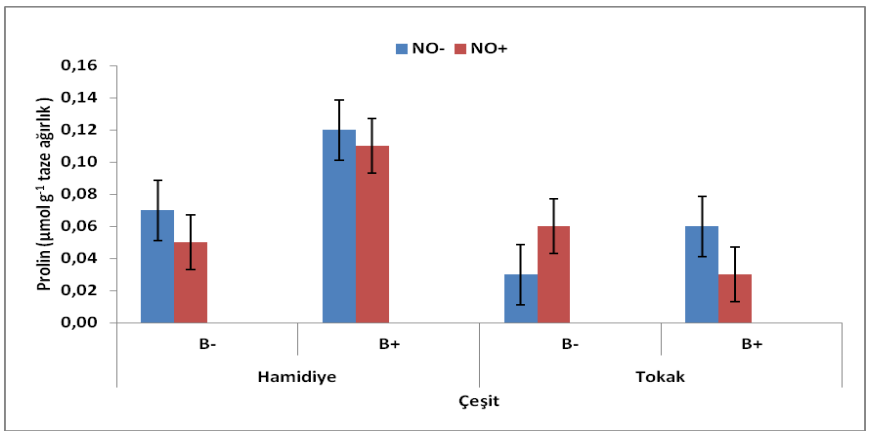
Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):

B(-) :	0.05**b**	B(+) :	0.08**a**

Bor x NO İnteraksiyonu (LSD $_{0.05}$):

NO(-)B(-)	0.05**c**	NO(+)B(-)	0.09**a**
NO(-)B(+)	0.05**c**	NO(+)B(+)	0.07**b**

Çizelge 4.16 ve Şekil 4.9'un da incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin prolin içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %57'lik artış belirlenirken, bora tolerant Tokak çeşidinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.



Şekil 4.9. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin prolin üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de prolin içeriğinde, NO uygulaması ile kontrole göre %29 azalma, bor uygulaması ile %71'lik artış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %57'lık bir artış belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde ise prolin içeriğinde NO uygulaması ile %100'lük artış, bor uygulaması ile %100'lük artış, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda ise herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

4.9. Malondialdehit (MDA) Analizi Sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa MDA'ya ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de, MDA'ya ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin MDA üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	446.49	---	---
Çeşit (Ç)	1	145.26	145.26	31.03**
Bor Uyg. (B)	1	88.31	88.31	18.86**
Ç x B İnt.	1	24.39	24.39	5.21*
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	62.27	62.27	13.30**
Ç x NO İnt.	1	7.74	7.74	1.65
B x NO İnt.	1	0.01	0.01	0.003
Ç x B x NO İnt.	1	6.14	6.14	1.31
Hata	24	112.34	4.68	
C. V. (%)	5.73			

**: $p<0.01$, *: $p<0.05$

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.17) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin MDA üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bor uygulamasının MDA üzerine etkisi de istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ç x B interaksiyonunun MDA üzerine etkisi ise istatistiki bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunurken, NO uygulamasının MDA üzerine etkisi istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

MDA genellikle stres koşulları altında lipid peroksidazın veya membran hasarlarının değerlendirilmesi için kullanılan bir parametredir. Lipid peroksidazın derecesi stresin derecesini gösterir bu da MDA içeriği ile belirlenir. Kuraklık stresi koşullarında fasulyede yapılan bir çalışmada kuraklığa toleranslı *Phaseolus*

acutifolius Gray. türü hassas *P. vulgaris* L. türü ile kıyaslandığında daha az MDA içerdiği belirlenmiştir (Türkan ve ark. 2005). Bizim yapmış olduğumuz çalışmada da, **Şekil 4.10'**da da görüldüğü gibi, bor toksisitesi koşullarında hassas ve tolerant olan her iki çeşitte MDA içeriği artmış olmakla birlikte hassas olan çeşitte bu artış daha belirgin haldedir. Buna karşılık, NO uygulaması bitkilerde oluşan strese karşı olumlu etki göstererek MDA içeriğini her iki genotipte de azaltmıştır. Ancak bu azalma hassas olan Hamidiye çeşidinde çok daha belirgin olmuştur.

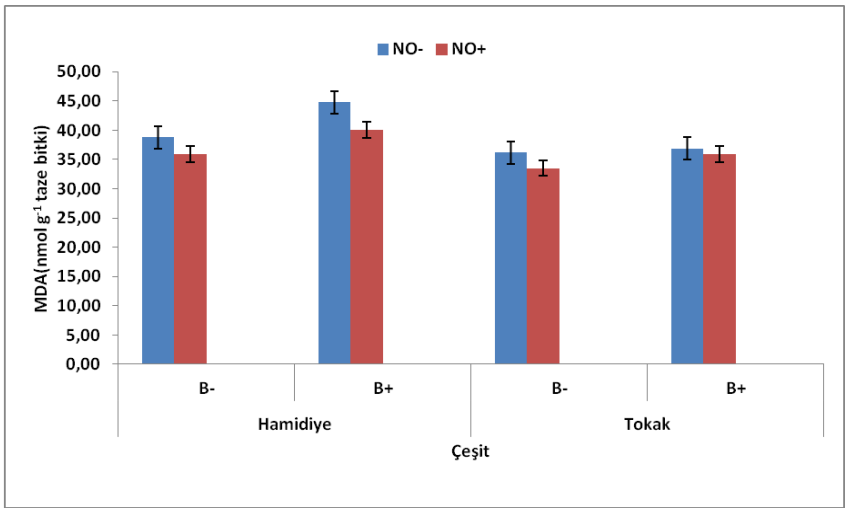
Çizelge 4.18. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin MDA üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	40.24	46.74	43.49	33.82	36.35	35.09	39.29
	2	38.35	45.50	41.93	38.19	38.94	38.57	40.25
	3	39.92	44.00	41.96	36.98	36.49	36.74	39.35
	4	36.65	42.88	39.77	35.68	35.87	35.78	37.77
	Ortalama	38.79	44.78 **(%15)**	41.79	36.17	36.91 **(%2)**	36.54	39.16**A**
NO (+)	1	39.35	40.88	40.12	31.61	36.74	34.18	37.15
	2	35.24	41.68	38.46	33.79	38.71	36.25	37.36
	3	30.58	40.23	35.41	35.17	34.79	34.98	35.19
	4	38.58	37.55	38.07	33.55	33.51	33.53	35.80
	Ortalama	35.94**(%-7)**	40.09**(%3)**	38.01	33.53**(%-7)**	35.94**(%-1)**	34.73	36.37**B**
Genel Ortalama		37.36**B**	42.43**A**	39.89**a**	34.84**C**	36.42**BC**	35.63**b**	37.77

Bor Uygulamaları ($LSD_{0.01}$):

B(-) : 36.10**b** B(+) : 39.42**a**

Çizelge 4.18 ve Şekil 4.10'un da incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin MDA içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %3'lük artış gözlemlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %1'lik bir azalma gözlenmiştir.



Şekil 4.10. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin MDA üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de MDA içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %7 azalma, bor uygulaması ile %15'lik artış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %3'lük bir artış belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde MDA içeriğinde NO uygulaması ile %7'lik azalma, bor uygulaması ile %2'lik artış, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda da %1'lik bir azalma belirlenmiştir.

4.10. Yaprak P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn ve B İçerikleri Analizi Sonuçları

4.10.1. Yaprak P içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak P içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19'da, yaprak P içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak P içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	0.169	---	---
Çeşit (Ç)	1	0.005	0.005	5.13*
Bor Uyg. (B)	1	0.02	0.02	24.38**
Ç x B İnt.	1	0.05	0.05	59.69**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.01	0.01	13.39**
Ç x NO İnt.	1	0.00	0.00	0.40
B x NO İnt.	1	0.001	0.001	1.48
Ç x B x NO İnt.	1	0.05	0.05	54.42*
Hata	24	0.02	0.001	
C. V. (%)	7.51			

**: p<0.01, *: p<0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.19) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin yaprak P içeriği üzerine etkileri istatistikî bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bor uygulamasının yaprak P içeriği üzerine etkisi istatistikî bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ç x B interaksiyonunun ve NO uygulamasının yaprak P içeriği üzerine etkisi de istatistikî bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunurken, Ç x B x NO interaksiyonunun yaprak P içeriği üzerine etkisi istatistikî bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

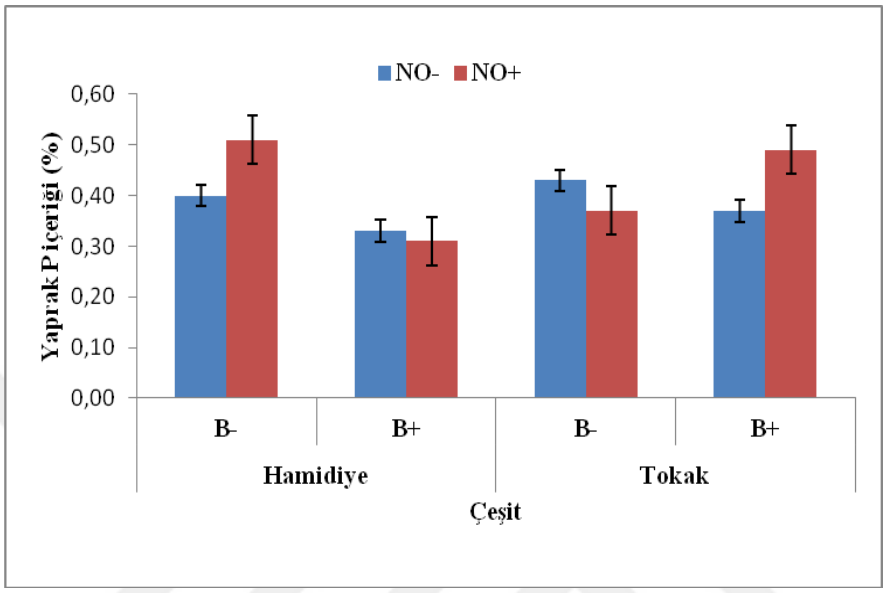
Çizelge 4.20. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak P içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	0.43	0.36	0.39	0.43	0.41	0.42	0.41
	2	0.38	0.33	0.35	0.39	0.34	0.36	0.36
	3	0.42	0.35	0.39	0.44	0.37	0.41	0.40
	4	0.39	0.30	0.34	0.47	0.36	0.41	0.38
	Ortalama	0.40***c***	0.33 **(%-18)*d***	0.37	0.43***bc***	0.37 **(%-14)*cd***	0.40	0.38**B**
NO (+)	**1**	0.49	0.30	0.40	0.40	0.52	0.46	0.43
	2	0.57	0.29	0.43	0.35	0.49	0.42	0.43
	3	0.54	0.30	0.42	0.37	0.49	0.43	0.43
	4	0.47	0.37	0.42	0.37	0.48	0.42	0.42
	Ortalama	0.51**(%28)*a***	0.31**(%-23)*d***	0.42	0.37 **(%-14)*cd***	0.49 **(%14)*ab***	0.43	0.42**A**
Genel Ortalama		0.46**A**	0.32**C**	0.39**b**	0.40**B**	0.43**AB**	0.41**a**	0.41

Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):

B(-) : 0.43**a** B(+) : 0.37**b**

Çizelge 4.20 ve Şekil 4.11'in de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak P içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %23'lük azalma belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %14'lük bir artış gözlenmiştir.



