

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**DEVELİ OVASI BOR TOKSİSİTE RİSKİNİN
JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Serkan AKYÜREK**

**Danışman
Doç. Dr. Serkan ŞAHAN**

Yüksek Lisans Tezi

**Eylül 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI**

**DEVELİ OVASI BOR TOKSİSİTE RİSKİNİN
JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Serkan AKYÜREEK**

**Danışman
Doç. Dr. Serkan ŞAHAN**

**Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından FYL-2016-6367 Kod ile desteklenmiştir.**

**Eylül 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Serkan AKYÜREK

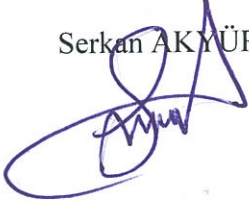


YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI

“Develi Ovası Bor Toksisite Riskinin Jeostatistik Yöntemlerle Belirlenmesi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Serkan AKYÜREK



Danışman

Doç. Dr. Serkan ŞAHAN



Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Başkanı



Prof. Dr. Osman SÖNMEZ

Doç. Dr. Serkan ŞAHAN danışmanlığında **Serkan AKYÜREK** tarafından hazırlanan “**Develi Ovası Bor Toksisite Riskinin Jeostatistik Yöntemlerle Belirlenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

13/09/2019

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Serkan ŞAHAN

Üye : Prof. Dr. Mustafa BAŞARAN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatma KILIÇ DOKAN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 24/09/2019 tarih ve 2019/55-4 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



24/09/2019

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, değerli bilgilerini benimle paylaşan, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olabilmek için elinden gelenden fazlasını sunan her sorun yaşadığımda yanına çekinmeden gidebildiğim, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Serkan ŞAHAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin tamamlanmasında emeğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mustafa BAŞARAN'a teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan UZUN ve Doç. Dr. Adem GÜNEŞ'e teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım boyunca beni daima destekleyen eşim Şengül AKYÜREK ve oğlum Furkan ve Fatih Yaşar'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Serkan AKYÜREK

Kayseri, 2019

DEVELİ OVASI BOR TOKSİSİTE RİSKİNİN JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

Serkan AKYÜREK

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2019
Danışman: Doç. Dr. Serkan ŞAHAN

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, Develi Ovasından alınan toprak örneklerinin Bor toksisitesinin konumsal dağılımının Jeoistatistik yöntemlerle belirlenmesi, yersel dağılım haritasının oluşturulması ve Develi Ovası'nda Bor'lu bileşiklerin üç farklı toprak derinliği için konumsal değişimlerinin belirlenmesidir.

Develi ovasından Grid yöntemiyle 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinliklerden 400 adet alınmış toprak örnekleri bu çalışmada materyal olarak kullanılmıştır. Her bir toprak örneğinde ICP-OES yöntemi ile B analizi yapılmıştır. Borun konumsal dağılımı jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmiştir. Bu amaçla GS+9 jeoistatistik paket programı kullanılarak varyogramlar oluşturulmuş ve her bir varyogram modelinin sill, külçe etkisi ve maksimum uzaklığa bağlı ilişkisi (m) ayrı ayrı yorumlanmıştır. Borun farklı toprak derinliği için konumsal deseni varyogram model ve parametreleri kullanılarak oluşturulan kriging haritaları ile belirlenmiştir. Bor miktarları 0-30 cm derinlikte ortalama 40,8 mg kg⁻¹, 30-60 cm derinlikte ortalama 35,7 mg kg⁻¹, 60-90 cm derinlikte ise ortalama 29,6 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. B ile yüksek korelasyon gösteren değerlerin SAR, EC, C, ve pH olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte elverişli bor konsantrasyonunun topografik farklılıklara bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Develi Ovası, Bor Toksistesi, Jeoistatistik, Kriging

DETERMINATION OF BORON TOXICITY RISK OF DEVELI PLAIN BY GEOISTATISTIC METHODS

Serkan AKYÜREK

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, September 2019

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan ŞAHAN

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the spatial distribution of the boron toxicity of soil samples taken from Develi Plain by using geostatistics methods, to create a regional distribution map and to determine the spatial changes of the Boron compounds in the Develi Plain for three different soil depths.

