

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Reyhan YERLİKAYA

**SERA KOŞULLARINDA TOPRAĞA UYGULANAN FARKLI
DOZLARDA BOR VE SULAMA SUYUNUN MISIR
BİTKİSİNİN BÜYÜME VE KURU MADDE VERİMİNE
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

ADANA-2018

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SERA KOŞULLARINDA TOPRAĞA UYGULANAN FARKLI
DOZLARDA BOR VE SULAMA SUYUNUN MISIR BİTKİSİNİN
BÜYÜME VE KURU MADDE VERİMİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Reyhan YERLİKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİMDALI

Bu Tez / / 2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Bülent TORUN
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Ayfer ALKAN TORUN
ÜYE

.....
Doç. Dr. Halil ERDEM
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında
hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SERA KOŞULLARINDA TOPRAĞA UYGULANAN FARKLI
DOZLARDA BOR VE SULAMA SUYUNUN MISIR BİTKİSİNİN
BÜYÜME VE KURU MADDE VERİMİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Reyhan YERLİKAYA

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. M. Bülent TORUN
Yıl: 2018, Sayfa: 37
Jüri : Prof. Dr. M. Bülent TORUN
: Prof. Dr. Ayfer ALKAN TORUN
: Doç. Dr. Halil ERDEM

Literatürde son yıllarda borun (B) abiyotik stres faktörlerine, özellikle kuraklığa karşı bitkiye dayanıklılık kazandırdığı bildirilmiştir. Borun kuraklık stresine karşı dayanıklılığını ortaya koymak için sera koşullarında gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, beş farklı B (0, 0.2, 1.0, 5.0 ve 25.0 mg kg⁻¹ B) ve beş farklı yarayışlı su (YS) uygulamasının (Y.S %10, Y.S %25, Y.S %50, Y.S %75 ve Y.S %100) Kebeos mısır çeşidinde, bitkinin kuru madde verimi, yeşil aksam B konsantrasyonu ve B içeriğine olan etkisi belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yarayışlı su miktarı arttıkça bitkinin yeşil aksam kuru madde veriminin arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık artan B uygulamaları ile bitkinin kuru madde veriminde azalmalar meydana gelmiştir. Yarayışlı suyun %10 olduğu uygulamalarda B'un verilmediği kontrol uygulamasına göre B uygulamalarından kaynaklı yeşil aksam kuru madde verim azalışlarının sırasıyla %5.6, %3.8, %19.5 ve %10.7 olduğu belirlenmiştir. Benzer azalışların yarayışlı suyun %25, %50 ve %75 uygulamalarında da olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara karşılık yarayışlı suyun %100 verildiği durumda artan B uygulamalarından kaynaklı verim azalışlarının olmadığı aksine verim artışlarının (%16.5-%33.3) olduğu gözlenmiştir.

Artan dozlarda B uygulamaları ile mısır bitkisinin yeşil aksam B konsantrasyonunun önemli düzeyde arttığı görülmüştür. Yarayışlı su uygulamalarından bağımsız olarak tüm saksılar için B'un verilmediği uygulamada bitkinin yeşil aksam B konsantrasyonu 11.5 mg kg⁻¹ iken, B'un 0.2, 1.0, 5.0 ve 25 mg kg⁻¹ dozlarında ise bitkilerin yeşil aksam B konsantrasyonlarının sırasıyla 12.4, 13.6, 29.0 ve 178.7 mg kg⁻¹ düzeylerine çıktığı görülmüştür.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre özellikle B'un toprakta alınabilirliğinin düşük olduğu koşullarda sulama düzeyinin artırılması B'un bitkilerce alınabilirliğini artırdığı, B eksikliğinden kaynaklı verim kayıplarının önüne geçebildiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor, yarayışlı su, mısır, kuru madde, B konsantrasyonu

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF THE EFFECT OF BORON APPLIED AT DIFFERENT DOSES TO THE SOIL AND IRRIGATION WATER ON GROWTH AND DRY MATTER YIELD OF CORN PLANT UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Reyhan YERLİKAYA

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

Supervisor : Prof. Dr. M.Bülent TORUN
Year: 2018, Pages: 37
Jury : Prof. Dr. M.Bülent TORUN
: Prof. Dr. Ayfer ALKAN TORUN
: Assoc. Prof. Dr. Halil ERDEM

In recent years, it has been reported in the literature that boron (B) improves the resistance of the plants to abiotic stress factors, particularly to drought. In this thesis study carried out under the greenhouse conditions in order to demonstrate the role of B in resistance to drought stress, the effect of five different B (0, 0.2, 1.0, 5.0 and 25.0 mg kg⁻¹ B) and five different available water (AW) (AW 25%, AW 50%, AW 75% and AW 100%) on the dry matter yield of the plant, the shoot B concentration and content in the Kebeos corn variety was determined. According to the obtained results it has been determined that the dry matter yield of the plant increased as the amount of available water increased. However, with increasing B applications, the plant's dry matter yield has decreased. Under the applications where the available water is 10%, the dry matter yield decreases due to B applications compared to the control application were determined to be 5.6%, 3.8%, 19.5% and 10.7%, respectively. Similar decreases were found in 25%, 50% and 75% of available water applications. In contrast to these results, there were not decreases in the yield due to increasing B applications in the case where the available water was given 100%, whereas yield increases (16.5% -33.3%) were observed.

The shoot B concentration of the corn plant has been seen increased significantly with increasing doses of B treatments. Irrespective of available water applications in the application where B was not given for all pots, while the shoot B concentration of the plant was 11.5 mg kg⁻¹, whereas at the B doses of 0.2, 1.0, 5.0 and 25 mg kg⁻¹, the shoot B concentrations of the plants were seen to increase at the levels of 12.4 and 13.6 mg kg⁻¹, 29.0 and 178.7 mg kg⁻¹, respectively. According to the results obtained from the study, it has been shown that increasing of the level of irrigation, particularly under the conditions where available B is low in soil increased the availability of B to the plants, lead to be able to prevent the losses of the yields due to deficiency of B.

Key words: Boron, available water, corn, dry matter, B concentration

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Mısır (*Zeamays L.*) diploid yapıda, ($2n=2x=20$ kromozom sayısına sahip) önemli bir tahıl türü olup, insan ve hayvan beslemede ve sanayi ürünü olarak çok sayıda tüketim ve kullanım alanı bulunan ve dünyada ve ülkemizde oldukça geniş alanlarda ekimi ve üretimi yapılan önemli bir kültür bitkisidir. Mısır bitkisinin dünya üzerindeki toplam ekim alanı 184,1 milyon hektar ve toplam üretimi ise 1016 milyar tondur (FAO, 2016). Bu istatistiki verilere göre mısır dünyada en fazla üretilen tahıl türüdür. Mısır ekim ve üretimi ülkemizde de son yıllarda hızlı bir artış halinde olup, 2016 yılı istatistiki verilerine göre 688 bin hektar ekim alanı ve 6.4 milyon tonluk üretimle, buğday ve arpadan sonra üretim yönünden üçüncü sırada yer almaktadır (TÜİK, 2015). Mısır bitkisinin başta danesi ve bitkinin diğer kısımları doğrudan ya da dolaylı olarak birçok ürünün hammaddesini oluşturmakta ve bu özelliği ile halen 400 dolayında ürünün yapısına katıldığı bildirilmektedir (UHK, 2012).

Önemli bir tahıl türü olan mısır üretimine olan ihtiyaç, dünyadaki nüfus artışı ile ilişkili olarak giderek artmaktadır. Mısıra olan söz konusu talebi karşılamada başlıca yol birim alandan elde edilen verimin arttırılmasının yanında, tarımsal uygulamaların optimizasyonudur. Bunun için bir yandan yüksek verimli ve kaliteli mısır çeşitleri geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürdürülürken, bir yandan da mısır yetiştiriciliği açısından önem taşıyan gübreleme, sulama, yabancı ot, hastalık ve zararlılarla mücadele vb. tarımsal uygulamaların da geliştirilmesi önem taşımaktadır. Bu tarımsal uygulamalardan bir tanesi de mısır bitkisinin büyümesinde, veriminde ve kalitesinde önemli rolü oynayan B beslenmesi ve gübrelenmesidir.

B'un bitkideki beslenme fizyolojisi diğer birçok besin elementinden farklıdır. Bor bitkide ağırlıklı olarak ksilem iletim demetlerinde taşınmaktadır. Bitkideki ksilem hareketi tamamen bitkinin transpirasyon düzeyine bağlıdır. Mısır bitkisi Çukurova bölgesinde yaz mevsiminde bağıl nemin yüksek olduğu koşullarda yetiştirilmektedir. Bağıl nemin yüksekliği, bitkideki ksilem hareketini

ve buna bağlı olarak bitkideki B alımını ve taşınımını düşürebilecektir. Bu da bölgede özellikle mısır bitkisinde B noksanlığının görülme olasılığını arttıracakını düşündürmektedir. Bor'un bitkilerin hücre duvarının dayanıklılığında, membran bütünlüğünde, fenol metabolizmasında, karbonhidratların taşınmasında ve generatif organların oluşumundaki rolü önemlidir. Bor'un vegetatif organlardan çok generatif organlardaki etkinliği dikkate alındığında mısırın verim ve kalitesinde oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır .

Literatür bilgilerinden, Türkiye koşullarında mısır bitkisinin verim ve kalite özelliklerinde B'un rolünü gösteren çalışmalar oldukça sınırlı olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca B elementinin bitkilerdeki abiyotik özellikle kuraklık stresine karşı dayanıklılık kazandırabildiği görülmüştür. Bu bilgilere ilave olarak B'un toprakta bitki kök bölgesine kütle akışı ve bitkide de ksilem yoluyla hareket etmesi toprakta sulama suyu miktarının ve su kullanım etkinliğinin B beslenmesi üzerine etkisinin olacağını ortaya koymuştur. Bu bilgilere karşılık, literatürde B uygulaması ve farklı sulama düzeylerinde mısırın büyüme ve B beslenmesi üzerine etkisini bir arada gösteren çalışmaların hemen hemen hiç olmadığı gözlenmiştir. Bu amaçla sera koşullarında yürütölen b çalışmayla, tarımsal üretim alanlarında son yıllarda görölen kuraklık stresinin, mısır bitkisinde büyüme ve kuru madde verimi üzerine farklı B uygulamalarının rolü belirlenmeye çalışılmıştır.

Sera koşullarında gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, beş farklı B (0, 0.2, 1.0, 5.0 ve 25.0 mg kg⁻¹ B) ve beş farklı yarayışlı su (YS) uygulamasının (Y.S %10, Y.S %25, Y.S %50, Y.S %75 ve Y.S %100) Kebeos mısır çeşidinde, bitkinin kuru madde verimi, yeşil aksam B konsantrasyonu ve B içeriğine olan etkisi belirlenmiştir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre yarayışlı su miktarı arttıkça bitkinin yeşil aksam kuru madde veriminin arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık artan B uygulamaları ile bitkinin kuru madde veriminde azalmalar meydana gelmiştir. Yarayışlı suyun %10 olduğu uygulamalarda B'un verilmediği kontrol uygulamasına göre B uygulamalarından kaynaklı yeşil aksam kuru madde verim

azalışlarının sırasıyla %5.6, %3.8, %19.5 ve %10.7 olduğu belirlenmiştir. Benzer azalışların yarayışlı suyun %25, %50 ve %75 uygulamalarında da olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara karşılık yarayışlı suyun %100 verildiği durumda artan B uygulamalarından kaynaklı verim azalışlarının olmadığı aksine verim artışlarının (%16.5-%33.3) olduğu gözlenmiştir.