Şekil 4.11. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak P içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak P içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %28 artış, bor uygulaması ile %18'lik azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %23'lük bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde ise yaprak P içeriğinde NO uygulaması ile %14'lük azalma, bor uygulaması ile %14'lük azalma, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda da %14'lük bir artış belirlenmiştir.

4.10.2. Yaprak K içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak K içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21' de, yaprak K içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak K içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	6.42	---	---
Çeşit (Ç)	1	1.35	1.35	30.07**
Bor Uyg. (B)	1	0.12	0.12	2.79
Ç x B İnt.	1	1.15	1.15	25.68**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.04	0.04	0.94
Ç x NO İnt.	1	0.99	0.99	21.95**
B x NO İnt.	1	0.17	0.17	3.76
Ç x B x NO İnt.	1	1.50	1.50	33.26**
Hata	24	1.08	0.04	
C. V. (%)	5.51			

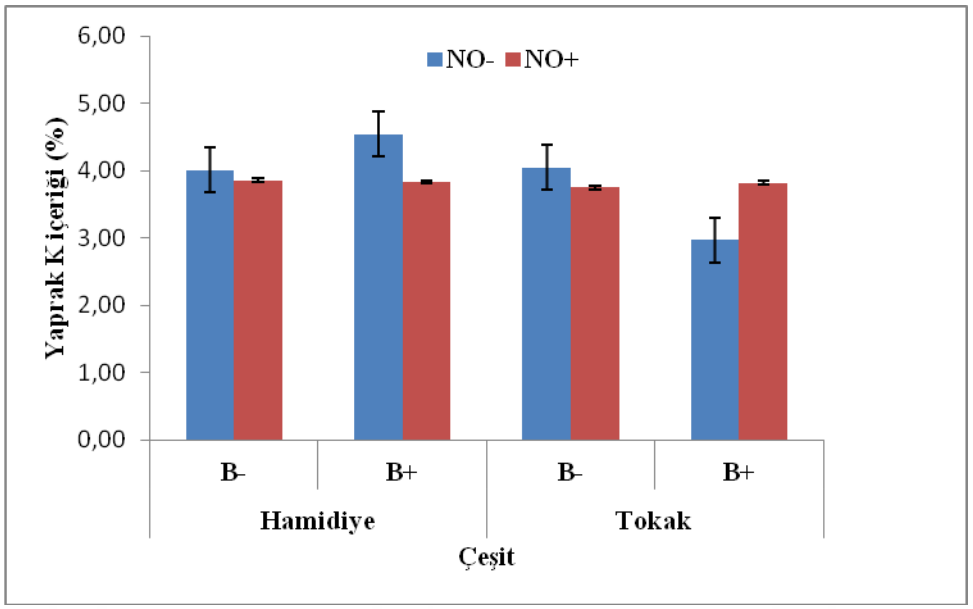
**: p<0.01, *: p<0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.21) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin yaprak K içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ç x B, Ç x NO ve Ç x B x NO interaksiyonlarının yaprak K içeriği üzerine etkisi istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak K içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	4.12	4.33	4.22	4.38	3.09	3.74	3.98
	2	4.04	4.54	4.29	4.02	3.12	3.57	3.93
	3	3.95	4.81	4.38	3.86	2.74	3.30	3.84
	4	3.91	4.51	4.21	3.96	2.93	3.44	3.83
Ortalama		4.01***b***	4.54**(%13)*a***	4.27**A**	4.05***b***	2.97**(%-27)*c***	3.51**C**	3.89
NO (+)	**1**	3.67	3.62	3.64	3.73	4.00	3.86	3.75
	2	3.97	3.83	3.90	3.78	3.64	3.71	3.80
	3	3.50	3.87	3.68	3.89	4.07	3.98	3.83
	4	4.33	4.02	4.18	3.62	3.60	3.61	3.89
Ortalama		3.86**(%-4)*b***	3.83**(%-4)*b***	3.84**B**	3.75**(%-7)*b***	3.82**(%-6)*b***	3.79**BC**	3.82
Genel Ortalama		3.93**A**	4.19**A**	4.06**a**	3.90**A**	3.39**B**	3.65**b**	3.86

Çizelge 4.22 ve Şekil 4.12'nin de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak K içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %4'lük azalma belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %6'lık bir azalma belirlenmiştir.



Şekil 4.12. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak K içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak K içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %4 azalma, bor uygulaması ile %13'lük artış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %4'lük bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak K içeriğinde NO uygulaması ile %7'lik azalma, bor uygulaması ile %27'lik azalma, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda da %6'lik bir azalma belirlenmiştir.

Benzer bir araştırmada, Kaya ve Ashraf (2015) domatese artan bor dozu ile uyguladıkları NO'in K içeriğini azalttığını ortaya koymuşlardır.

4.10.3. Yaprak Ca içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak Ca içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'de, yaprak Ca içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Ca içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	0.42	---	---
Çeşit (Ç)	1	0.16	0.16	6134**
Bor Uyg. (B)	1	0.12	0.12	44.68**
Ç x B İnt.	1	0.04	0.04	15.87**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.006	0.006	2.20
Ç x NO İnt.	1	0.001	0.001	0.45
B x NO İnt.	1	0.002	0.002	0.77
Ç x B x NO İnt.	1	0.01	0.01	3.83
Hata	24	0.06	0.003	
C. V. (%)	10.77			

**: p<0.01, *: p<0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.23) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin yaprak Ca içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bor uygulamasının ve Ç x B interaksiyonunun yaprak Ca içeriği üzerine etkisi de istatistiki bakımdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

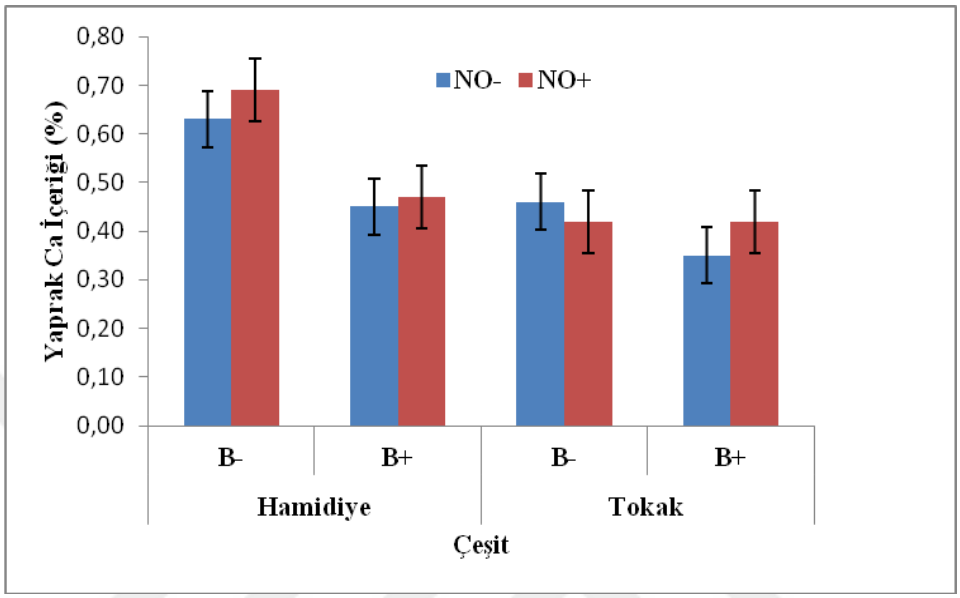
Çizelge 4.24. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Ca içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	0.68	0.45	0.56	0.43	0.37	0.40	0.48
	2	0.68	0.44	0.56	0.41	0.36	0.39	0.47
	3	0.57	0.47	0.52	0.46	0.36	0.41	0.46
	4	0.58	0.44	0.51	0.53	0.33	0.43	0.47
	Ortalama	0.63	0.45**(%-29)**	0.54	0.46	0.35**(%-24)**	0.41	0.47
NO (+)	**1**	0.63	0.51	0.57	0.44	0.49	0.46	0.52
	2	0.63	0.40	0.52	0.44	0.47	0.46	0.49
	3	0.70	0.52	0.61	0.44	0.37	0.41	0.51
	4	0.79	0.45	0.62	0.36	0.36	0.36	0.49
	Ortalama	0.69**(%10)**	0.47**(%-25)**	0.58	0.42**(%-9)**	0.42**(%-9)**	0.42	0.50
Genel Ortalama		0.65**A**	0.46**B**	0.55**a**	0.43**B**	0.38**B**	0.41**b**	0.49

Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):

B(-) :	0.54**a**	B(+) :	0.42**b**

Çizelge 4.24 ve Şekil 4.13'ün de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak Ca içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %25'lik azalma belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %9'luk bir azalma belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Ca içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak Ca içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %10 artış, bor uygulaması ile %29'luk azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %25'lik bir azalma gözlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak Ca içeriğinde NO uygulaması ile %9'luk azalma, bor uygulaması ile %24'lük azalma, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda da %9'luk bir azalma belirlenmiştir.