Soil samples taken from 400 points from 0-30 cm, 30-60 cm and 60-90 cm depths by Grid method were used as material in this study. B analysis was performed with ICP-OES method in each soil sample. The spatial distribution of boron was determined by geostatistics. For this purpose, variograms were created by using GS + 9 geostatistics package program and the relation of each variogram model to sill, ingot effect and maximum distance (m) were interpreted separately. Positional pattern of boron for different soil depth was determined by kriging maps using variogram model and parameters. Boron concentrations were found as a mean of 40,8 mg kg⁻¹ of 0-30 cm depth, 35,7 mg kg⁻¹ of 30-60 cm depth and 29,6 mg kg⁻¹ of 60-90 cm. The values that are highly correlated with B are SAR, EC, C, and pH were determined. Additionally, it was found that the favorable boron concentration varies depending on the topographic differences.

Keywords: Develi Plain, Boron Toxicity, Geostatistics, Kriging

İÇİNDEKİLER

DEVELİ OVASI BOR TOKSİSİTE RİSKİNİN JEOİSTATİSTİK YÖNTEMLERLE BELİRLENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	xi
GİRİŞ	0

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Toprakta Bor'un Bulunuşu ve Yararlılığını Etkileyen Faktörler	4
1.2. Bor'un Bitkiler Üzerindeki etkileri İle Metabolik İşlevleri	8
1.3. Bitkilerin Bor Alımı	10
1.4. Bitkilerde Bor Alımına Etki Eden Faktörler	12
1.4.1. Toprak Reaksiyonu (pH)	12
1.4.2. Ana Materyal	12
1.4.3. Toprak Sıcaklığı	14
1.4.4. Toprak Nemi	14
1.4.5. Organik Madde	14
1.4.6. Element Etkileşimleri	14
1.4.7. Bitkisel Faktörler	15
1.5. Bitkilerde Bor Noksanlığı	15
1.6. Bor Toksisitesi	16
1.7. Bitki Besin Elementi Olarak Bor	17
1.8. Jeoistatistik analizler	18
1.9. Bor Analiz Yöntemleri	19
1.10. Litaretür Taraması	20

2. BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Meteryal.....	24
2.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu	26
2.1.2. Çalışma Alanı İklim Özellikleri	26
2.2. Kullanılan Cihazlar	27
2.2.1. İndüktif Eşleşmiş Plazmalı Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)	27
2.2.2. Analitik Teraziler	28
2.2.3. Isıtıcı Tabla.....	28
2.3. Kullanılan Malzemeler	28
2.4. Kullanılan Çözeltiler	28
2.5. Yöntem	28
2.5.1. Ekstraksiyon Yöntemi.....	28
2.5.2. Bor Analiz Yöntemi	28
2.5.3. Klasik İstatistiksel Analizler.....	29
2.5.4. Jeostatistik Yöntem	29
2.5.5. Kriging Haritalarının Çizimi ve Analizi.....	30

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Çalışma Alanının Bor Durumunun Belirlenmesi.....	31
3.2. Jeostatistik Analizler	33
3.3. Araştırma Alanı Topraklardaki Bor Konsantrasyonunun 0-30 cm Derinlik için Alansal Dağılımı	36
3.4. Araştırma Alanı Topraklardaki Bor Konsantrasyonunun 30-60 cm Derinlik için Alansal Dağılımı	38
3.5. Araştırma Alanı Topraklardaki Bor Konsantrasyonunun 60-90 cm Derinlik için Alansal Dağılımı	40
3.6. Araştırma Alanı Topraklarının 0-30 cm için EC'ye Göre Alansal Dağılımı.....	42
3.7. Araştırma Alanı Topraklarının 30-60 cm için EC'ye Göre Alansal Dağılımı.....	44
3.9. Araştırma Alanı 0-30 cm Derinlik için Bor'un EC ile Alansal Dağılımının Karşılaştırılması	47
3.10. Araştırma Alanı 30-60 cm Derinlik için Bor'un EC ile Alansal Dağılımının Karşılaştırılması	49