Artan dozlarda B uygulamaları ile mısır bitkisinin yeşil aksam B konsantrasyonunun önemli düzeyde arttığı görülmüştür. Yarayışlı su uygulamalarından bağımsız olarak tüm saksılar için B'un verilmediği uygulamada bitkinin yeşil aksam B konsantrasyonu 11.5 mg kg^{-1} iken, B'un 0.2, 1.0, 5.0 ve 25 mg kg^{-1} dozlarında ise bitkilerin yeşil aksam B konsantrasyonlarının sırasıyla 12.4, 13.6, 29.0 ve 178.7 mg kg^{-1} düzeylerine çıktığı görülmüştür.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre özellikle B'un toprakta alınabilirliğinin düşük olduğu koşullarda sulama düzeyinin arttırılması B'un bitkilerce alınabilirliğini arttırdığı, B eksikliğinden kaynaklı verim kayıplarının önüne geçebildiğini göstermiştir.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince engin bilgilerini, yardımını, desteğini esirgemeyen ve bunun öncesinde lisans eğitimime de katkıları saymakla bitmeyecek olan danışman hocam Prof. Dr. M. Bülent TORUN' a sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince kıymetli görüşlerine başvurduğum sevgili hocam Prof. Dr. Ayfer ALKAN TORUN' a teşekkürlerimi borç bilirim.

Laboratuvar ve sera çalışmalarımda bana yardımcı olan Arş. Gör. Ebru DUYMUŞ, Uzm. Dr. Şahin CENKSEVEN, yüksek lisans öğrencisi Oğuzhan AYDIN ve teknik düzeltmelerde bana yardımcı olan meslektaşım Veysi AKŞAHİN' e teşekkür ederim.

Tüm çalışmalarım boyunca madden ve manen yanımda olan ve her koşulda beni destekleyen babam Osman YERLİKAYA, annem Ganime YERLİKAYA, kardeşlerim Evin YERLİKAYA, Ferhat YERLİKAYA, Rojda YERLİKAYA, Sipan YERLİKAYA' ya teşekkür ediyorum.

Her tökezlediğimde beni yüreklendiren, savaşmayı öğreten, hayata bakış açımı değiştiren, her zaman bana güvendiğini hissettiren sevgili hocam Mehmet MAMGER YÜCEL' e sonsuz teşekkür ederim.

Fahri ailem olarak gördüğüm ve bu süreçte manevi destekleriyle her daim yanı başımda olarak bu zorlu süreci benim için kolaylaştıran arkadaşlarım Feyzullah ÖZTÜRK, Meral ASKER, Veysi AKŞAHİN, Recep GÖK, Ceren SEZGİN, Mine POLAT ve Reber KARAALP' e can-ı gönülden teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIV
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Bitki Büyümesinde Bor'un Rolü	5
2.2. Su Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Büyümesi Üzerine Etkisi	9
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Metod.....	13
3.2.1. Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi.	13
3.2.2. Bitki Örneklerin Analize Hazırlanması.	14
3.2.3. Toprak Örneklerine Ait Fiziksel ve Kimyasal Analiz Yöntemleri	15
3.2.4. Biki Örneklerine Ait Analizler	16
3.2.4.1. Bitkide Bor Analizi.....	16
3.2.5. İstatistik analizler.....	17
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	19
4.1. Bor ve Yarayışlı Su Uygulamalarının SPAD değerine ve Yeşil Aksam Kuru Madde Verimine Etkisi	19
4.2. Farklı Bor ve Yarayışlı Su Uygulamalarının Yeşil Aksam B Konsantrasyonu ve İçeriği Üzerine Etkileri.....	25
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	29

KAYNAKLAR.....	33
ÖZGEÇMİŞ.....	37



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.	13
Çizelge 4.1. Farklı Bor ve yarayışlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin yeşil aksam SPAD değerleri üzerine etkisi.	19
Çizelge 4.2. Farklı dozlarda Bor ve sulama uygulamalarının bitkinin SPAD, kuru madde verimi, B konsantrasyonu ve B içeriğine etkisini göstermek için varyans analiz sonuçlarından elde edilen önemlilik düzeyleri	20
Çizelge 4.3. Farklı Bor ve yarayışlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin yeşil aksam kuru madde verim değerleri üzerine etkisi.	24
Çizelge 4.4. Farklı Bor ve yarayışlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin yeşil aksam B konsantrasyonu üzerine etkisi.	26
Çizelge 4.5. Farklı Bor ve yarayışlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin toplam B içeriği üzerine etkisi.	27



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

- Şekil 4.1. Bor'un verilmediği koşullarda artan düzeylerde toprağa uygulanan yarayışlı su miktarlarının 46 günlük mısır bitkisinin büyümesi üzerine etkisi.21
- Şekil 4.2. Yarayışlı suyun %100 verildiği koşullarda artan düzeylerde toprağa uygulanan Bor dozlarının 46 günlük mısır bitkisinin büyümesi üzerine etkisi.23





SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

B	: Bor
Zn	: Çinko
Cu	: Bakır
Mn	: Mangan
Fe	: Demir
N	: Azot
P	: Fosfor
K	: Potasyum
S	: Kükürt
Ca	: Kalsiyum
Al	: Alüminyum
CaCO ₃	: Kalsiyum Karbonat
KH ₂ PO ₄	: Potasyum di hidrojen fosfat
Ca(NO ₃) ₂	: Kalsiyum nitrat
ZnSO ₄	: Çinko sülfat
H ₃ BO ₃	: Borik asit
NaHCO ₃	: Sodyum bi karbonat
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
NH ₃	: Amonyak
NH ₄	: Amonyum
NO ₃	: Nitrat
G	: Gram
Mg	: Miligram
Kg	: Kilogram
Ha	: Hektar
cm	: Santimetre

mm	: Milimetre
Ppm	: mg kg ⁻¹
mM	: Milimolar
µM	: Mikromolar
°C	: Santigrat Derece
HCl	: Hidroklorik Asit
Org. Mad.	: Organik Madde
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nation
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UHK	: Ulusal Hububat Konseyi

1. GİRİŞ

Mısır (*Zea mays* L.) önemli bir tahıl türü olup, insan ve hayvan beslenmesinde ve sanayi ürünü olarak çok sayıda tüketim ve kullanım alanı bulunan ve dünyada ve ülkemizde oldukça geniş alanlarda ekimi ve üretimi yapılan önemli bir kültür bitkisi. Mısır bitkisinin dünya üzerindeki toplam ekim alanı 184,1 milyon hektar ve toplam üretimi ise 1016 milyar tondur (FAO, 2016). Bu istatistiki verilere göre mısır dünyada en fazla üretilen tahıl türüdür. Mısır ekim ve üretimi ülkemizde de son yıllarda hızlı bir artış halinde olup, 2017 yılı istatistiki verilerine göre 6,4 milyon dekar ekim alanı ve 5,9 milyon tonluk üretimle, buğday ve arpadan sonra üretim yönünden üçüncü sırada yer almaktadır (TÜİK, 2017).

Mısır bitkisinin başta danesi ve bitkinin diğer kısımları doğrudan ya da dolaylı olarak birçok ürünün hammaddesini oluşturmakta ve bu özelliği ile halen 400 farklı ürünün yapısına katıldığı bildirilmektedir (UHK, 2012).

Önemli bir tahıl türü olan mısır üretimine olan ihtiyaç, dünyadaki nüfus artışı ile ilişkili olarak giderek artmaktadır. Mısıra olan söz konusu talebi karşılamada başlıca yol birim alandan elde edilen verimin artırılmasının yanında, tarımsal uygulamaların optimizasyonudur. Bunun için bir yandan yüksek verimli ve kaliteli mısır çeşitleri geliştirilmesine yönelik çalışmalar sürdürülürken, bir yandan da mısır yetiştiriciliği açısından önem taşıyan gübreleme, sulama, yabancı ot, hastalık ve zararlılarla mücadele vb. tarımsal uygulamaların da geliştirilmesi önem taşımaktadır. Bu tarımsal uygulamalardan bir tanesi de mısır bitkisinin büyümesinde, veriminde ve kalitesinde önemli rolü oynayan B beslenmesi ve gübrelenmesidir.

Bor (B) noksanlığı, tarım topraklarında sıklıkla görülen ve verim üzerinde sınırlayıcı etkisi önemli bir mineral beslenme problemidir. Bazı raporlara göre, B noksanlığı dünyada bitkilerde en yaygın olarak ortaya çıkan mikro element noksanlıklarından biridir. Hem pH'sı düşük, hem de pH'sı yüksek topraklarda ortaya çıkan bor noksanlığı problemi Türkiye'de bitkisel üretim altındaki

topraklarda da yaygınlık göstermektedir. Geçmişte ve yakın zamanda yürütülmüş toprak ve bitki ile yapılmış survey çalışmalarına göre, bor noksanlığı probleminin Türkiye’de bitkisel üretim altındaki topraklarının en az % 25’ini etkilediği, bazı bölgelerimizde ise (özellikle Orta Anadolu Bölgesinin bazı kısımlarında) B’un, toprakta aşırı (toksik) düzeylerde bulunduğu bildirilmiştir (Çakmak ,2016).

Bor, Ca gibi elementlerin bitkilerce kullanımını arttırması yanında, bitkinin abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılığını da arttırmaktadır.

Bor uygulamasının bitkilerin büyümesi üzerine olumlu etkilerini ortaya koyan çalışmalar literatürde mevcuttur. Son 60 yıllık bir zaman içinde, 132 bitki türünde ve seksenden (80) fazla ülkede kapsayan bir derleme çalışmada, B noksanlığına sahip topraklara yapılan B gübrelemesiyle bitki büyümesinde ve veriminde önemli iyileştirilmeler sağlandığı bildirilmiştir. Dünyada yıllık 15 milyon ha alanda B uygulamasının yapıldığı tahmin edilmektedir (Shoracks, 1997).

Dünyanın farklı bölgelerinde bitki yetiştiriciliğinde, ortaya çıkan B noksanlığının, ülkemizde de önemli bir bitki besleme problemi olduğu gösterilmiştir. Örneğin, Sillanpaa (1990) tarafından Türkiye’de yapılan bir çalışmada toplam 298 örneğin ortalama B konsantrasyonunun 11.0 mg kg^{-1} olduğu ve yapılan denemelerde toprağa yapılan B uygulamasının da bitkilerde verim artışına neden olduğu saptanmıştır.