4.10.4. Yaprak Mg içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak Mg içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'te, yaprak Mg içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar ise Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.25. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Mg içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	0.01	---	---
Çeşit (Ç)	1	0.001	0.001	13.63**
Bor Uyg. (B)	1	0.003	0.003	34.90**
Ç x B İnt.	1	0.002	0.002	23.04**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.000	0.000	122
Ç x NO İnt.	1	0.000	0.000	0.0000
B x NO İnt.	1	0.000	0.000	0.0000
Ç x B x NO İnt.	1	0.002	0.002	16.50**
Hata	24	0.002	0.000	
C. V. (%)	8.37			

**: p<0.01, *: p<0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.25) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin yaprak Mg içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bor uygulamasının, Ç x B ve Ç x B x NO interaksiyonlarının yaprak Mg içeriği üzerine etkisi de istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

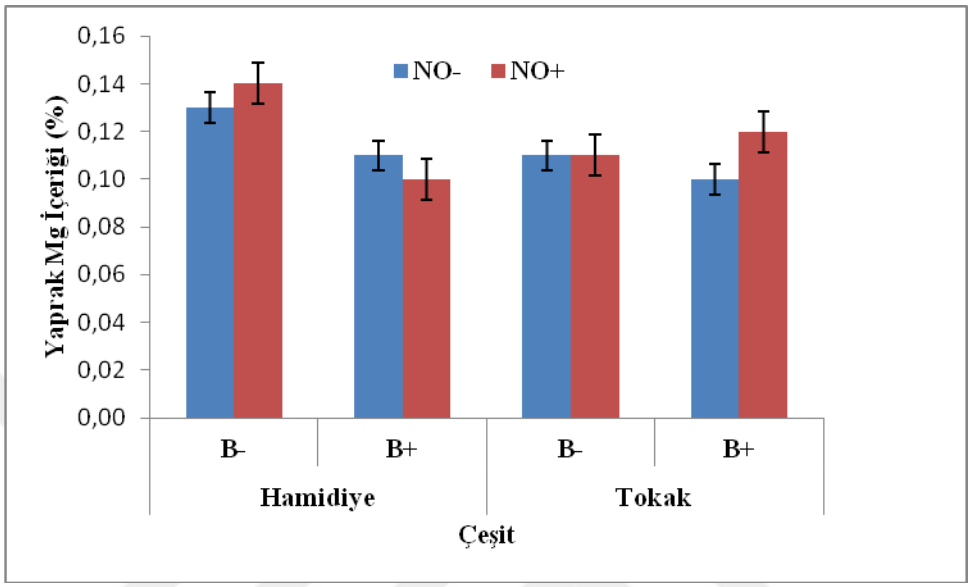
Çizelge 4.26. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Mg içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	0.14	0.11	0.12	0.10	0.10	0.10	0.11
	2	0.13	0.11	0.12	0.12	0.10	0.11	0.12
	3	0.12	0.11	0.12	0.11	0.09	0.10	0.11
	4	0.13	0.10	0.11	0.13	0.10	0.11	0.11
	Ortalama	0.13***ab***	0.11**(%-15)*c***	0.12	0.11***c***	0.10**(%-9)*c***	0.11	0.11
NO (+)	**1**	0.13	0.09	0.11	0.12	0.12	0.12	0.11
	2	0.14	0.09	0.11	0.10	0.12	0.11	0.11
	3	0.16	0.10	0.13	0.10	0.11	0.11	0.12
	4	0.16	0.11	0.13	0.10	0.11	0.11	0.12
	Ortalama	0.14**(%8)*a***	0.10**(%-23)*c***	0.12	0.11**(%0)*c***	0.12**(%9)*bc***	0.11	0.12
Genel Ortalama		0.13**A**	0.10**B**	0.12**a**	0.11**B**	0.11**B**	0.108**b**	0.11

Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):

B(-) : 0.12**a** B(+) : 0.10**b**

Çizelge 4.26 ve Şekil 4.14'ün de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak Mg içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %23'lük azalma belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %9'luk bir artış belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Mg içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak Mg içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %8 artış, bor uygulaması ile %15'lik azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %23'lük bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak Mg içeriğinde NO uygulaması ile herhangi bir değişiklik belirlenmezken, bor uygulaması ile %9'luk azalma, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda da %9'luk bir artış belirlenmiştir.

4.10.5. Yaprak S içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak S içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de, yaprak S içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak S içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	0.03	---	---
Çeşit (Ç)	1	0.000	0.000	0.40
Bor Uyg. (B)	1	0.006	0.006	30.31**
Ç x B İnt.	1	0.01	0.01	82.63**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.000	0.000	0.80
Ç x NO İnt.	1	0.003	0.003	17.85**
B x NO İnt.	1	0.001	0.001	4.73
Ç x B x NO İnt.	1	0.001	0.001	3.68
Hata	24	0.005	0.000	
C. V. (%)	8.02			

**: p<0.01, *: <0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.27) bor uygulamasının, Ç x B ve Ç x NO interaksiyonlarının yaprak S içeriği üzerine etkisi de istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

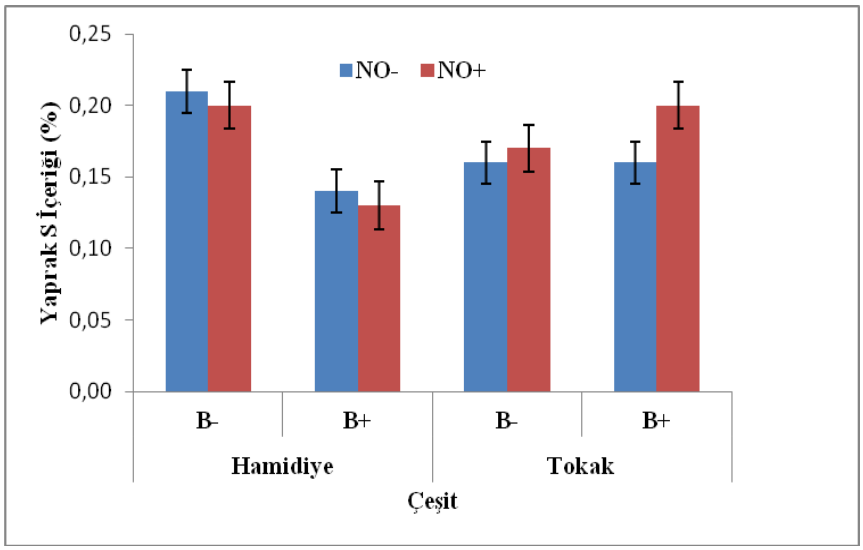
Çizelge 4.28. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak S içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	0.23	0.14	0.19	0.17	0.15	0.16	0.17
	2	0.22	0.16	0.19	0.17	0.17	0.17	0.18
	3	0.20	0.14	0.17	0.16	0.15	0.15	0.16
	4	0.21	0.13	0.17	0.15	0.17	0.16	0.16
	Ortalama	0.21	0.14**(%-33)**	0.18**A**	0.16	0.16**(%0)**	0.16**B**	0.17
NO (+)	**1**	0.21	0.13	0.17	0.18	0.22	0.20	0.19
	2	0.21	0.12	0.16	0.17	0.23	0.20	0.18
	3	0.18	0.13	0.15	0.17	0.19	0.18	0.17
	4	0.19	0.13	0.16	0.15	0.18	0.17	0.16
	Ortalama	0.20**(%-5)**	0.13**(%-38)**	0.16**B**	0.17**(%6)**	0.20**(%25)**	0.18**A**	0.17
Genel Ortalama		0.21**A**	0.13**D**	0.17	0.16**C**	0.18**B**	0.17	0.17

Bor Uygulamaları ($LSD_{0.01}$):

B(-) : 0.18**a** B(+) : 0.16**b**

Çizelge 4.28 ve Şekil 4.15'in de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak S içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %38'lik azalma belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %25'lik bir artış belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak S içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak S içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %5 azalma, bor uygulaması ile %33'lük azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %38'lik bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak S içeriğinde NO uygulaması ile %6'lık artış belirlenirken, bor uygulaması ile herhangi bir değişiklik belirlenmemiştir, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda da %25'lik bir artış belirlenmiştir.