Literatürlerde B noksanlığının çevre, toprak ve bitki faktörlerine bağlı olarak ortaya çıkabildiği bilgisine yer verilmiştir (Shorrock, 1997). Toprakta B’un bitki kök bölgesine taşınması kütle alışıyla gerçekleşmektedir. Bu nedenle toprakta suyun miktarı, tutunması, yarayışlılığı ve taşınması bitkinin B’la beslenme düzeyini etkileyen önemli faktörlerdir. Bu bilgiler aynı zamanda bitkinin beslenmesinde B’un, toprakta su ile ilişkisinin araştırılmasını işaret etmektedir.

Braunworth ve Mack (1990), su eksikliğinin mısır verim ve kalitesine etkisini araştırmışlar, kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50’si tüketilmeden yapılan sulama koşullarında verim değerinin birbirine yakın olduğunu belirlemişlerdir. Bunun yanında kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50’si

tüketildiğinde mevcut nemi tarla kapasitesine getirecek şekilde kontrol parseline uygulanan sudan %15 oranında yapılacak bir kısıntı ile en yüksek verimin elde edilebileceği aynı araştırmacılar tarafından saptanmıştır (Yıldırım ve Kodal, 1995). Literatür sonuçları sulama suyunun tam veya kısıtlı şekilde uygulandığında mısırın dane veriminde değişimin çok belirgin olmadığını göstermiştir. Sulama düzeylerine karşın, dane verimde stabil sonuçların elde edilmemiş olması, söz konusu alanlarda yürütülen çalışmalarda toprakların alınabilir B miktarının veya bitkinin B'la beslenme düzeyinin farklılığından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Bunlara ilave olarak B'un bitkideki beslenme fizyolojisi diğer birçok besin elementinden farklıdır. Bor bitkide ağırlıklı olarak ksilem iletim demetlerinde taşınmaktadır. Bitkideki ksilem hareketi tamamen bitkinin transpirasyon düzeyine bağlıdır. Mısır bitkisi Çukurova bölgesinde yaz mevsiminde bağıl nemin yüksek olduğu koşullarda yetiştirilmektedir. Bağıl nemin yüksekliği, bitkideki ksilem hareketini ve buna bağlı olarak bitkideki B alımını ve taşınımını düşürebilecektir. Bu da bölgede özellikle mısır bitkisinde B noksanlığının görülme olasılığını arttırabilecektir.

Literatür bilgilerinden, Türkiye koşullarında mısır bitkisinin verim ve kalite özelliklerinde B'un rolünü gösteren çalışmalar oldukça sınırlı olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca B elementinin bitkilerdeki abiyotik özellikle kuraklık stresine karşı dayanıklılık kazandırabildiği görülmüştür. Bu bilgilere ilave olarak B'un toprakta bitki kök bölgesine kütle akışı ve bitkide de ksilem yoluyla hareket etmesi toprakta sulama suyu miktarının ve su kullanım etkinliğinin B beslenmesi üzerine etkisinin olacağını ortaya koymuştur. Bu bilgilere karşılık, literatürde B uygulaması ve farklı sulama düzeylerinde mısırın büyüme ve B beslenmesi üzerine etkisini bir arada gösteren çalışmaların hemen hemen hiç olmadığı gözlenmiştir. Bu amaçla sera koşullarında yürütülen b çalışmayla, tarımsal üretim alanlarında son yıllarda görülen kuraklık stresinin, mısır bitkisinde büyüme ve kuru madde verimi üzerine farklı B uygulamalarının rolü belirlenmeye çalışılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Bitki Büyümesinde Bor'un Rolü

Mc Steen ve ark. (2017) bor noksanlığı olan bitkilerdeki gelişme problemleri ve simptomların hücre genişlemesinden ziyade hücre bölünmesi aşamasında ortaya çıktığını gözlemlemişler, araştırmadan elde edilen bulgular sonucunda Bor'un hücre bölünmesi kök hücreleri ve meristemlerdeki rolünün hücre duvarlarındaki rolünden bağımsız olduğu sonucuna varmışlardır.

Çakmak ve ark.,(2017) B'un ATPaz enzimi aktivitesinde ve hücre membranlarının yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünde anahtar bir rol üstlendiğini, B noksanlığında plazma membranlarının yapısal bütünlüğünün de ciddi şekilde bozulup zarar gördüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca B noksanlığının membranlar üzerindeki Fe (demir) taşınımında değişimlere ve bozulmalara yola açtığını, B'ca noksan bitkilere B ilavesinin membran bütünlüğünde ve plazma membran H⁺ ATPaz enzim aktivitesinde dakikalar içinde hızlı bir yenilenme ve iyileşmeye yol açtığını belirlemişlerdir.

Çakmak ve ark.,(2017) kök gelişimi ve besin elementi alımında B'un rolünü araştıran bir çalışmada, *Arabidopsis* bitkisi düşük orta ve yeterli miktarda B sağlayarak yetiştirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, düşük B koşullarındaki bitkilerde K, NO₃⁻ ve P gibi bazı besin elementi alımlarında azalmalar söz konusu olduğunu ortaya konmuştur. Bu bulgular B noksanlığının diğer besin elementlerinin bitkilerce alımını kötüleştirdiğini ortaya koyması bakımından önemlidir.

Bor noksanlığı bitki gelişimini sınırlayan mutlak bir mikro element olduğu, B noksanlık stresinin tarımda önemli verim ve ekonomik kayıplara yol açtığı, bu nedenle bitkilerde B noksanlığından kaynaklı bitkisel ürün kayıplarını azaltmak için bitkinin B beslenmesinin önemli strateji olduğu bildirilmiştir (Reguera ve ark.,2017). Aynı çalışmada, B noksanlığı koşullarındaki *Arabidopsis* bitkisindeki kök gelişiminin gerilemesinin azaldığı, bunun hücre bölünmesi ve uzamasının

kötüleşmesiyle ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Söz konusu çalışmada B noksanlık stresinde sitokinin ve auxin gibi hormonların kökte hücre bölünmesinde önemli rol oynadığı bulunmuştur.

Xuwen Li ve ark.,(2017) kök uçlarındaki auxin taşınmasında B'un etkisini araştırdıkları çalışmanın sonucunda B ilavesinin bitkide Al toksisitesinin şiddetini hafiflettiğini saptamışlardır. Bu sonuç, B'un kök bölgesinde pH alkanizasyonuna neden olması ve beslenme ortamında Al^{+3} aktivitesinin düşürülmesiyle ilişkilidir.

Literatür çalışmaları B'un mısır ve diğer bitkilerin veriminde, kalitesinde ve abiyotik ve biyotik stres faktörlerine dayanıklılığında önemli roller oynadığını göstermiştir. Bu rollerin etkinliğinde B'un bitkiye uygulama yönteminin, uygulama zamanının ve uygulama dozunun önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bor noksanlığında serbest hale geçen fotosentetik O_2 miktarının azalması fotosentezin olumsuz şekilde etkilendiğinin bir kanıtıdır. Kastori ve ark., (1995) B noksanlığında ayçiçeği bitkisinde fotosentez miktarının önemli derece azaldığını belirlemişlerdir. Bor noksanlığında fotosistem- II de elektron taşınmasının olumsuz şekilde etkilendiği ve tilakoid membranlarının oksidatif zararlanmaya uğradığı saptanmıştır (El-Shintinawy 1999).

Karbonhidrat metabolizmasında borun rolü ;hücre duvarı metaryallerinin sentezi ve şekerlerin taşınması gibi temelde iki konu üzerinde durularak açıklanmaya çalışılmıştır. Bor noksanlığında hücre duvarı çapı ile birlikte toplam kuru madde içerisinde hücre duvarı metaryali oranının beklentilerin dışında arttığı belirlenmiştir (Hirsch ve Torrey 1980).

Huang ve ark.,(2005) B'un , Ca gibi elementlerin bitkilerce kullanımını arttırması yanında, bitkinin abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılığını da arttırdığını belirtmişlerdir. Tarla gözlemleri ve sera çalışmaları, bitkilerde B noksanlığı ve yaprakta düşük sıcaklık zararlanması arasında bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Ancak bu iki stres faktörü arasında ilişkinin fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeyi henüz tam anlaşılabilmiş değildir. Tüm bitkide yapılan çalışmadan elde edilen bulgular, kök bölgesinde düşük

sıcaklık, bitkinin B alım kapasitesini sınırlandırdığını ve/veya yeşil aksamdaki B'un dağılımını ve kullanımını etkilediğini ortaya koymuşlardır. Bu araştırmacılar soğuk stresinin etkisinde bitki türlerinin soğuğa karşı toleransı, düşük sıcaklığın niteliği (ani ya da yavaş düşüşler) ve büyüme koşullarının (ışık ve nem gibi) belirleyici olduğunu bildirmiştir.

Bor bitkide immobil olması nedeniyle B noksanlığı öncelikle gövde ve kök uçlarında, yeni oluşmuş genç yapraklarda ve çiçek tomurcuklarında olmak üzere bitkinin büyüme noktalarında ve meristem dokularında görülür. Bitkilerde B noksanlığı genel olarak; meyvelerin, yumruların ve bitki köklerinin renklerini yitirmesi, çatlaması ve çürümesi gibi belirtiler yanında gövde petiol ve yapraklarda solma, kalınlaşma ve çatlama şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bor noksanlığında boğum araları kısılır, bitkilerde büyüme ve gelişme olumsuz şekilde etkilenir. Genç yaprakların orta damarları arasındaki dokularda beyaz ya da saydam lezyonlar oluşur. Bu olgu sorgum ve mısır bitkilerinde gelişme süresince görülebilir. (Kacar,2012)

Patates bitkisinde bitkinin B'la beslenmesinin iyileştirilmesiyle Ca beslenmesinin de iyileştirildiği bildirilmiştir (Abdulnour ve ark., 2000). Başka bitkilerde örneğin yaban mersini bitkisinde yalnız başına Ca uygulamasının yapıldığı durumda verim ve tohum kalite özelliklerinde belirgin iyileştirmelerin olmadığı ancak B'la birlikte uygulandığı durumda söz konusu faktörlerde iyileşmelerin olduğu saptanmıştır (Chen ve ark., 1998).

Toprakta su düzeyinin B un yarıyışlılığı üzerine etkisi diğer besin elementlerine göre daha fazladır. Suyun noksan olması durumunda toprak çözeltisinde kitle akımının ve difüzyon oranının azalması, transpirasyona bağlı besin elementi hareketini olumsuz şekilde etkilenmesi nedeniyle toprakta yeteri kadar yarıyışlı B bulunsa bile bitki B'dan yararlanamaz (Kacar, 2012).

Bor noksanlığı mısır bitkisinde yeşil aksam ve kök gelişmesinde, tepe püskülü ve koçan püskülü oluşumunda, yapraklardan koçana şeker taşınmasında, polen tüplerinin ve tohum oluşumunda önemli olduğu bildirilmiştir. Kum kültüründe

yapılan bir çalışmada NS72 mısır çeşidinin B'lu (20 µM, B20) ve B'suz (0 µM, kontrol uygulaması-B0) koşullardaki yeşil aksam kuru madde verimi, B konsantrasyonu ve içeriği belirlenmiştir. Bor verilmeyen uygulamaya göre B20 uygulamasıyla beş yapraklı dönemde mısırın yeşil aksam kuru madde verimi artmış ancak bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu bulgulara karşılık aynı dönemde kontrol uygulamasına göre, B uygulamasıyla yeşil aksam B konsantrasyonu ve içeriğinin önemli düzeyde arttığı saptanmıştır (Lordkaew ve ark., 2011).

Vegatif dönemde B uygulamaları arasında önemli fark olmamasına karşılık püskül ve koçan çıkışının görüldüğü generatif dönemde B0 uygulamasında B noksanlık belirtileri gözlenirken söz konusu belirtilerin B'un 20 µM düzeyinde uygulandığı durumda olmadığı gözlenmiştir. Bor noksanlık belirtileri üst yapraklarda beyaz lekeler şeklinde iken ilerleyen dönemlerde yaprak ayasında şeritler şeklinde olduğu görülmüştür. Çiçeklenme döneminde bu şeritlerin giderek genişlediği, uzadığı, kağıt gibi incelendiği üst yapraklarda şeffaf düzensiz şeritler halinde ortaya çıktığı bildirilmiştir. Bor uygulamasının olmadığı uygulamada çoklu koçan oluştuğu ve koçan kabukları soyulduğunda tepe püskülünde (erkek organ) koçan püskülünün (dişi organ) olmadığı veya çok az olduğuna karşılık B uygulamasında ise koçanların normal olduğu belirlenmiştir (Lordkaew ve ark., 2011).

Bu bulgulara ilave olarak generatif dönemde B'un verilmediği uygulamaya göre, B uygulamasında tepe püskülü ve koçan püskülünün kuru madde verimi ve çiçeklenme dönemindeki koçan püskül sayısı ve uzunluğu daha yüksek bulunmuştur. Örneğin B uygulanmadığı durumda tepe püskülünün kuru madde verimi 3.7 g bitki⁻¹ iken B uygulamasında 8.8 g bitki⁻¹ olduğu saptanmıştır. Aynı değerler koçan püskülü için sırasıyla 0.52 g bitki⁻¹ ve 0.93 g bitki⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Söz konusu B uygulamalarında yine sırasıyla koçan püskülündeki iplikçik sayısı 118 ve 420 adet olduğu görülmüştür (Lordkaew ve ark., 2011).

Literatür bilgileri mısır bitkisinin büyümesi ve verimi üzerine sulama düzeyi ve B'la beslenme düzeyinin önemli olduğunu bu faktörlerin bitki üzerinde etkilerinin iklim ve toprak faktörlerine bağlı olarak değişebildiğini ortaya koymuştur.

2.2. Su Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Büyümesi Üzerine Etkisi

Doorenbas ve Kassam,(1979) mısır bitkisinin toprakların kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 55'i tüketildiği zaman sulanması halinde iyi bir verim elde edilebileceğini vurgulamışlardır. Anılan araştırmacılar deneysel veri eksikliği, iklim değişiklikleri, bitki su tüketimi miktarı ve doyurulan toprak derinliğine bağlı olarak verim tepki etmeni değerlerinden sapmaların olabileceğini belirtmişlerdir. Örneğin Stegman,(1986) maksimum verimde % 5 civarında bir azalma için mevsimlik sulama suyundan kaba bünyeli toprakta % 23, orta bünyeli toprakta ise % 30 düzeyinde bir kısıntı yapılması gerektiğini bildirmiştir.

Yıldırım ve Kodal (1995), Ankara koşullarında mısır bitkisinin farklı sulama suyu miktarındaki verimini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada kontrol parsellerine bitki kök bölgesindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak şekilde sulama suyu uygulanırken, diğer parsellere kontrol parsellerine uygulanan suyun %0, %25, %50, %75, %125, %150, %175, %200'ü kadar sulama suyu uygulanmıştır. Üç yıllık çalışma sonucunda 1991 yılında 1107kg/da,1992 yılında 974 kg/da, 1993 yılında 997 kg/da'lık ortalama dane verimi elde edilmiştir. Çalışmada aşırı miktarda su uygulamasının verimi önemli düzeyde arttırmadığı saptanmıştır.

Ayla (1993) ,Bolu ovası koşullarında mısırın su tüketimine dönük yaptığı araştırmada üç yıllık çalışma sonucunda Bolu ovasında mısırın dört kez sulanması gerektiğini vurgulamıştır. Sulamaların bitki 40-45 cm olduğunda, tepe püskülü başlangıcında, koçan oluşum döneminde, ve süt olum döneminde yapılmasının uygun olduğu belirtilmiştir.

Köksal ve ark. (1995) Çukurova koşullarında mısırın mevsimlik su tüketimini 474-606 mm arasında değiştiğini anılan bölgede ikinci ürün mısırın ortalama su tüketimini 631 mm olarak, Öğretir (1993) ise Eskişehir koşullarında mısırın su tüketimini 659 mm olarak saptamışlardır.

Kırda ve ark. (1999)'a göre sulamalarda genel uygulama sulama zamanı belirlendikten sonra kök bölgesi su içeriğinin tarla kapasitesine gelinceye dek ıslatılmasıdır. Kısıntılı sulamada temel amaç mevsim içi sulamalarda optimum ürünü sağlamak koşuluyla gerekenden daha az su uygulayarak mevcut su kaynağı ile daha fazla tarım alanını sulayabilmektir. Kısıntılı su uygulaması genel olarak bitkilerin su eksikliğine dayanıklı olduğu dönemlerinde yapılır. Kısıntılı sulama uygulaması altında su kullanımının azaltılması mümkün olabilmektedir.

Çakır (2004), tarafından mısır bitkisinin vejetatif gelişimi, dane verimi, ve diğer verim parametreleri üzerine farklı gelişme dönemlerinde uygulanan sulama ve su stresinin etkilerini belirlemeye yönelik 3 yıl süreli bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada mısır bitkisinin bilinen dört gelişme dönemleri ele alınmıştır. En yüksek verim değeri dört gelişme döneminde sulama uygulamalarının yapıldığı kontrol konusundan elde edilmiştir. Kontrol konusuna ortalama 495,3 mm sulama suyu uygulaması yapılmıştır. Sulama uygulamalarının püskül, koçan başağı oluşumu ve süt olum dönemlerinde yapıldığı konusundan elde edilen verim değerleri de istatistiksel olarak kontrol konusundan elde edilen verim değerlerinden farklı bulunmamıştır.

Moser ve ark.(2006) sulama, bitkilerin verimini sınırlayan faktörlerin başında geldiğini, mısır bitkisinin vejetatif gelişme döneminde oluşabilecek su eksikliğinin verim için en büyük risk olduğunu yapılan bir araştırma ile bildirmiştir.

Nagy, (2002) tarafından sulama kısıklığı ve değişik gübre düzeylerinde mısır çeşitlerinin tepkilerini araştırmak amacıyla 1999-2002 yıllarında bir tarla denemesi yürütmüş, dane verimi ve bin dane ağırlığında sulama suyu ile birlikte

azotlu gübre uygulaması altında 70 kg/ha⁻¹ artış olduğu saptanmış olup çeşitler arasında ölçümü yapılan tüm parametrelerde önemli düzeyde fark bulunmuştur.

Uçak ve ark., (2009), Adana’da bazı yıllarda mısır verimindeki azalmanın temel nedeninin iklimsel değişikliklere bağlı olarak görülen yüksek sıcaklık ve istenmeyen düşük oransal nem değerleri ile yüksek sıcaklık ve yüksek oransal nem değerleri olduğu belirtmişlerdir. Mısırın gelişim ve verimi üzerine oldukça etkili olan anılan değerlerin bitkinin istediği sınırı aşmasıyla mısır verimi üzerinde olumsuz etkiler yapmıştır. Söz konusu, olumsuz iklim koşullarında danelerin içleri dolmamakta veya koçanlar yeterli şekilde büyümediğinden dolayı mısır veriminde önemli ölçüde düşüşlerin olduğu saptanmıştır Su kaynaklarından en iyi şekilde yararlanmanın temel koşulu toprak, iklim ve bitki etmenlerine bağlı olan sulama zamanı ve miktarı arasındaki ilişkinin bilinmesidir

Gencoğlu (1996), mısır dane veriminde su kısıntısı arttıkça dane verimini azalttığını bulmuştur. Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanında 2008-209 yılları arasında mısır bitkisinin 3 farklı gelişme döneminde uygulanan su stresinin verime etkisini saptamak amacıyla yapılan çalışmada mevsimlik su tüketimi 771,2 mm olarak belirlemiştir Aylık su tüketimi ise 90-195 mm/ay arasında değişmiştir. Elde edilen bu bulgulara göre bitkinin değişik dönemlerde çıkış suyu da dahil olmak üzere 5 kez sulanması gerektiği özellikle tepe püskülü çıkarttığı dönemde su atlaması yapılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır (Gencoğlu ve ark., 2010). Aynı çalışmada tozlaşma (tepe püskülü) döneminde su kısıntısı uygulamasının verimi %9 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Gencoğlu ve Yazar (1996) sulama aralığının hesaplanmasında ölçünün, topraktaki nemin solma noktasına inmemesi ve genellikle topraktaki yarayılı suyun % 50’ye düştüğünde su verilmesi gerektiğini, toprağın yapısına bağlı olarak değişmekle birlikte aşağıda verilen dört dönemde topraktaki nem düzeyi mutlaka tarla kapasitesine çıkartılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda mısır bitkisinin büyümesi ve veriminde yalnızca B’la ilgili değil aynı zamanda sulama suyu ile verim ilişkisini ortaya koyan çalışmalar

da mevcuttur. Kırmak ve ark. (2003), 1999-2000 yıllarında Harran Ovası koşullarında mısır bitkisinin kısıntılı sulama uygulamalarında ortaya koyduğu verim ve gelişim tepkilerini belirlemek amacıyla iki yıllık bir çalışmada, birinci ve ikinci yılda sırasıyla toplam 1215 mm ve 1295 mm su uygulanmış, dekara verim 1999 yılında 1294 kg; 2000 yılında ise 1405 kg olarak elde etmişlerdir.



3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında yürütülmüştür. Çalışmada bitki materyali olarak Kebeos mısır çeşidi kullanılmıştır.

Sera koşullarında yürütülen denemede Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü uygulama alanından alınan Menzilat serisine ait toprak kullanılmıştır. Bu toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

pH	EC mmhos cm ⁻¹	CaCO ₃ (%)	Org. mad. (%)	<u>Tekstür sınıfı</u>
7.5	0.28	22.0	1.7	<u>Kum-silt-kil (%)</u> 16.1-67.8.-16.1
B (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)
0.13	1.35	22.41	7.46	0.66

3.2. Metod

3.2.1. Sera Denemesinin Kurulması ve Yürütülmesi.

Sera koşullarında farklı dozlarda su ve bor uygulamalarının mısır bitkisinin büyüme ve gelişimine etkisi test edilmiştir. Denemede Çukurova Bölgesinden alınan Menzilat serisine ait toprak kullanılmıştır. Her saksıya 4 mm elekten geçirilmiş hava kuru 3 kg toprak konulmuştur. Temel gübreleme olarak saksılara başlangıçta 200 mg kg⁻¹ N; Ca(NO₃)₂ formunda, 100 mg kg⁻¹ P; KH₂PO₄ formunda, 125 mg kg⁻¹ K; KH₂PO₄ formunda 50 mg kg⁻¹ S; CaSO₄ formunda ,10 mg kg⁻¹ Fe;

Fe-EDTA formunda , 2 mg kg⁻¹ Zn ; ZnSO₄ formunda uygulanmıştır. İlerleyen dönemlerde N uygulaması 500 mg kg⁻¹'e tamamlanmıştır. Her saksıya 5 tohum ekilmiş ve sonrasında 3 bitkiye seyreltilmiştir.