4.10.6. Yaprak Fe içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak Fe içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'da, yaprak Fe içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Fe içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	3002.17	---	---
Çeşit (Ç)	1	390.32	390.32	23.06**
Bor Uyg. (B)	1	1735.78	1735.78	102.56**
Ç x B İnt.	1	237.83	237.83	14.05**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.02	0.02	0.001
Ç x NO İnt.	1	16.61	16.61	0.98
B x NO İnt.	1	79.69	79.69	4.70*
Ç x B x NO İnt.	1	135.71	135.71	8.01**
Hata	24	406.18	16.92	
C. V. (%)	8.63			

**: p<0.01, *: p<0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.29) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin yaprak Fe içeriği üzerine etkileri istatistikî bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bor uygulamasının, Ç x B ve Ç x B x NO interaksiyonlarının yaprak Fe içeriği üzerine etkisi de istatistikî bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunurken, B x NO interaksiyonunun yaprak Fe içeriği üzerine etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.30. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Fe içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	**Tek.**	**Hamidiye**			**Tokak**			**Genel Ort.**
		B (-)	**B (+)**	**Ort.**	**B (-)**	**B (+)**	**Ort.**	
NO (-)	**1**	54.85	38.11	46.48	68.10	41.60	54.85	50.66
	2	55.57	33.08	44.32	65.62	43.54	54.58	49.45
	3	49.03	35.37	42.20	52.04	44.12	48.08	45.14
	4	53.00	29.01	41.00	55.06	45.35	50.20	45.60
Ortalama		53.11***ab***	33.89 **(%-36)*d***	43.50	60.21***a***	43.65 **(%-28)*c***	51.93	47.71
NO (+)	**1**	55.62	32.32	43.97	54.69	50.04	52.37	48.17
	2	58.57	31.68	45.12	43.93	50.35	47.14	46.13
	3	52.78	34.38	43.58	56.37	49.23	52.80	48.19
	4	54.89	38.90	46.90	50.76	48.12	49.44	48.17
Ortalama		55.47 **(%4)*ab***	34.32 **(%-35)*d***	44.89	51.44**(%-15)*bc***	49.44 **(%-18)*bc***	49.79	47.66
Genel Ortalama		54.29**A**	34.11**C**	44.20**b**	55.82**A**	46.54**B**	51.18**a**	47.69

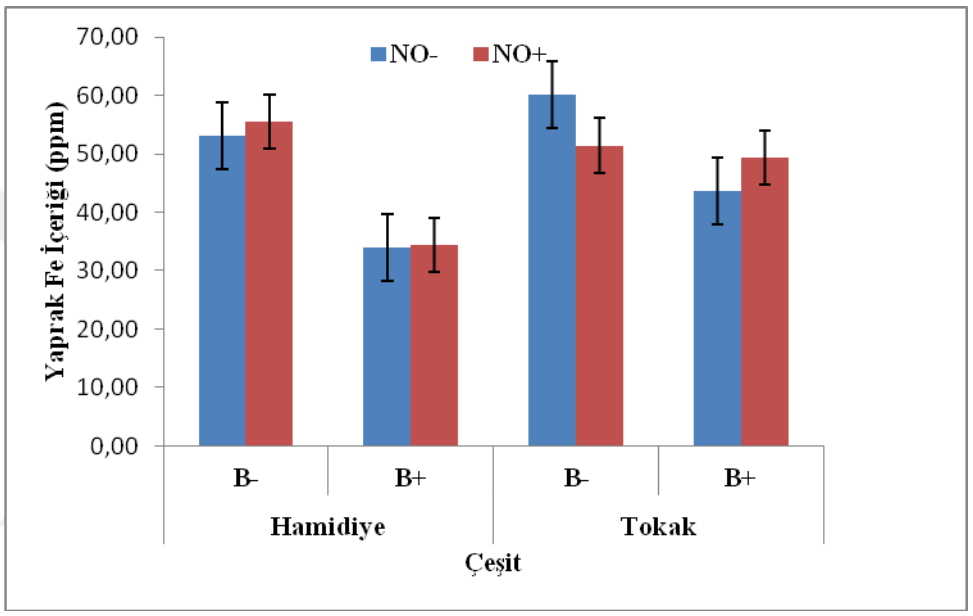
Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):

B(-) : 55.05**a** B(+) : 40.32**b**

Bor x NO İnteraksiyonu (LSD $_{0.05}$):

NO(-)B(-)	56.65**a**	NO(+)B(-)	53.45**a**
NO(-)B(+)	38.77**b**	NO(+)B(+)	41.87**b**

Çizelge 4.30 ve **Şekil 4.16**'nın da incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak Fe içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %35'lik azalma belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %18'lik bir azalma belirlenmiştir.



Şekil 4.16. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Fe içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak Fe içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %4 artış, bor uygulaması ile %36'lık azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %35'lik bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak Fe içeriğinde NO uygulaması ile %15'lik azalma, bor uygulaması ile %28'lik azalma, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda da %18'lik bir azalma belirlenmiştir.

4.10.7. Yaprak Cu içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak Cu içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31'de, yaprak Cu içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Cu içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	69.39	---	---
Çeşit (Ç)	1	10.23	10.23	15.32**
Bor Uyg. (B)	1	6.93	6.93	10.38**
Ç x B İnt.	1	0.77	0.77	1.15
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	0.03	0.03	0.05
Ç x NO İnt.	1	19.78	19.78	29.60**
B x NO İnt.	1	0.02	0.02	0.02
Ç x B x NO İnt.	1	15.56	15.56	23.30**
Hata	24	16.03	0.66	
C. V. (%)	8.21			

**: p<0.01. *: p<0.05

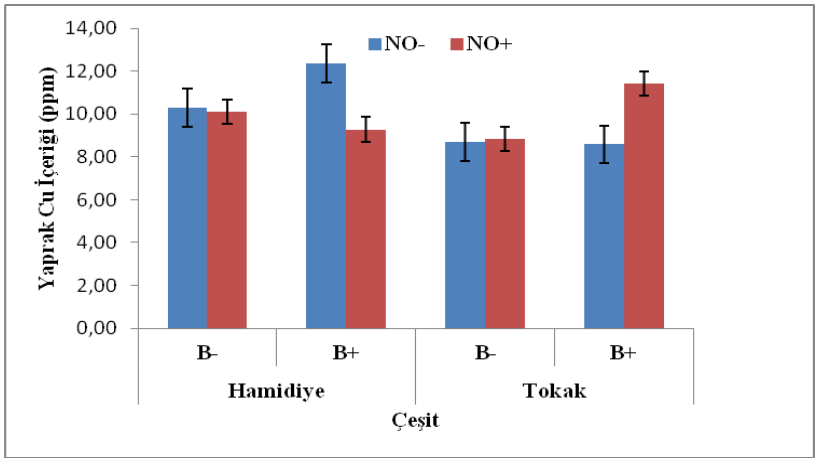
Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.31) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin yaprak Cu içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bor uygulamasının, Ç x NO ve Ç x B x NO interaksiyonlarının yaprak Cu içeriği üzerine etkisi de istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Cu içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	10.77	13.81	12.29	8.30	8.38	8.34	10.32
	2	10.23	11.97	11.10	9.76	9.48	9.62	10.36
	3	10.15	11.41	10.78	8.58	7.63	8.11	9.44
	4	10.07	12.29	11.18	8.10	8.84	8.47	9.82
Ortalama		10.31*bc*	12.37**(%20)***a*	11.34***A***	8.69*d*	8.58**(%-1)***d*	8.63***C***	9.98
NO (+)	1	9.75	8.59	9.17	8.67	12.12	10.40	9.78
	2	9.52	8.12	8.82	8.80	10.53	9.67	9.24
	3	10.25	10.34	10.29	9.12	12.75	10.94	10.62
	4	10.91	10.08	10.49	8.78	10.32	9.55	10.02
Ortalama		10.11 **(%-2)***bcd*	9.28 **(%-10)***cd*	9.70***BC***	8.84**(%2)***cd*	11.43**(%32)***ab*	10.14***B***	9.92
Genel Ort.		10.20	10.83	10.52**a**	8.76	10.01	9.39**b**	9.95

Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):
B(-) : 9.49**b** B(+) : 10.42**a**

Çizelge 4.32 ve Şekil 4.17'nin de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak Cu içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %10'luk azalma belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %32'lik bir artış belirlenmiştir.



Şekil 4.17. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Cu içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak Cu içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %2 azalma, bor uygulaması ile %20'lik artış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %10'luk bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak Cu içeriğinde NO uygulaması ile %2'lik artış, bor uygulaması ile %1'lik azalma, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda da %32'lik bir artış belirlenmiştir.

4.10.8. Yaprak Mn içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak Mn içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te, yaprak Mn içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar Çizelge 4.34'de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Mn içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	2510.89	---	---
Çeşit (Ç)	1	99.15	99.15	3.72
Bor Uyg. (B)	1	681.82	681.82	25.61**
Ç x B İnt.	1	16630	16630	6.24*
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	20.97	20.97	0.78
Ç x NO İnt.	1	65.00	65.00	2.44
B x NO İnt.	1	48.24	48.24	1.81
Ç x B x NO İnt.	1	790.52	790.52	29.69**
Hata	24	638.85	26.61	
C. V. (%)	8.53			

**: $p<0.01$, *: $p<0.05$

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.33) bor uygulamasının yaprak Mn içeriği üzerine etkisi istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ç x B interaksiyonunun yaprak Mn içeriği üzerine etkisi ise %5 düzeyinde önemli bulunurken, Ç x B x NO interaksiyonunun yaprak Mn içeriği üzerine etkisi ise istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

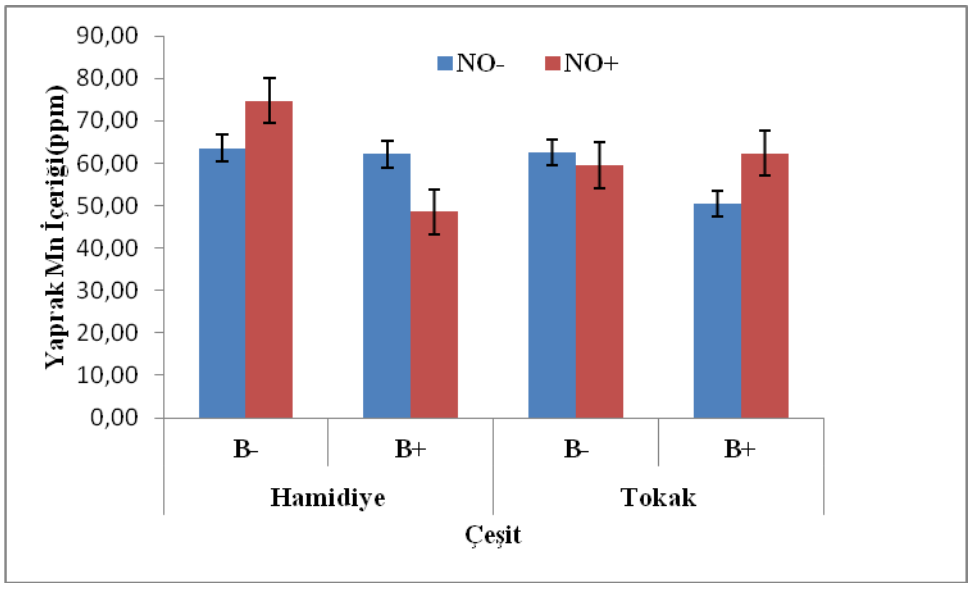
Çizelge 4.34. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Mn içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	65.21	63.48	64.34	65.86	52.20	59.03	61.69
	2	57.91	63.13	60.52	58.69	46.68	52.69	56.60
	3	62.17	64.86	63.51	58.40	53.72	56.06	59.78
	4	69.02	57.26	63.14	67.40	49.12	58.26	60.70
	Ort.	63.58***b***	62.18 **(%-2)*b***	62.88	62.59***b***	50.43 **(%-19)*cd***	56.51	59.69
NO (+)	1	62.42	54.81	58.61	53.99	64.19	59.09	61.64
	2	82.41	42.40	62.40	62.02	69.02	65.52	67.27
	3	75.90	49.59	62.74	62.76	60.21	61.48	60.84
	4	78.24	47.42	62.83	59.52	56.12	57.82	56.97
Ortalama		74.74 **(%18)*a***	48.56 **(%-24)*d***	61.65	59.57 **(%-5)*bc***	62.39**(%0)*b***	60.98	61.68
Genel Ortalama		69.16**A**	55.37**C**	62.26	61.08**B**	56.41**BC**	58.74	60.69

Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):

B(-) : 65.12**a** B(+) : 55.89**b**

Çizelge 4.34 ve Şekil 4.18'in de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak Mn içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %24'lük azalma belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde herhangi bir değişiklik belirlenmemiştir.



Şekil 4.18. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Mn içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak Mn içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %18 artış, bor uygulaması ile %2'lik azalma belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %24'lük bir azalma belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak Mn içeriğinde NO uygulaması ile %5'lik azalma, bor uygulaması ile %19'luk azalma, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda ise herhangi bir değişiklik belirlenmemiştir.

4.10.9. Yaprak Zn içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerinin yaprak Zn içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.35'te, yaprak Zn içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar ise Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.35. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Zn içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	1017.52	---	---
Çeşit (Ç)	1	117.58	117.58	7.94**
Bor Uyg. (B)	1	0.67	0.67	0.04
Ç x B İnt.	1	89.84	89.84	6.07*
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	217.57	217.57	14.71**
Ç x NO İnt.	1	7.86	7.86	0.53
B x NO İnt.	1	35.87	35.87	2.42
Ç x B x NO İnt.	1	193.16	193.16	13.05**
Hata	24	354.96	14.79	
C. V. (%)	10.13			

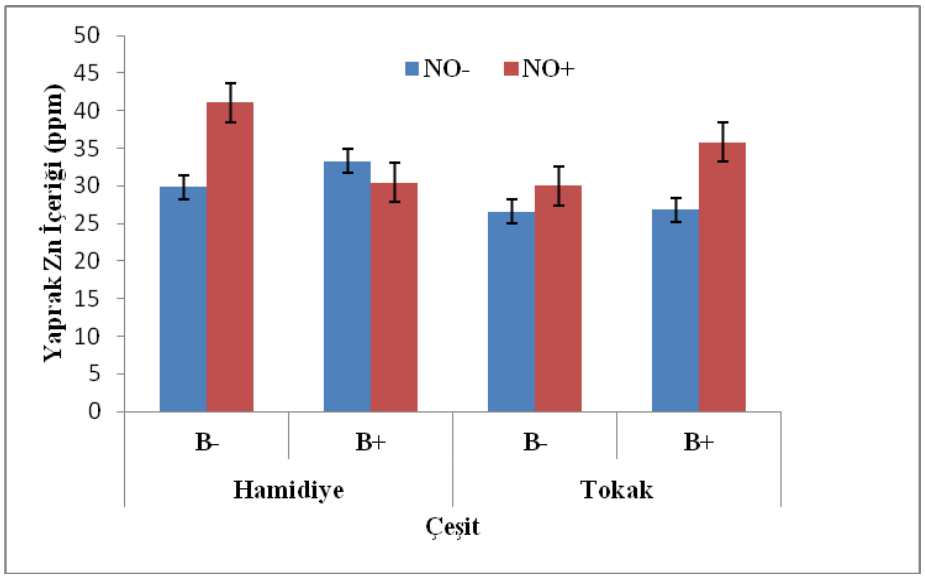
**:p<0.01, *: p<0.05

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.35) nitrik oksit ve bor uygulamalarının çeşitlerin yaprak Zn içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ç x B interaksiyonunun yaprak Zn içeriği üzerine etkisi ise istatistiki bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunurken, NO uygulamasının ve Ç x B x NO interaksiyonunun yaprak Zn içeriği üzerine etkisi ise %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.36. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Zn içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	36.06	36.66	36.36	26.34	27.70	27.02	31.69
	2	29.50	32.72	31.11	26.60	24.05	25.33	28.22
	3	24.27	37.29	30.78	24.30	31.53	27.92	29.35
	4	29.48	26.20	27.84	29.02	24.04	26.53	27.19
Ortalama		29.83***bc***	33.28**(%12)*bc***	31.52	26.57***c***	26.83**(%1)*c***	26.70	29.11 **B**
NO (+)	1	42.38	27.89	35.13	34.54	35.95	35.24	35.19
	2	42.25	29.25	35.75	27.20	41.75	34.47	35.11
	3	40.85	27.25	34.05	29.96	32.93	31.44	32.75
	4	36.66	37.25	36.95	28.20	32.70	30.45	33.70
Ortalama		41.08**(%38)*a***	30.41**(%2)*bc***	35.47	29.97**(%13)*bc***	35.83**(%35)*ab***	32.90	34.33 **A**
Genel Ortalama		35.46**A**	31.81**AB**	33.63**a**	28.27**B**	31.33**B**	29.80**b**	31.65

Çizelge 4.36 ve Şekil 4.19'un da incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin yaprak Zn içeriğinde hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %2'lik artış belirlenirken bora tolerant Tokak çeşidinde %35'lik bir artış belirlenmiştir.



Şekil 4.19. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak Zn içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak Zn içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %38 artış, bor uygulaması ile %12'lik artış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %2'lik bir artış belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak Zn içeriğinde NO uygulaması ile %13'lük artış, bor uygulaması ile %1'lik artış, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda ise %35'lik bir artış belirlenmiştir.

4.10.10. Yaprak B içeriği analizi sonuçları

Nitrik oksit ve bor uygulamalarının bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa yaprak B içeriğine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37'de, yaprak B içeriğine ilişkin oluşan gruplar, ortalama değerler ve yüzde artışlar ise Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak B içeriği üzerine etkisi ile ilgili varyans analiz sonuçları

Varyans kaynağı	S.D	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri
Genel	31	284239.37	---	---
Çeşit (Ç)	1	17412.11	17412.11	60.14**
Bor Uyg. (B)	1	240029.22	240029.22	829.12**
Ç x B İnt.	1	12379.11	12379.11	42.76**
Nitrik oksit Uyg. (NO)	1	760.40	760.40	2.62
Ç x NO İnt.	1	2447.72	2447.72	8.45**
B x NO İnt.	1	398.53	398.53	1.37
Ç x B x NO İnt.	1	3864.30	3864.30	13.34**
Hata	24	6947.95	289.49	
C. V. (%)	10.57			

**: $p<0.01$

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.37) nitrik oksit ve bor uygulamaları çeşitlerin, B uygulamalarının, Ç x B, Ç x NO ve Ç x B x NO interaksiyonlarının yaprak bor içeriği üzerine etkileri istatistiki bakımdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

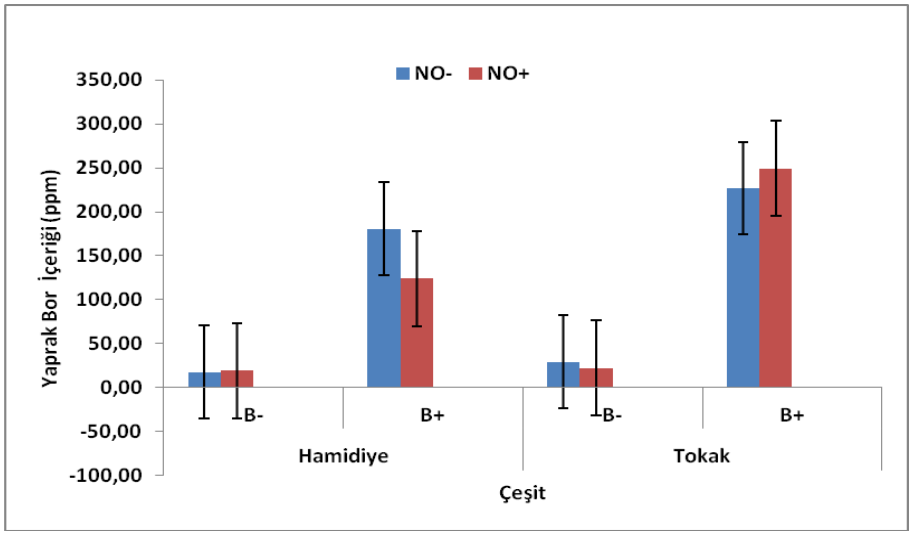
Çizelge 4.38. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak B içeriği üzerine etkisi ve yüzde değişimi

Uygulama	Tek.	Hamidiye			Tokak			Genel Ort.
		B (-)	B (+)	Ort.	B (-)	B (+)	Ort.	
NO (-)	1	18.19	229.90	124.04	30.58	257.26	143.92	133.98
	2	18.67	172.95	95.81	27.71	205.24	116.48	106.14
	3	16.96	173.98	95.47	29.01	219.19	124.10	109.79
	4	15.79	144.44	80.11	29.52	225.66	127.59	103.85
Ortalama		17.40***d***	180.32 **(%936)*b***	98.86 ***B***	29.21***d***	226.84 **(%677) *a***	128.02***A***	113.44
NO (+)	1	18.76	112.09	65.42	23.46	245.01	134.24	99.83
	2	23.76	135.88	79.82	20.82	225.58	123.20	101.51
	3	15.94	112.84	64.39	21.26	257.47	139.37	101.88
	4	18.33	135.35	76.84	22.57	269.94	146.25	111.55
Ortalama		19.20 **(%10)*d***	124.04 **(%613)*c***	71.62 ***C***	22.21 **(%-13)*d***	249.50 **(%754)*a***	135.76***A***	103.69
Genel Ortalama		18.30**C***	152.18**B**	85.24**b**	25.62**C***	238.17**A**	131.89**a**	108.57

Bor Uygulamaları (LSD $_{0.01}$):

B(-) : 21.96**b** B(+) : 195.17**a**

Çizelge 4.38 ve Şekil 4.20'nin de incelenmesiyle görülebileceği gibi arpa bitkisinin bor içeriği hem NO hem de bor uygulamalarının beraber yapıldığı koşullar kontrolle kıyaslandığında bora hassas Hamidiye çeşidinde %613'lük artış belirlenirken, bora tolerant Tokak çeşidinde %754'lük bir artış belirlenmiştir.