Denemede ; B0 (0.0 mg kg⁻¹ -kontrol), B0.2 (0.2 mg kg⁻¹), B1 (1.0 mg kg⁻¹), B5 (5.0 mg kg⁻¹), B25 (25 mg kg⁻¹) olmak üzere 5 farklı bor dozu ve Y.S %10 (Yarayışlı suyun %10'u), Y.S %25 (Yarayışlı suyun %25'i), Y.S %50 (Yarayışlı suyun %50'si), Y.S %75 (Yarayışlı suyun %75'i), Y.S %100 (Yarayışlı suyun %100'ü) olmak üzere 5 sulama dozu kullanılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Kullanılan deneme toprağında yapılan fiziksel analizler sonucunda solma noktası %16, tarla kapasitesi %26.7 ve yarayışlı su içeriği %10.7 olarak bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak su içerikleri Y.S %10 için 490 ml, Y.S %25 için 536 ml, Y.S %50 için 613 ml, Y.S %75 için 690 ml ve Y.S %100 için 767 ml olarak hesap edilmiş ve bu su içeriklerine toprak ağırlığı ve saksı daraları da eklenerek saksıların tutulması gereken sabit ağırlık bulunmuştur.

Bitki çıkışları ve seyreltme işlemleri tamamlanana kadar bitkiler tarla kapasitesinde sulanmıştır. Yarayışlı su kapsamındaki sulama düzeylerinin uygulanma zamanı mısır ekiminden 14 gün sonra başlamıştır. Saksılardaki eksilen su miktarı günde iki defa tartılarak eksik olan suyun ilavesi yapılmak suretiyle tamamlanmıştır. Bor ve yarayışlı su uygulamalarından kaynaklı büyüme farklılıklarının çok belirginleştiği durumda bitkiler 46 günlükken hasat edilmiştir.

3.2.2. Bitki Örneklerin Analize Hazırlanması.

Hasat edilen bitkiler 48 saat boyunca 70 °C ye ayarlanmış etüvde kurutulup kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Kuru ağırlıkları belirlenen örnekler daha sonra agat değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir.

Örnekler kuru yakma yöntemine göre yakılmıştır. Öğütülmüş örneklerden 200 mg alınıp, 5-6 saat boyunca 500-550 °C kül fırınında yakılmıştır. Yakma işleminden sonra örnekler 2 ml 1/3 oranında seyreltilmiş HCl ile işleme tabi

tutulmuş ve daha sonra örnekler hotplate üzerinde 45-50 °C de buharlaştırılmıştır. Buharlaştırılan örnekler son hacim 20 ml olacak şekilde 1/3 oranında seyreltilmiş HCl de yeniden çözündürülmüştür. Daha sonra bu örnekler mavi bant filtre kağıdından süzülerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

3.2.3. Toprak Örneklerine Ait Fiziksel ve Kimyasal Analiz Yöntemleri

Çalışmada kullanılan toprakta belirlenen kimyasal ve fiziksel analiz yöntemleri aşağıda verilmiştir.

Elektriksel İletkenlik ve pH: Saf su ile 1:2.5 oranında sulandırılmış toprak örneklerinde pH-Metre ile belirlenmiştir (McClean, 1982).

Tekstür: Bouyoucus (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir. Tekstür sınıfı Soil Survey Manual'a göre saptanmıştır.

Tarla Kapasitesi Tayini: Tarla kapasitesindeki nem içeriği Menzilat serisinden alınmış olan bozulmamış toprak örneklerinde Klute (1986)'ye göre saptanmıştır.

Solma Noktası Tayini: Solma noktasındaki nem içeriği alınan bozulmuş toprak örneğinde Klute (1986)'ye göre saptanmıştır.

DTPA'da Ekstrakte Edilebilir Mikro Elementler: Örneklerde alınabilir Zn, Fe, Mn ve Cu elementlerinin analizleri kireçli topraklar için gösterilen DTPA-TEA (pH: 7.3) ekstraksiyon çözeltisiyle yapılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

Alınabilir P: Olsen ve ark (1954) tarafından geliştirilen ve ekstrakt çözeltisine (0.5 M NaHCO₃) geçen fosforun molibdofosforik mavi renk yöntemine göre belirlenmiştir.

Alınabilir K: Knudsen ve ark.(1982) tarafından geliştirilen ve 1 N amonyum asetat çözeltisiyle gerçekleştirilen yöntemle belirlenmiştir.

Alınabilir B: Örneklerde alınabilir B, Bingham (1982) tarafından geliştirilen Azomethin-H yöntemine göre yapılmıştır.

3.2.4. Biki Örneklerine Ait Analizler**3.2.4.1. Bitkide Bor Analizi**

Bitkide B analizi Bingham (1982) tarafından geliştirilen Azomethin-H yöntemine göre yapılmıştır. Bu yöntemine göre;

1. Tampon Çözelti : 250 g NH_4OAc (amonyum asetat) ve 15 g Na-EDTA (etilendiamintetraasetik asit disodyum tuzu) 400 ml saf su içerisinde çözündürülmüş ve üzerine 125 ml glasiyel asetik asit yavaş yavaş ilave edilerek karıştırılmıştır.
2. Azomethin-H Reagent : 0,45 g azomethin-H %1'lik askorbik asit içinde çözündürülerek hazırlanmıştır.
3. Standart Bor Çözeltisi : 0,114 g H_3BO_3 (borik asit) örnekler için kullanılan ekstraksiyon yakma çözeltisiyle 1 lt'ye tamamlanmıştır. Bor konsantrasyonu 20 mg kg^{-1} dir. Bu çözeltiden 1, 2, 4, 8, 16 mg B kg^{-1} 'lık standartlardan hazırlanmıştır.

Bor analizi için standartlardan ve süzülen örneklerden 1 ml alınmış, üzerine 2 ml tampon ve 2 ml azomethin-H çözeltisi ilave edilmiş ve hazırlanan örnekler ½ saat karanlıkta bekletildikten sonra gelişen renk spektrofotometrede 420 nm'de okunmuştur.

Bitkide total K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu analizleri: Makro ve mikro elementlerden K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu yaş yakma metodu ile elde edilen süzüklerde miktarları atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir.

Bitkide total azot analizi: Bitki örneklerinde N analizi Kjeldahl destilasyon yöntemiyle yapılmıştır. Bu yöntemin esası H_2SO_4 ile yaş yakılan bitki örneğindeki organik N'u NH_4 N'u şekline dönüştürmek ve alkali ortamda yapılan destilasyon sonucu açığa çıkan ve borik asit içinde yakalanan NH_3 miktarından bitkilerin N miktarını belirlemektir.

3.2.5. İstatistik analizler

Araştırma bulguları ve ölçülen bütün değişkenlerin istatistiksel analizi için SPSS istatistik programı kullanılmıştır. Çalışmada varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve ortalamalar arasındaki farkın önemini belirlemek amacıyla LSD testi uygulanmıştır. Tüm istatistiksel analizler önemlilik düzeyleri $P<0,05$, $P<0,01$, $P<0,001$ olarak belirlenmiştir.





4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bor ve Yarayışlı Su Uygulamalarının SPAD değerine ve Yeşil Aksam Kuru Madde Verimine Etkisi

Sera koşullarında yürütülen çalışmada, farklı B ve yarayışlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin büyümesi ve verimi üzerine etkilerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde yarayışlı su uygulamalarından bağımsız olarak yalnızca B uygulamaları dikkate alındığında toprağa artan B ilavesinin bitkilerin yeşil aksam klorofil düzeylerini gösteren SPAD değerleri üzerinde herhangi önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Örneğin söz konusu koşullardaki bitkilerde B uygulamasının yapılmadığı kontrol (B 0) uygulamasında bitkilerin ortalama yeşil aksam SPAD değerinin 31,7 olduğu aynı değerin B0,2 B1, B5 B25 uygulamalarında sırasıyla 31,4, 32,6, 31,5 ve 32,4 olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.1.1.).

Çizelge 4.1. Farklı Bor ve yarayışlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin yeşil aksam SPAD değerleri üzerine etkisi.

Bor Dozları (mg B kg ⁻¹)	SPAD					
	Yarayışlı Su Düzeyleri (%)					
	Y.S 10	Y.S 25	Y.S 50	Y.S 75	Y.S 100	Ort.
B 0.0	33.8 ±2.1	29.9 ±1.7	32.8 ±3.2	30.8 ±0.7	31.1 ±2.6	31.7
B 0.2	32.6 ±1.0	30.2 ±3.1	33.9 ±2.2	28.8 ±2.1	31.2 ±4.1	31.3
B 1.0	32.6 ±0.5	33.6 ±2.4	33.7 ±1.4	30.5 ±1.5	32.4 ±0.8	32.6
B 5.0	30.8 ±3.3	33.4 ±1.0	33.0 ±1.6	31.7 ±0.6	28.5 ±1.8	31.5
B 25	32.2 ±0.7	35.6 ±0.9	32.8 ±1.5	31.4 ±1.4	29.6 ±2.5	32.3
Ort.	32.4	32.5	33.2	30.6	30.6	

LSD_{0.05} (YS, B, YS×B): 1.51, ö.d., ö.d.

Bor'un yeşil aksam SPAD değeri üzerine etkisinin belirgin olmamasına karşılık, tüm deneme saksılarında B uygulamalarından bağımsız olarak, yarayışlı

su miktarının arttıkça bitkilerin yeşil aksam SPAD değerlerinde düşüşlerin elde edildiği gözlenmiştir. Örneğin aynı koşullardaki yarayışlı suyun %10 olarak uygulandığı durumda tüm bitkilerin SPAD değeri 32,5 olduğu, aynı değerin Y.S.%100 verildiği durumda ise 30,6 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar yarayışlı su miktarı arttıkça bitki büyümesinin de artmasına ve sonuçta büyüyen bitkilerin dokularındaki klorofil seyrelmesiyle ilişkilendirilebilir (Çizelge 4.1.1.). Nitekim yarayışlı suyla bitkinin SPAD değerleri arasında $p<0.05$ düzeyinde önemli bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 4.1.2.)

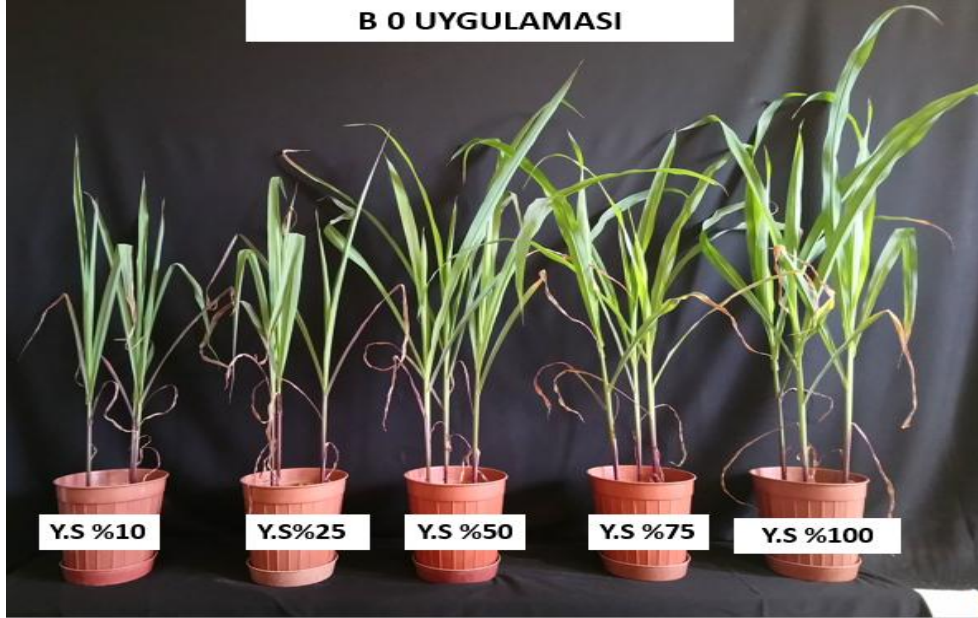
Bu savı destekler bulgular yarayışlı su miktarının artışıyla beraber 46 günlük mısır bitkilerinin yeşil aksam kuru madde veriminin de arttığını göstermesidir. Su miktarının artışıyla yeşil aksam kuru madde veriminin artışı bitkilerin genel görünümünde gözle görülürken (Şekil 4.1.1.) aynı zamanda yapılan kuru madde verim hesaplamalarıyla kanıtlanmıştır. Örneğin B uygulamasının verilmediği kontrol (B0) uygulamasında yarayışlı suyun %10 u verildiğinde ortalama yeşil aksam kuru madde verimi $1,59 \text{ g bitki}^{-1}$ yarayışlı suyun %25 , %50, %75, %100'ü verildiğinde aynı değerin 1.78, 2.81, 3.18 ve 4.06 g bitki⁻¹ olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.1.1.).

Çizelge 4.2. Farklı dozlarda Bor ve sulama uygulamalarının bitkinin SPAD, kuru madde verimi, B konsantrasyonu ve B içeriğine etkisini göstermek için varyans analiz sonuçlarından elde edilen önemlilik düzeyleri .

	YS		B		YS x B	
	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
SPAD	5,18	*	1,02	ns	1,69	Ns
KMV	178,04	***	0,74	ns	2,55	**
B	2,18	ns	1216,61	***	2,17	*
KONS.						
B İÇ.	34,57	***	211,38	***	17,89	***

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$, ns: not significant

Söz konusu B uygulamasında yarayışlı suyun %10 verildiği uygulamaya göre Y.S %25'i Y.S %50'si ve Y.S %100'ü verildiğinde yeşil aksamda sağlanan kuru madde verim artış oranının sırasıyla %11.9, %76.7, %100 ve %155.3 olduğu belirlenmiştir. B'un 25 mg kg⁻¹ olarak uygulandığı durumda ise aynı değerler sırasıyla %63, %27.5, %95.8 ve %280.9 olarak bulunmuştur. Yarayışlı suyun verim üzerine belirgin etkisinin özellikle % 50 üzerinde uygulanan koşullarda olduğu görülmüştür. Benzer sonuçlar Braunworth ve Mack (1990) tarafından yapılan çalışmada da gözlenmiştir.



Şekil 4.1. Bor'un verilmediği koşullarda artan düzeylerde toprağa uygulanan yarayışlı su miktarlarının 46 günlük mısır bitkisinin büyümesi üzerine etkisi.

Bu sonuçlara ilave olarak yüksek B dozlarına göre, düşük B dozlarında uygulanan yarayışlı su miktarı arttıkça, bitkilerden elde edilen yeşil aksam kuru madde verim artış oranının daha büyük olduğu belirlenmiştir. Örneğin B'un verilmediği (B0) uygulamasında, Y.S %10 verildiği duruma göre Y.S %50

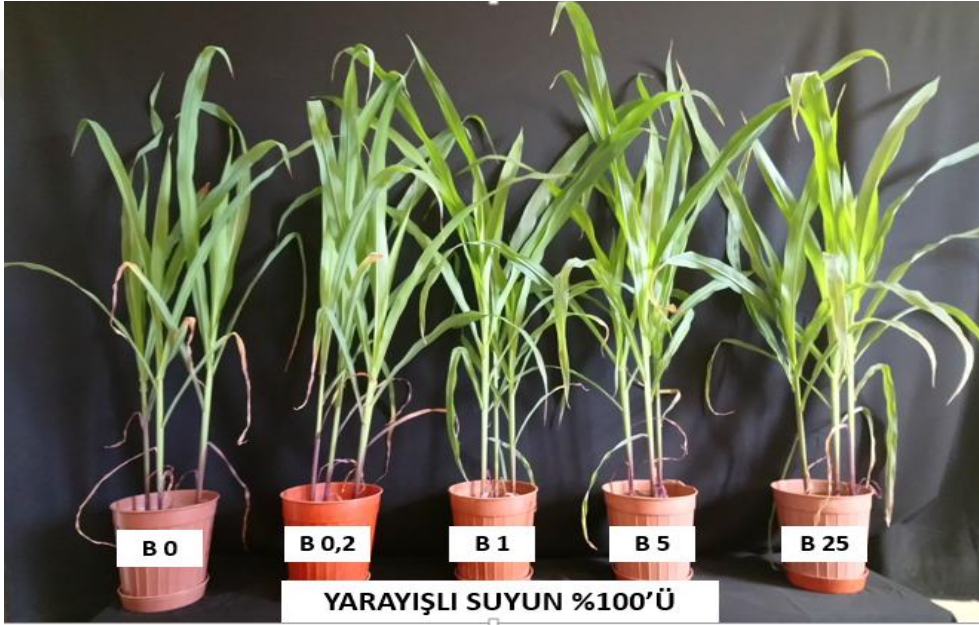
verilmesiyle sağlanan verim artış oranının %76.7 olduğu, B'un 0.2, 1.0, ve 25 mg kg⁻¹ uygulandığı durumda söz konusu değerin sırasıyla %56.7, %33.9, ve %27.5 olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar toprakta alınabilir B'un düşük olduğu durumlarda sulama yapılmasının veya topraktaki nem içeriğinin iyileştirilmesinin bitkinin B beslenmesi üzerine önemli etkisi olabileceğine işaret etmektedir. Bu bulgu aynı zamanda B'un bitki kök bölgesine kitle akışıyla taşındığını da ortaya koymaktadır.

Toprakta yarayışlı su içeriğinin artışıyla bitkinin yeşil aksam kuru madde veriminde artışların elde edilmiş olmasına karşılık, genel olarak artan B uygulamalarının ise yeşil aksam kuru madde veriminde düşüşlere yol açtığı görülmüştür. Örneğin Y.S %10 olduğu uygulamalarda B verilmeyen kontrol bitkisinin yeşil aksam kuru madde verimi 1.59 g bitki⁻¹ olduğu, 0.2, 1.0, 5.0, ve 25 mg kg⁻¹ B uygulamalarında aynı değer sırasıyla 1.50, 1.56, 1.28, 1.42 g bitki⁻¹ olarak elde edilmiştir. Söz konusu yarayışlı su düzeyinde (Y.S %10) B' un verilmediği kontrol uygulamasına göre, B uygulamalarından kaynaklı yeşil aksam kuru madde verim azalışlarının sırasıyla %5.6, %3.8, %19.5 ve %10.7 olduğu belirlenmiştir. Benzer azalışların Y.S %25, %50 ve %75 uygulandığı bitkilerde de geçerli olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlara karşılık yarayışlı suyun %100 verildiği durumda ise artan B uygulamalarından kaynaklı verim azalışlarının olmadığı, tam tersi artışların olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.1.2.). Örneğin aynı yarayışlı su düzeyinde B0, B0.2, B1.0, B5.0 ve B25 uygulamalarında bitkilerin yeşil aksam kuru madde verim değerlerinin 4.06, 4.74, 5.00, 4.73 ve 5.41 g bitki⁻¹ olduğu saptanmıştır. Yarayışlı suyun %100 olduğu uygulamada B' un verilmediği duruma göre, B uygulamalarından kaynaklı verim artış oranlarının sırasıyla %16.7, %23.2, %16.5 ve %33.3 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ağır bünyeli topraklarda yarayışlı suyun %100 verildiği koşullarda toprakta fazla B'dan kaynaklı zararlanmaların önüne rahatlıkla geçilebildiğini ortaya koymaktadır.

Artan dozlarda B uygulamasıyla beraber yeşil aksam kuru madde veriminin azalması bir çok çalışmada gösterilmiştir. Örneğin Kord ve ark (2010), fıstık ağacı

ile yapmış oldukları bir denemede, bitkiye artan dozlarda B (0, 2.5, 5, 10, 20, 40 ve 60 mg kg⁻¹) uygulamışlardır. Söz konusu çalışmada, 5 mg kg⁻¹ B dozuna bitkinin büyümesi ve verim değerlerinin attığı bu dozdan daha büyük olanlarda ise büyümede ve verimde azalmaların olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmada kontrol uygulamasına göre 20, 40 ve 60 mg kg⁻¹ B uygulamalarından kaynaklı verim azalmaların sırasıyla %52, %53 ve %65 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Yarayışlı suyun %100 verildiği koşullarda artan düzeylerde toprağa uygulanan Bor dozlarının 46 günlük mısır bitkisinin büyümesi üzerine etkisi.

Çizelge 4.3. Farklı Bor ve yarayışlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin yeşil aksam kuru madde verim değerleri üzerine etkisi.