Şekil 4.20. Nitrik oksit ve bor uygulamalarının arpa çeşitlerinin yaprak B içeriği üzerine etkisi

Çalışmamızda bora hassas Hamidiye'de yaprak B içeriğinde NO uygulaması ile kontrole göre %10 artış, bor uygulaması ile %936'lık artış belirlenirken, hem NO hem de bor uygulaması ile %613'lük bir artış belirlenmiştir. Bora tolerant Tokak çeşidinde yaprak B içeriğinde NO uygulaması ile %13'lük azalma, bor uygulaması ile %677'lik artış, hem NO hem de bor uygulaması sonucunda ise %754'lük bir artış belirlenmiştir.

Torun ve ark. (2003) bor toksik tarla koşullarında arpa üzerine çalıştıkları denemede bor tolerant (Anadolu) ve bor hassas (Hamidiye) çeşitlerin sürgün B konsantrasyonlarında önemli bir farklılık olmadığını göstermişlerdir.

4.11. Elde Edilen Veriler Arasındaki İlişkiler

Sera şartlarında bora hassas Hamidiye ve bora tolerant Tokak arpa çeşitlerine bor ve NO uygulamaları ile elde edilen veriler arasındaki ilişkileri gösteren korelasyon katsayıları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39'un incelenmesiyle de görülebileceği gibi, arpa bitkisinin kuru ağırlığı ile yaş ağırlığı (0.98**) arasında %1 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin boy uzunluğu ile yaş ağırlığı (0.36*) ve kuru ağırlığı (0.35*) arasında %5 seviyesinde istatistiki bakımdan önemli ve pozitif ilişkiler bulunmuştur.

Arpa bitkisinin RWC ile yaş ağırlığı (0.32*) arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur. Ayrıca RWC ile hasat indeksi (-0.42*) arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin prolin ile yaş ağırlığı (-0.41*) ve kuru ağırlığı (-0.38*) arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve negatif ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca prolin ile RWC (-0.50**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin MDA ile RWC (-0.61**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur. Ayrıca MDA ile prolin (0.62**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin P içeriği ile EC (-0.36*) arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunurken arpa bitkisinin P içeriği ile RWC (0.36*) arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki

bulunmuştur. Ayrıca P içeriği ile prolin (-0.70**) ve MDA (-0.50**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin K içeriği ile yaş ağırlık (-0.42*), kuru ağırlık (-0.42*), dane verimi (-0.42*) ve RWC (-0.44*) arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur. Ayrıca K içeriği ile MDA (0.45**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin Ca içeriği ile hasat indeksi (0.56**) arasında istatistiki bakımdan % 1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunurken, arpa bitkisinin Ca içeriği ile EC (-0.47**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur. Ayrıca Ca içeriği ile P (0.41*) içeriği arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin Mg içeriği ile hasat indeksi (0.45**), P (0.69**) içeriği ve Ca (0.83**) içeriği arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur. Ayrıca arpa bitkisinin Mg içeriği ile EC (-0.45**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunurken, Mg ile prolin (-0.37*) içeriği arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin S içeriği ile prolin (-0.61**) içeriği arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunurken, arpa bitkisinin S içeriği ile P (0.67**) içeriği, Ca (0.48**) ve Mg (0.65**) içeriği arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin Fe içeriği ile RWC (0.40*) arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunurken, arpa bitkisinin Fe içeriği ile prolin (-0.75**) içeriği ve MDA (-0.59**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur. Ayrıca arpa bitkisinin Fe içeriği ile P (0.65**) içeriği, Mg (0.53**) içeriği ve S (0.64**) içeriği arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin Zn içeriği ile hasat indeksi (0.51**), P (0.56**) içeriği, Ca (0.50**) içeriği ve Mg (0.59**) içeriği arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunurken, S (0.37*) içeriği arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin Cu içeriği ile yaş ağırlık (-0.35*), kuru ağırlık (-0.36*) ve RWC (-0.44*) içeriği arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunurken, arpa bitkisinin Cu içeriği ile hasat indeksi (0.38*) ve Zn (0.38*) içeriği

arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur. Ayrıca arpa bitkisinin Cu içeriği ile MDA (0.50**) içeriği ve K (0.58**) içeriği arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin Mn içeriği ile EC (-0.43*) arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunurken, arpa bitkisinin Mn içeriği ile K (0.39*) içeriği arasında istatistiki bakımdan %5 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur. Ayrıca arpa bitkisinin Mn içeriği P (0.67**) içeriği, Ca (0.65**) içeriği, Mg (0.76**) içeriği, S (0.55**) içeriği, Fe (0.49**) içeriği ve Zn (0.54**) içeriği arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunmuştur.

Arpa bitkisinin B içeriği ile boy uzunluğu (0.61**) arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve pozitif ilişki bulunurken, arpa bitkisinin B içeriği ile Ca (-0.59**) içeriği, Mg (-0.46**) içeriği, Fe (-0.52**) içeriği ve Mn (-0.39**) içeriği arasında istatistiki bakımdan %1 seviyesinde önemli ve negatif ilişki bulunmuştur.

Çizelge 4.39. Arpa bitkisine bor ve nitrik oksit uygulamalarıyla elde edilen veriler arasındaki korelasyon katsayıları (r)

	Y A	K A	Boy uzunluğu	Tane verimi	Hasat İndeksi	EC	RWC	Prolin	MDA	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe	Zn	Cu	Mn
K A	0.98**	-																
Boy uzunluğu	0.36*	0.35*	-															
Tane verimi	0.13	0.13	0.07	-														
Hasat İndeksi	-0.32	-0.31	0.08	0.20	-													
EC	0.06	0.02	0.22	0.15	-0.21	-												
RWC	0.32*	0.292	-0.30	0.06	-0.42*	0.02	-											
Prolin	-0.41*	-0.38*	0.16	-0.14	0.21	0.14	-0.50**	-										
MDA	-0.29	-0.27	0.32	-0.19	0.18	0.03	-0.61**	0.62**	-									
P %	0.274	0.258	-0.110	0.260	0.190	-0.36*	0.36*	-0.70**	-0.50**	-								
K %	-0.42*	-0.42*	-0.20	-0.42*	0.22	-0.20	-0.44*	0.21	0.45**	-0.03	-							
Ca %	-0.26	-0.24	-0.30	-0.14	0.56**	-0.47**	-0.06	-0.12	0.04	0.41*	0.32	-						
Mg %	-0.18	-0.18	-0.29	0.01	0.45**	-0.45**	0.07	-0.37*	-0.20	0.69**	0.23	0.83**	-					
S %	0.09	0.07	0.03	0.28	0.33	-0.28	0.11	-0.61**	-0.27	0.67**	-0.00	0.48**	0.65**	-				
Fe	0.23	0.21	-0.18	-0.10	-0.00	-0.33	0.40*	-0.75**	-0.59**	0.65**	-0.02	0.309	0.53**	0.64**	-			
Zn	-0.13	-0.17	-0.02	0.23	0.51**	-0.26	-0.01	-0.05	0.01	0.56**	0.21	0.50**	0.59**	0.37*	0.12	-		
Cu	-0.35*	-0.36*	0.22	0.02	0.38*	-0.23	-0.44*	0.26	0.50**	0.08	0.58**	0.17	0.26	0.17	-0.24	0.38*	-	
Mn	-0.04	-0.04	-0.22	0.03	0.28	-0.43*	0.05	-0.34	-0.14	0.67**	0.39*	0.65**	0.76**	0.55**	0.49**	0.54**	0.26	-
B	0.24	0.22	0.61**	0.32	-0.08	0.34	-0.10	0.17	0.26	-0.11	-0.24	-0.59**	-0.46**	-0.21	-0.52**	0.01	0.33	-0.39**

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Tarımsal üretim çeşitli biyotik ve abiyotik stres koşulları tarafından sınırlanmaktadır. Tez çalışması kapsamında ele alınan bor toksisitesi de en az diğer abiyotik stres koşulları kadar tarımsal üretimde sorun teşkil etmektedir. Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO'in yaş ağırlık ve kuru ağırlık üzerine her iki çeşitte de pozitif bir etkisi görülmemiştir. Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, bitki boyu üzerine her iki çeşitte de olumlu bir katkı sağlamıştır. Ancak toksisiteye tolerans gösteren çeşitteki katkısı daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinde dane verimini artırırken bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde ise verimi azalttığı gözlenmiştir.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinde hücre zarı geçirgenliğini azaltmaktadır. Ancak bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde ise NO uygulamasını toksisite olarak algılayıp hücre zarı geçirgenliğini arttırmaktadır.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, her iki çeşitte de prolin içeriğini arttırarak stres koşullarının hafifletilmesini sağlamıştır.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, her iki çeşitte de MDA içeriğini azaltarak strese karşı bir cevap oluşmasını sağlamıştır.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde yaprak P içeriğini azaltırken bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde ise yaprak P içeriğini arttırmıştır.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, her iki çeşitte de yaprak K ve Ca içeriğini azaltmıştır. Ancak Ca'daki azalma bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde daha belirgin olmuştur.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde yaprak Mg içeriğini azaltırken bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinde ise yaprak Mg içeriğini arttırmıştır.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde yaprak S içeriğini azaltırken bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinde ise yaprak S içeriğini arttırmıştır.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, her iki çeşitte de yaprak Fe içeriğini azaltmıştır. Ancak bu azalma bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde daha belirgin olmuştur.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde yaprak Cu içeriğini azaltırken bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinde ise yaprak Cu içeriğini arttırmıştır.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, bora hassas olan Hamidiye arpa çeşidinde yaprak Mn içeriğini azaltırken bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinin yaprak Mn içeriğinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, her iki çeşitte de yaprak Zn içeriğini arttırmıştır. Ancak bu artış bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinde daha belirgin olmuştur.

Bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO, her iki çeşitte de yaprak B içeriğini arttırmıştır. Ancak bu artış bora tolerant olan Tokak arpa çeşidinde daha fazladır.

Sonuç olarak bor toksisitesi koşullarında uygulanan NO'in her iki çeşitte de stres koşullarının hafifletilmesinde yardımcı bir ajan olduğunu tez çalışmamız göstermektedir.

5.2 Öneriler

Bor toksisitesi, özellikle kurak ve yarı kurak bölge topraklarında verim düşüşlerinin başta gelen nedenleri arasında yer almaktadır. Bunun için ülkemizde özellikle yağışların yetersiz olduğu Orta Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgesinde yetiştirilecek bitkinin bor ihtiyacının fazla olmasına veya bor toksisitesine toleranslı çeşit olmasına dikkat edilmelidir.

NO uygulaması verim üzerinde olumlu katkı sağlamaktadır. Ancak bu olumlu katkı bor toksisitesine karşı toleranslı olan çeşitte sağlanmıştır. Bunun için bor toksik topraklarda yetiştirilecek olan çeşidin toleranslı çeşit olmasına dikkat edilmelidir.

NO uygulamaları türe ve tür içinde de genotipe bağlı olarak farklı sonuçlar vermektedir. Bunun için NO kullanımında ekonomik analizlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Stres koşullarına tepki olarak ölçülebilen enzim analizleri yapılarak fizyolojik etkenler açıklığa kavuşturulabilir.

Bor toksisitesinde aktive olan gen ifadeleri incelenerek moleküler yaklaşımlar ortaya konulabilir.

KAYNAKLAR

Alemayehu A, Zelinova V, Bocova B, Huttova J, Mistrik I, Tamas L, 2015. Enhanced nitric oxide generation in root transition zone during the early stage of cadmium stress is required for maintaining root growth in barley. Plant Soil, 390, 1-2, 213-22.

Anbar M, 1995. Nitric-Oxide - a Synchronizing Chemical Messenger. Experientia, 51, 6, 545-50.

Anderson L, Mansfield TA, 1979. The Effects of Nitric Oxide Pollution on The Growth of Tomato. Environmental Pollution, 20, 113-21.

Arc E, Galland M, Godin B, Cueff G, Rajjou L, 2013. Nitric oxide implication in the control of seed dormancy and germination. Front Plant Sci, 4.

Barroso JB, Corpas FJ, Carreras A, Sandalio LM, Valderrama R, Palma JM, Lupianez JA, del Rio LA, 1999. Localization of nitric-oxide synthase in plant peroxisomes. J Biol Chem, 274, 51, 36729-33.

Bates LS, Waldren RP, Tear ID, 1973. Rapid determination of free prolin for water-stress studies. Plant Soil, 39, 205 - 7

Baudouin E, Hancock JT, 2014. Nitric oxide signaling in plants. Front Plant Sci, 4.

Beligni MV, Lamattina L, 1999. Is nitric oxide toxic or protective? Trends Plant Sci, 4, 8, 299-300.

Beligni MV, Lamattina L, 2000. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation, and inhibits hypocotyl elongation, three light-inducible responses in plants. Planta, 210, 2, 215-21.

Beligni MV, Lamattina L, 2001. Nitric oxide in plants: the history is just beginning. Plant Cell Environ, 24, 3, 267-78.

Beligni MV, Lamattina L, 2001. Nitric oxide: a non-traditional regulator of plant growth. Trends Plant Sci, 6, 11, 508-9.

Bethke PC, Libourel IGL, Jones RL, 2006. Nitric oxide reduces seed dormancy in Arabidopsis. J Exp Bot, 57, 3, 517-26.

Blevins DG, Lukaszewski KM, 1998. Boron in plant structure and function. Annu Rev Plant Phys, 49, 481-500.

Camacho-Cristobal JJ, Rexach J, Gonzalez-Fontes A, 2008. Boron in plants: Deficiency and toxicity. J Integr Plant Biol, 50, 10, 1247-55.

Canter Arıkan B, 2004. Acı Kırmızı Biberin (Capsicum annuum L.) Serum Leptin ve Serum Nitrik oksit Düzeylerine Akut Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi.

Cartwright B, Zarcinas BA, Spouncer LR, 1986. Boron Toxicity in South Australian Barley Crops. Aust J Agr Res, 37, 4, 351-9.

Del Rio LA, Corpas FJ, Barroso JB, 2004. Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. Phytochemistry, 65, 7, 783-92.

Delledonne M, 2005. NO news is good news for plants. Curr Opin Plant Biol, 8, 4, 390-6.

Delledonne M, Murgia I, Ederle D, Sbicego PF, Biondani A, Polverari A, Lamb C, 2002. Reactive oxygen intermediates modulate nitric oxide signaling in the plant hypersensitive disease-resistance response. Plant Physiol Bioch, 40, 6-8, 605-10.

Dionisio-Sese ML, Tobita S, 1998. Antioxidant responses of rice seedlings to salinity stress. Plant Sci, 135, 1, 1-9.

Durner J, Klessig DF, 1999. Nitric oxide as a signal in plants. Curr Opin Plant Biol, 2, 5, 369-74.

Gan LP, Wu XL, Zhong Y, 2015. Exogenously Applied Nitric Oxide Enhances the Drought Tolerance in Hulless Barley. Plant Prod Sci, 18, 1, 52-6.

Gezgin S, Gökmen F, Dursun N, Babaoğlu M, Hakkı EE, (2005). Tarımda bor'un önemi. I. Ulusal Bor Çalıştayı 147-54.

Goldbach HE, Wimmer MA, 2007. Boron in plants and animals: Is there a role beyond cell-wall structure? J Plant Nutr Soil Sc, 170, 1, 39-48.

Goldberg S, 1997. Reactions of boron with soils. Plant Soil, 193, 1-2, 35-48.

Gould KS, Lamotte O, Klinguer A, Pugin A, Wendehenne D, 2003. Nitric oxide production in tobacco leaf cells: a generalized stress response? Plant Cell Environ, 26, 11, 1851-62.

Graziano M, Lamattina L, 2005. Nitric oxide and iron in plants: an emerging and converging story. Trends Plant Sci, 10, 1, 4-8.

Graziano M, Lamattina L, 2007. Nitric oxide accumulation is required for molecular and physiological responses to iron deficiency in tomato roots. Plant J, 52, 5, 949-60.

Gross F, Durner J, Gaupels F, 2013. Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defence responses. Front Plant Sci, 4.

Hakki EE, Atalay E, Harmankaya M, Babaoglu M, Hamurcu M, Gezgin S, (2005). Determination of Suitable Maize (Zea mays L.) Genotypes to be Cultivated in Boron-Rich Central Anatolian Soil. 3rd International Symposium on all Aspects of Plant and Animal Boron Nutrition. Wuhan, China**:** 231 - 47.

He YK, Tang RH, Hao Y, Stevens RD, Cook CW, Am SM, Jing LF, Yang ZG, Chen LG, Guo FQ, Fiorani F, Jackson RB, Crawford NM, Pei ZM, 2004. Nitric oxide represses the Arabidopsis floral transition. Science, 305, 5692, 1968-71.

Izadi MH, Rabbani J, Emam Y, Pessarakli M, Tahmasebi A, 2014. Effects of Salinity Stress on Physiological Performance of Various Wheat and Barley Cultivars. J Plant Nutr, 37, 4, 520-31.

Jabeen N, Ahmad R, 2011. Effect of Foliar-Applied Boron and Manganese on Growth and Biochemical Activities in Sunflower under Saline Conditions. Pak J Bot, 43, 2, 1271-82.

Kacar B, 2010. Bitki Besleme Ders Kitabı, p.

Karabal E, Yücel M, Öktem HA, 2003. Antioxidant responses of tolerant and sensitive barley cultivars to boron toxicity. Plant Sci, 164, 6, 925-33.

Kaya C, Ashraf M, 2015. Exogenous application of nitric oxide promotes growth and oxidative defense system in highly boron stressed tomato plants bearing fruit. Sci Hortic-Amsterdam, 185, 43-7.

Klepper LA, 1979. Nitric Oxide (NO) and Nitrogen Dioxide (NO2) Emissions from Herbicide-Treated Soybean Plants. Atmosphere and Enviroment, 13, 537.

Klessig DF, Durner J, Noad R, Navarre DA, Wendehenne D, Kumar D, Zhou JM, Shah J, Zhang SQ, Kachroo P, Trifa Y, Pontier D, Lam E, Silva H, 2000. Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense. P Natl Acad Sci USA, 97, 16, 8849-+.

Kolbert Z, Bartha B, Erdei L, 2008. Osmotic stress- and indole-3-butyric acid-induced NO generation are partially distinct processes in root growth and development in Pisum sativum. Physiologia plantarum, 133, 2, 406-16.