Bor Dozları (mg B kg ⁻¹)	Yeşil Aksam Kuru Madde Verimi (g bitki ⁻¹)					
	Yarayışlı Su Düzeyleri (%)					Ort.
	Y.S 10	Y.S 25	Y.S 50	Y.S 75	Y.S 100	
B 0.0	1,59 ±0,14	1,78 ±0,21	2,81 ±0,22	3,18 ±0,59	4,06 ±0,85	2,68
B 0.2	1,50 ±0,10	1,38 ±0,17	2,35 ±0,03	2,42 ±0,29	4,74 ±0,76	2,57
B 1.0	1,56 ±0,24	1,60 ±0,24	2,09 ±0,29	2,69 ±0,21	5,00 ±0,43	2,59
B 5.0	1,28 ±0,12	1,36 ±0,29	2,19 ±0,12	2,64 ±0,49	4,73 ±0,32	2,44
B 25	1,42 ±0,09	1,51 ±0,23	1,81 ±0,34	2,78 ±0,19	5,41 ±0,43	2,59
Ort.	1,56	1,53	2,25	2,74	4,79	

LSD_{0.05} (YS, B, YS×B): 0.284, ö.d, 0.636

Bor toksitesinden kaynaklı verim azalmalarına karşılık, beslenme ortamında B'un yetersiz olduğu durumda bitkiye uygulanan B'un verimi arttırdığı ve büyüme parametrelerini iyileştirebildiği literatürde gösterilmiştir. Kum kültüründe yapılan bir çalışmada NS72 mısır çeşidi B'lu (20 µM, B20) ve B'suz (0 µM, koşullarda yetiştirilmiştir. Çalışmada B'un uygulanmadığı durumda tepe püskülünün kuru madde verimi 3.7 g bitki⁻¹ iken B uygulamasında aynı değerin 8.8 g bitki⁻¹ olduğu saptanmıştır. Koçan püskülü için söz konusu değerlerin sırasıyla 0.52 g bitki⁻¹ ve 0.93 g bitki⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Lordkaew ve ark., 2011). Literatürde B gübrelemesiyle verim parametrelerinin genelde iyileştirilmesi beklenen bir durum olmasına karşılık B'un bitki organelleri üzerine farklı etkisi de olabilmektedir. Örneğin ekmeklik buğday çeşidine 5 farklı dozda B (0, 0.05, 0.2, 0.8, 2.0 mg kg⁻¹) uygulamasının yapıldığı bir çalışmada, kontrol uygulamasına göre B uygulamalarıyla başak ve tanenin kuru madde veriminin önemli oranda arttığı bulunmuştur (Furlani ve ark., 2003). Aynı çalışmada başak ve tane veriminde artma olmasına karşılık yaprak, sap ve kök kuru madde verimlerinin ise önemli miktarda azaldığı görülmüştür. Literatür sonuçları B uygulamalarının

etkinliğinin bitkiye, organellere ve uygulama dozuna göre değişebildiğini göstermektedir.

4.2. Farklı Bor ve Yarayışlı Su Uygulamalarının Yeşil Aksam B Konsantrasyonu ve İçeriği Üzerine Etkileri

Sera koşullarında yürütülen çalışmada, B uygulamalarıyla mısır bitkisinin yeşil aksam B konsantrasyonunun önemli miktarlarda arttığı görülmüştür. Yarayışlı su uygulamalarından bağımsız olarak, tüm saksılar için B'un verilmediği uygulamada bitkinin yeşil aksam B konsantrasyonu 11.5 mg kg^{-1} , B'un 0.2, 1.0, 5.0, 25 mg kg^{-1} verildiği saksılarda ise bitkilerin yeşil aksam B konsantrasyonunun sırasıyla 12.4, 13.6, 29.0 ve 178.7 mg kg^{-1} olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.2.1.). Kontrol uygulamasına göre yeşil aksam B konsantrasyon artışının özellikle B5 ve B25 uygulamalarında belirgin olduğu gözlenmiştir. Kontrol uygulamasındaki yeşil aksam B konsantrasyonuna göre 0.2, 1.0, 5.0, 25 mg kg^{-1} B uygulamalarındaki bitkilerin yeşil aksam B konsantrasyon değerlerinin sırasıyla 1.08 kez, 1.18 kez, 2.52 kez ve 15.54 kez daha fazla olduğu bulunmuştur. Yarayışlı suyun %100 olduğu koşulda söz konusu değerlerin sırasıyla 1.03 kez, 1.26 kez, 2.81 kez ve 16.03 kez, yarayışlı suyun %50 olduğu uygulamada ise aynı değerlerin 1.11 kez, 1.18 kez, 2.40 kez ve 14.7 kez daha büyük olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, kontrol uygulamasına göre, B uygulamalarıyla sağlanan konsantrasyon artışları üzerine yarayışlı su miktarının önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bor uygulamaların bitkilerin yeşil aksam konsantrasyon artışları değişik çalışmalarda da elde edilmiştir (Alkan, 1998; Güneş ve ark., 2003; Kaur ve ark., 2015).

Bu bulgulara ilave olarak, genelde aynı B uygulamasında artan yarayışlı su düzeylerinin yeşil aksam B konsantrasyonunu önemsiz düzeyde düşürdüğü gözlenmiştir. Örneğin B0 uygulamasında yarayışlı suyun %10 olduğu bitkilerde yeşil aksam B konsantrasyonu 12.3 mg kg^{-1} iken Y.S %100 uygulamasındaki saksılardaki bitkilerde aynı değerin 11.0 mg kg^{-1} olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.2.1.). Söz konusu değerlerin B25 uygulamasında sırasıyla 202.9, 176.4 mg kg^{-1}

olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar daha önce de belirtildiği gibi yarayırlı su miktarının artışıyla beraber bitki büyümesinin artması ve buna bağılı olarak B konsantrasyonunun düşüşünden kaynaklanmaktadır. Nitekim B uygulamalarından bağımsız olarak tüm bitkilerin Y.S %10 olduğı durumdaki yeşil aksam B konsantrasyonu 53.9 mg kg⁻¹ buna karşılık Y.S %100 olduğı durumda aynı değerin 48.7 mg kg⁻¹ olduğı saptanmıştır.

Çizelge 4.4. Farklı Bor ve yarayırlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin yeşil aksam B konsantrasyonu üzerine etkisi.

Bor Dozları (mg kg ⁻¹)	Yeşil Aksam B Konsantrasyonu (mg kg ⁻¹)					
	Yarayırlı su Düzeyleri (%)					
	Y.S 10	Y.S 25	Y.S 50	Y.S 75	Y.S 100	Ort.
B 0.0	12,31 ±0,84	10,68 ±1,70	11,83 ±2,06	12,02 ±0,22	11,07 ±0,17	11,58
B 0.2	13,54 ±1,79	14,03 ±3,57	13,15 ±2,28	10,33 ±2,36	11,30 ±1,23	12,47
B 1.0	13,11 ±1,42	13,65 ±3,28	13,93 ±1,53	13,42 ±1,09	13,94 ±0,13	13,61
B 5.0	27,83 ±2,84	27,84 ±1,03	28,39 ±1,37	30,10 ±1,37	30,96 ±0,77	29,02
B 25	202,94 ±17,95	179,65 ±8,61	173,63 ±9,06	161,16 ±19,76	176,43 ±26,47	178,76
Ort.	53,95	49,17	48,19	45,41	48,74	

LSD_{0,05} (YS, B, YS×B): ö.d., 5.93, 13.26

Sulamayla birlikte büyümeden kaynaklı bitki dokularındaki B konsantrasyonunun düşmesine karşın, bitkinin büyüme ortamında aldığı toplam B miktarının (B içeriğı) arttığı görülmüştür. Örneğın Y.S %10, %25, %50, %75, %100 uygulamalarındaki tüm bitkilerin toplam B miktarı (içeriğı) sırasıyla 77.9, 74.3, 93.9, 125.7 ve 255.2 µg bitki⁻¹ olduğı bulunmuştur (Çizelge 4.2.2.). Özellikle B'un verilmediğı kontrol uygulamasında artan sulama suyu miktarına bağılı olarak mısır bitkisinin B alım düzeyinin de arttığı belirlenmiştir. Örneğın B'un 0.0 mg kg⁻¹ düzeyinde verildiğı saksılarda yarayırlı suyun %10' unun ilave edildiğı bitkilerin toplam B içeriğı 19.5 µg bitki⁻¹, Y.S %25'inin ilave edildiğı saksılarda 19.1 µg bitki⁻¹, Y.S %50'si ilave edildiğinde 33.0 µg bitki⁻¹, %75'i ilave edildiğinde 38.1 µg bitki⁻¹ ve %100' ü ilave edildiğinde 44.8 µg bitki⁻¹ olduğı saptanmıştır. Bu

sonuçlar yarayışlı suyun B alımı üzerindeki etkisinin çok düşük sulama düzeylerinde (Y.S %10 ve Y.S %25) önemsiz, buna karşılık Y.S %50 ve üzerinde uygulandığı durumlarda ise önemli olduğunu göstermektedir. Bu bulgu aynı zamanda B'un topraktaki su içeriğinin artışıyla bitki tarafından kütle akışıyla gerçekleşen B alımının da arttığına işaret etmektedir.

Çizelge 4.5. Farklı Bor ve yarayışlı su uygulamalarının 46 günlük mısır bitkisinin toplam B içeriği üzerine etkisi.

Bor	Yeşil Aksam B içeriği ($\mu\text{g bitki}^{-1}$)					
Dozları	Yarayışlı Su Düzeyleri (%)					
(mg kg^{-1})	Y.S 10	Y.S 25	Y.S 50	Y.S 75	Y.S 100	Ort.
B 0.0	19,57 $\pm$ 2,48	19,17 $\pm$ 4,35	33,00 $\pm$ 4,10	38,13 $\pm$ 6,35	44,80 $\pm$ 8,70	30,93
B 0.2	27,33 $\pm$ 14,08	19,73 $\pm$ 7,07	30,90 $\pm$ 4,98	25,43 $\pm$ 8,26	53,73 $\pm$ 11,47	31,43
B 1.0	20,20 $\pm$ 1,47	21,33 $\pm$ 2,15	29,07 $\pm$ 4,82	36,00 $\pm$ 3,66	69,60 $\pm$ 5,44	35,24
B 5.0	35,83 $\pm$ 6,15	37,80 $\pm$ 7,81	62,10 $\pm$ 5,20	79,33 $\pm$ 12,35	146,47 $\pm$ 6,30	72,31
B 25	286,97 $\pm$ 19,90	273,60 $\pm$ 53,33	314,43 $\pm$ 67,88	450,07 $\pm$ 80,96	961,67 $\pm$ 214,89	457,35
Ort.	77,98	74,33	93,90	125,79	255,25	

$LSD_{0,05}(YS, B, YS \times B)$: 36.4, 36.4, 81.4

Tüm sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde yarayışlı su miktarı arttıkça bitki büyümesinin arttığı, toprakta alınabilir B konsantrasyonu arttıkça bitki büyümesinin gerilediği bulunmuştur. Bu bulguların yanında özellikle B'un toprakta alınabilirliğinin düşük olduğu koşullarda sulama düzeyinin arttırılması B'un bitkilerce alınabilirliğini arttırmakta, B eksikliğinden kaynaklı verim kayıplarının önüne geçebildiği anlaşılmıştır. Ayrıca sulama düzeyinin artışı topraktaki fazla B'dan kaynaklı verim kayıplarını azaltabildiği görülmüştür. Aynı zamanda bu sonuçlar mısır bitkisinde sulamanın yapılmasının toprakta B'un hem yetersiz hem de aşırı düzeyde olduğu koşullarda bitki büyümesini olumlu yönde etkilediği görülmektedir.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sera koşullarında yürütülen çalışmada bitkinin kuraklık stresine karşı dayanıklılığı üzerine B beslenmesinin etkisinin olup olmadığı belirlenmiştir. Bu amaçla denemede mısır bitkisi olarak Kebos çeşidi kullanılmıştır. Sera denemesinde beş farklı B dozu ve beş farklı yarayışlı su (Y.S.) uygulamasının söz konusu çeşidin yeşil aksam kuru madde verimi, yeşil aksam B konsantrasyonu ve B içeriği ile SPAD değeri üzerine etkisi saptanmıştır.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, toprağa artan B ilavesinin bitkilerin yeşil aksam klorofil düzeylerini gösteren SPAD değerleri üzerinde herhangi önemli bir etkisinin olmadığı, buna karşılık yarayışlı su düzeyi arttıkça SPAD değerinin kısmen düştüğü gözlenmiştir.

Yarayışlı su düzeyi arttıkça yeşil aksam kuru madde veriminin de arttığı görülmüştür. Bor uygulamasının verilmediği kontrol (B0) uygulamasında yarayışlı suyun %10 verildiği uygulamaya göre Y.S'un %25 i %50'si ve %100'ü verildiğinde yeşil aksamda sağlanan kuru madde verim artış oranı sırasıyla %11.9, %76.7, %100 ve %155.3 olduğu belirlenmiştir. Toprağa B uygulmasının yapıldığı diğer uygulamalarda da yarayışlı su artışıyla verim artışının elde edildiği bulunmuştur.

Toprakta genel olarak artan B uygulamalarının ise yeşil aksam kuru madde veriminde düşüslere yol açtığı görülmüştür. Örneğin Y.S %10 olduğu uygulamalarda B verilmeyen kontrol uygulamasına göre B uygulamalarından kaynaklı yeşil aksam kuru madde verim azalışları sırasıyla %5.6, %3.8, %19.5 ve %10.7 olduğu belirlenmiştir. Benzer azalışların Y.S %25, %50 ve %75 uygulandığı bitkilerde de geçerli olduğu gözlemiştir. Bu sonuçlara karşılık yarayışlı suyun %100 verildiği durumda artan B uygulamalarından kaynaklı verim azalışlarının olmadığı tam tersi verim artışlarının olduğu belirlenmiştir. Yarayışlı suyun %100 olduğu uygulamada B' un verilmediği duruma göre, B uygulamalarından kaynaklı

verim artış oranlarının sırasıyla %16.7, %23.2, %16.5 ve %33.3 olduğu belirlenmiştir.

Yarayışlı su uygulamalarından bağımsız olarak tüm saksılar için B'un verilmediği uygulamada bitkinin yeşil aksam B konsantrasyonu 11.58 mg kg^{-1} B'un 0.2, 1.0, 5.0 ve 25 mg kg^{-1} verildiği saksılarda bitkilerin yeşil aksam B konsantrasyonu sırasıyla 12.47, 13.61, 29.02 ve $178.76 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu bulunmuştur. B konsantrasyon artışının özellikle B5 ve B25 uygulamalarında belirgin olduğu gözlenmiştir.

Aynı B uygulamasında, yeşil aksam B konsantrasyonu üzerine yarayışlı su düzeyinin önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Örneğin B0 uygulamasında yarayışlı suyun %10 olduğu bitkilerde yeşil aksam B konsantrasyonu 12.3 mg kg^{-1} iken Y.S %100 uygulamasındaki saksılardaki bitkilerde aynı değerin 11.0 mg kg^{-1} olduğu saptanmıştır. Söz konusu değerlerin B25 uygulamasında sırasıyla 202.94, $176.43 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu bulunmuştur.

Aynı B uygulamasında, sulamayla birlikte büyümeden kaynaklı bitki dokularındaki B konsantrasyonunun düşmesine karşın, bitkinin büyüme ortamında aldığı toplam B'un (B içeriği) arttığı görülmüştür. Örneğin B uygulamalarını dikkate almaksızın, Y.S %10, %25, %50, %75, %100 uygulamalarındaki tüm bitkilerin toplam B miktarı (içeriği) sırasıyla 77.98, 74.33, 93.9, 125.79 ve $255.25 \mu\text{g bitki}^{-1}$ olduğu bulunmuştur. Bor'un verilmediği kontrol uygulamasında artan sulama suyu miktarına bağlı olarak mısır bitkisinin B alım düzeyinin de arttığı belirlenmiştir. Bu artışların düşük sulama düzeylerinde (Y.S %10 ve Y.S %25) önemsiz, buna karşılık Y.S %50 ve üzerinde uygulandığı durumlarda ise önemli olduğunu göstermiştir.

Tüm sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde yarayışlı su miktarı arttıkça bitki büyümesinin arttığı, toprakta alınabilir B konsantrasyonu arttıkça bitki büyümesinin gerilediği bulunmuştur. Bu bulguların yanında özellikle B'un toprakta alınabilirliğinin düşük olduğu koşullarda sulama düzeyinin artırılması B'un bitkilerce alınabilirliğini arttırmakta, B eksikliğinden kaynaklı verim kayıplarının

önüne geçebildiği anlaşılmıştır. Ayrıca sulama düzeyinin artışı topraktaki fazla B'dan kaynaklı verim kayıplarını azaltabildiği görülmüştür.

Yukarıda elde edilen bulgulara göre aşağıdaki öneriler yapılabilir.

- Mısır bitkisinde yapılan bu çalışma, sulama düzeyinin bitkinin B'la beslenmesi üzerine önemli rol oynadığını göstermiştir. Bor noksanlığı veya toksisitesinin görüldüğü alanlarda sulama işleminin mutlaka yapılması, sulamanın tarla kapasite yakın bir nemde gerçekleşmesi ve böylelikle B noksanlığından veya toksisitesinden kaynaklı verim ve kalite kayıplarının önüne geçilebilmesi olanaklı görülmektedir.
- Bitki kök gelişimi ve aktivitesinin birbirinden farklı olduğu sera ve tarla koşullarında çalışmalarının aynı anda beraber olarak yürütülmesi sonuçların sağlıklı değerlendirilmesi için önemlidir. Ayrıca bu çalışmaların mutlaka fizyolojik ve morfolojik parametrelerle desteklenmesi yararlı olacaktır.



KAYNAKLAR

- Abdulnour J.E., Donnelly D.J., and Barthakur, N.N., 2000. The effect of boron on calcium uptake and growth in micro propagated potato plant lets POTATO RESEARCH Volume: 43 Issue: 3 Pages: 287-295
- Ayla, Ç., 1993, Bolu Ovasında Yetiştirilen Mısırın SuTüketimi, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 180, Rapor Serisi No: 87,
- Braunworth, JR. W.S., Mack, H.J., Effect of Deficit Irrigation on Yield and Quality of Sweet Corn, Journal of American Society of Horticulture Science, 112 (1), 32-35, 1987.
- Chen, Y., Smagula, J.M., Litten, W., and Dunham, S., 1998. Efeet of Boron and Calcium Foliar Sprays on Pollen Germination and Development, Fruit Set, Seed Development, and Berry Yielde and Quality in Lowbush Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123 (4): 524-531.
- Çakır, R. 2004. Effect of Water Stress at Different Development Stages on Vegetative and Reproductive Growth of Corn. Field Crops Research, 89: 1–16.
- Çakmak İ.,2017 International Plant Nutrition Colloquium *Proceedings of International Symposium on Boron in Agriculture, November 16-18, 2016*
- Çakmak, İ. 2016. Önsöz. Uluslararası Tarımda Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. IV, 16-18 Kasım, Ankara.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., Yield Response to Water, FAO, Irrigation and Drainage Paper No: 33, Rome, 193, 1979.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H., Yield Response to Water, FAO, Irrigation and Drainage Paper No: 33, Rome, 193, 1979.
- FAO, 2016. <http://www.fao.org/publication.%20> 2016

- Furlani, Â. M. C., Carvalho, C. P., Freitas, J. G. D., ve Verdial, M. F., 2003. Wheat Cultivar Tolerance to Boron Deficiency and Toxicity in Nutrient Solution. *Scientia Agricola*, 60(2): 359-370.
- Gençoğlu, C., Yazar, A., Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri, TÜBİTAK Dergisi 1996.
- Güneş, A., Alpaslan, M., İnal, A., Adak, M.S., Eraslan, F. ve Çiçek, N., 2003. Effects of Boron Fertilization on The Yield and Some Yield Components of Bread and Durum Wheat. *Turk J. Agric.* 27: 329-335.
- Huang, L., Qian, Z. Y., Bell, R.W., and Dell, B., 2005. Boron Nutrition and Chilling Tolerance of Warm Climate Crop Species. *Annals of Botany* 96: 755-767
- Kacar B., Katkat V., Bitki Besleme, Nobel Yayınları, s. 645, Ankara, 2009. Kacar B., Bitki Analizleri, Cilt 3., Nobel yayını, 466 s, Ankara. 2012
- Kırda, C. 2002. Deficit Irrigation Scheduling Based on Plant Growth Stages Showing Water Stress Tolerance. In: Deficit Irrigation Practice. Water Reports 22. FAO, Rome. p. 1-3.
- Kırnak, H., C. Gençoğlu ve V. Değirmenci. 2003. Harran ovası koşullarında kısıntılı sulamanın II. ürün mısır verimine ve bitki gelişimine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 34(2): 117-123.
- Kord, M., Derakhshan, L., Memarian, H., ve Tajabadipour, A., 2010. Effects of High Boron Concentration on Boron Uptake and Growth of Pistachio Seedlings
- Köksal, H., Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi+Su Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma, Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Doktora Tezi, 199 s., 1995.
- Lordkaew, S., Dell, B., Jamjod, S., and Rerkasem, B., 2011. Boron deficiency in maize. *Plant Soil*. 342:207-220.
- Mcsteven P., 2017 International Plant Nutrition Colloquium *Proceedings of International Symposium on Boron in Agriculture, November 16-18, 2016*

- Reguera M., vd International Plant Nutrition Colloquium *Proceedings of International Symposium on Boron in Agriculture, November 16-18, 2016*
- Shorrocks, V.M., 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. Plant and Soil. Vol., (1-2)
- Sillanpää, M. 1990. Micronutrient assessment at the country level: an international study. FAO Soils Bulletin No. 63, FAO, Rome, Italy.
- UHK, 2012. <http://www.uhk.org.tr>.
- Xiaohe, Y. ve Paul, P.B., 1998. Nutrient Deficiency Symptoms and Boron Uptake Mechanisms of Rice. Journal of Plant Nutrition, 21(10): 2077-2088
- Xuewen Li. Vd *Proceedings of International Symposium on Boron in Agriculture, November 16-18, 2016*
- Yıldırım, Y. ve Kodal, S., 1995, Ankara Koşullarında Sulamanın Mısır Verimine Etkileri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara.
- Kaur, G ; Nelson, KA ,2015, effect of foliar Boron fertilization of fine textured soils on corn yields Volume: 5 Issue: 1 Pages: 1-18
- <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>



ÖZGEÇMİŞ

20.12.1992 tarihinde Diyarbakır'ın Kulp ilçesinde doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Diyarbakır'da tamamladı. 2011 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümünden 2015 yılında mezun oldu ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen burada eğitimini sürdürmektedir. Ayrıca Mardin Artuklu Üniversitesi'nde İngiliz Dili ve Edebiyatı bölümünde eğitim görmektedir.