Kopyra M, Gwozdz EA, 2003. Nitric oxide stimulates seed germination and counteracts the inhibitory effect of heavy metals and salinity on root growth of Lupinus luteus. Plant Physiol Bioch, 41, 11-12, 1011-7.

Lamattina L, Garcia-Mata C, Graziano M, Pagnussat G, 2003. Nitric oxide: The versatility of an extensive signal molecule. Annu Rev Plant Biol, 54, 109-36.

Leshem YY, Haramaty E, 1996. The characterization and contrasting effects of the nitric oxide free radical in vegetative stress and senescence of Pisum sativum Linn foliage. J Plant Physiol, 148, 3-4, 258-63.

Lukaszewski KM, Blevins DG, 1996. Root growth inhibition in boron-deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism. Plant physiology, 112, 3, 1135-40.

Manjunatha G, Lokesh V, Neelwarne B, 2010. Nitric oxide in fruit ripening: Trends and opportunities. Biotechnol Adv, 28, 4, 489-99.

Marscher H, 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants., Academic Press, New York, p.

Misra AN, Misra M, Singh R, 2010. Nitric oxide biochemistry, mode of action and signaling in plants. J Med Plants Res, 4, 25, 2729-39.

Nable RO, 1988. Resistance to Boron Toxicity Amongst Several Barley and Wheat Cultivars - a Preliminary Examination of the Resistance Mechanism. Plant Soil, 112, 1, 45-52.

Nable RO, Banuelos GS, Paull JG, 1997. Boron toxicity. Plant Soil, 193, 1-2, 181-98.

Neill SJ, Desikan R, Hancock JT, 2003. Nitric oxide signalling in plants. New Phytol, 159, 1, 11-35.

Pagnussat GC, Simontacchi M, Puntarulo S, Lamattina L, 2002. Nitric oxide is required for root organogenesis. Plant physiology, 129, 3, 954-6.

Palmer RMJ, Ashton DS, Moncada S, 1988. Vascular Endothelial-Cells Synthesize Nitric-Oxide from L-Arginine. Nature, 333, 6174, 664-6.

Rao KVM, Sresty TVS, 2000. Antioxidative parameters in the seedlings of pigeonpea (Cajanus cajan (L.) Millspaugh) in response to Zn and Ni stresses. Plant Sci, 157, 1, 113-28.

Reid R, (2007a). Update on Boron Toxicity and Tolerance in Plants. Proceedings of the 3rd International Symposium on all Aspects of Plant and Animal Boron Nutrition. Xu FS, Goldbach H, Brown P et al., Springer**:** 83-90.

Reid R, Fitzpatrick K, 2009. Influence of leaf tolerance mechanisms and rain on boron toxicity in barley and wheat. Plant physiology, 151, 1, 413-20.

Reid RJ, Hayes JE, Post A, Stangoulis JCR, Graham RD, 2004. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. Plant Cell Environ, 27, 11, 1405-14.

Rerkasem B, Jamjod S, 1997. Boron deficiency induced male sterility in wheat (Triticum aestivum L.) and implications for plant breeding. Euphytica, 96, 2, 257-62.

Sarath G, Bethke PC, Jones R, Baird LM, Hou GC, Mitchell RB, 2006. Nitric oxide accelerates seed germination in warm-season grasses. Planta, 223, 6, 1154-64.

Schlicht M, Kombrink E, 2013. The role of nitric oxide in the interaction of Arabidopsis thaliana with the biotrophic fungi, Golovinomyces orontii and Erysiphe pisi. Front Plant Sci, 4.

Schnurbusch T, Hayes J, Sutton T, 2010. Boron toxicity tolerance in wheat and barley: Australian perspectives. Breeding Sci, 60, 4, 297-304.

Simpson GG, 2005. NO flowering. Bioessays, 27, 3, 239-41.

Soil Survey Laboratory Methods Manual, 2004. Soil Survey Investigation Report United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation. Service No:42 Version 4.0.

Takano J, Miwa K, Fujiwara T, 2008. Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. Trends Plant Sci, 13, 8, 451-7.

Tanaka M, Fujiwara T, 2008. Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. Pflug Arch Eur J Phy, 456, 4, 671-7.

Tian QY, Sun DH, Zhao MG, Zhang WH, 2007. Inhibition of nitric oxide synthase (NOS) underlies aluminum-induced inhibition of root elongation in Hibiscus moscheutos. New Phytol, 174, 2, 322-31.

Torun B, Kalayci M, Ozturk L, Torun A, Aydin M, Cakmak I, 2003. Differences in shoot boron concentrations, leaf symptoms, and yield of Turkish barley cultivars grown on boron-toxic soil in field. J Plant Nutr, 26, 9, 1735-47.

TÜİK, Bitkisel Üretim, 2015. Erişim tarihi 05.10.2016. Erişim adresi, http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul.

Türkan İ, Bor M, Özdemir F, Koca H, 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant P. acutifolius Gray and drought-sensitive P. vulgaris L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Sci, 168, 223–31.

Wang QH, Liang X, Dong YJ, Xu LL, Zhang XW, Hou J, Fan ZY, 2013. Effects of exogenous nitric oxide on cadmium toxicity, element contents and antioxidative system in perennial ryegrass. Plant Growth Regul, 69, 1, 11-20.

Wang YQ, Loake GJ, Chu CC, 2013. Cross-talk of nitric oxide and reactive oxygen species in plant programed cell death. Front Plant Sci, 4.

Wang YS, Yang ZM, 2005. Nitric oxide reduces aluminum toxicity by preventing oxidative stress in the roots of Cassia tora L. Plant and Cell Physiology, 46, 12, 1915-23.

Wendehenne D, Durner J, Klessig DF, 2004. Nitric oxide: a new player in plant signalling and defence responses. Curr Opin Plant Biol, 7, 4, 449-55.

Wildt J, Kley D, Rockel A, Rockel P, Segschneider HJ, 1997. Emission of NO from several higher plant species. J Geophys Res-Atmos, 102, D5, 5919-27.

Xiong J, An LY, Lu H, Zhu C, 2009. Exogenous nitric oxide enhances cadmium tolerance of rice by increasing pectin and hemicellulose contents in root cell wall. Planta, 230, 4, 755-65.

Xu LL, Dong YJ, Kong J, Liu S, 2014. Effects of root and foliar applications of exogenous NO on alleviating cadmium toxicity in lettuce seedlings. Plant Growth Regul, 72, 1, 39-50.

Yamasaki H, 2000. Nitrite-dependent nitric oxide production pathway: implications for involvement of active nitrogen species in photoinhibition in vivo. Philos T R Soc B, 355, 1402, 1477-88.

Zhang H, Li YH, Hu LY, Wang SH, Zhang FQ, Hu KD, 2008. Effects of exogenous nitric oxide donor on antioxidant metabolism in wheat leaves under aluminum stress. Russ J Plant Physl+, 55, 4, 469-74.

Zhang H, Shen WB, Xu LL, 2003. Effects of nitric oxide on the germination of wheat seeds and its reactive oxygen species metabolisms under osmotic stress. Acta Bot Sin, 45, 8, 901-5.

Zhang YYL, J.; Liu, Y.L., 2004. Nitric oxide alleviates growth inhibition of maize seedlings under salt stress (in Chinese). Plant Physiol Mol Biol, 30, 455–9.

Zhao DY, Tian QY, Li LH, Zhang WH, 2007. Nitric oxide is involved in nitrate-induced inhibition of root elongation in Zea mays. Ann Bot-London, 100, 3, 497-503.

Zheng LP, Zhang B, Zou T, Chen ZH, Wang JW, 2010. Nitric oxide interacts with reactive oxygen species to regulate oligosaccharide-induced artemisinin biosynthesis in Artemisia annua hairy roots. J Med Plants Res, 4, 9, 758-65.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sündüz ONBAŞI
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Çumra/01.01.1990
Telefon : 0534 501 23 19
Faks :
e-mail : sndz90@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		Adı. İlçe. İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Mehmet Akif Ersoy Lisesi Selçuklu / KONYA	2007
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi KONYA	2013
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi KONYA	2017
Doktora	:		

UZMANLIK ALANI

Bitki Besleme, Bitki Fizyolojisi, Moleküler Biyoloji

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Uluslar arası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında Abstract olarak yer alan bildiriler

1) Direk. A., Kavcı. E., Akın. F., Can. H., **Onbaşı. S.,** Mutaf. S., Hakkı. E.E., 2015. Agricultural Biodiversity: A Challenge For The Future Of Human Well-Being. 2ndInternational Conference on Sustainable Agriculture and Environment (2015) Konya / Turkey.

Uluslar arası bilimsel toplantılarda sunulan sözlü sunumlar

1) **Onbasi. S.,** Hamurcu. M., Gezgin. S., Hakki. E.E., 2015. Effects Of Nitric Oxide Application On Growth Responses Of Barley Genotypes Upon Toxic Level Boron Treatment. 2nd International Conference on Sustainable Agriculture and Environment (2015) Konya / Turkey. **(Yüksek Lisans Tezinden)**

2) CAN, H., **ONBASI, S.,** HAMURCU, M., GEZGIN, S., HAKKI, E.E., Effects of Nitric Oxide on Glutamine Synthase Gene Expression of Boron-tolerant and Boron-

susceptible Barley Genotypes Under Boron Toxic Conditions, 6th FESTEM Symposium on Trace Elements and Minerals (2016) Catania, Sicily- Italy.

3) HAMURCU, M., **ONBASI, S.,** GEZGIN, S., HAKKI, E.E., Effects of Nitric Oxide Application on Barley Grown Under Toxic Level Boron Treatment Is Genotype Dependent, International Conference on Sustainable Development (2016) Skopje / Macedonia.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan poster sunumları

1) HAKKI, E.E., HAMURCU, M., DEMİRAL, T., **ONBAŞI, S.,** GEZGİN, S., Kültür Bitkilerinde Abiyotik Stres Koşullarında Ekzojenik Nitrik Oksit Uygulamalarının İnterspesifik ve İntraspesifik Etkileri, II.Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu (2016) Mersin / Türkiye.