3.11. Araştırma Alanı 60-90 cm Derinlik için Bor'un EC ile Alansal Dağılımının Karşılaştırılması	51
---	-----------

4. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ

KAYNAKLAR.....	56
EKLER	59
ÖZGEÇMİŞ.....	65



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası	25
Şekil 2.2. Çalışma Alanının Coğrafik Konumu.....	26
Şekil 3.1. Farklı Derinliklere ait Bor Variogram Modelleri.....	35
Şekil 3.2. Develi Ovası 0-30 cm Derinlik için Bor Dağılım Haritası.....	36
Şekil 3.3. Develi Ovası 30-60 cm Derinlik için Bor Dağılım Haritası.....	38
Şekil 3.4. Develi Ovası 60-90 cm Derinlik için Bor Dağılım Haritası.....	40
Şekil 3.5. Develi Ovası 0-30 cm Derinlik için EC Dağılım Haritası	42
Şekil 3.6. Develi Ovası 30-60 cm Derinlik için EC Dağılım Haritası	44
Şekil 3.7. Develi Ovası 60-90 cm Derinlik için EC Dağılım Haritası	45
Şekil 3.8. 0-30 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılmış Haritası	47
Şekil 3.9. 30-60 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılmış Haritası	49
Şekil 3.10. 60-90 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılmış Haritası	51

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Bor içeriği ve DUNCAN için Tanımlayıcı İstatistikler (D1=0-30 cm, n=142, D2=30-60 cm, n=136, D3=60-90 cm, n=142).....	32
Tablo 3.2.	Bor ile EC ve pH Arasındaki Korelasyon.....	33
Tablo 3.3.	Her Toprak Derinliği için Variogram Parametreleri (D1 n=142, D2 n=136, D3 n=142).....	34
Tablo 3.4.	Araştırma Alanı Topraklarının 0-30 cm için Bor Konsantrasyonu Tarafından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı	37
Tablo 3.5.	Araştırma Alanı Topraklarının 30-60 cm için Bor Konsantrasyonu Tarafından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı	39
Tablo 3.6.	Araştırma Alanı Topraklarının 60-90 cm için Bor Konsantrasyonu Tarafından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı	41
Tablo 3.7.	Araştırma Alanı Topraklarının 0-30 cm için EC Sınıfları Tarafından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı	43
Tablo 3.8.	Araştırma Alanı Topraklarının 30-60 cm için EC Sınıfları Tarafından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı	44
Tablo 3.9.	Araştırma Alanı Topraklarının 60-90 cm için EC Sınıfları Tarafından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı	46
Tablo 3.10.	0-30 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılması	48
Tablo 3.11.	30-60 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılması	50
Tablo 3.12.	60-90 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılması	52

GİRİŞ

Bor toksisitesi dünyada tarım yapılan arid ve semi arid topraklarda görülmektedir. Bor toksisitesi aynı zamanda tarım topraklarında bitki yetiştiriciliğini kısıtlayan bir mikro besin elementi sorunudur (Cartwright ve ark. 1986).

Bor fazlalığı topraklarda kendiliğinden oluşabileceği gibi, özellikle bor içeriği fazla suların kullanılması (Nable ve ark. 1997), veya linyit kömür kullanılan termik santraller yakınlarında bitki yetiştirildiği zamanlarda yaygın olarak rastlanmaktadır. Kompost gübreleme (Bergmann 1992; Marschner 1995; Güneş ve ark. 2002). Toprak reaksiyonunu yükseltmek amacı ile yüksek oranlarda bor uygulamanın (Eary vd, 1990; Kukier ve Sumner 1996) sonucuda bor toksisitesine neden olduğu bilinmektedir.

Tarım topraklarında bor içeriğinin artmasına sulama suyu da neden olmaktadır. Ayrıca bitki beslenmesinde kullanılan yeraltı kuyu suları, uçucu kül, sanayilerdeki kimyasal ve endüstriye atıklar bor toksisitesinin başlıca nedenleri arasında sayılmaktadır. Bitkisel üretim için kullanılan gübrelerde topraklarda bor içeriğini artırmaktadır. EC içeriği yüksek topraklar ile EC içeriği fazla kuyu sularında bor konsantrasyonunun genellikle yüksek olduğu bilinmektedir (Dhankhar ve Dahiya, 1980).

Bor içeriği fazla olan jeotermal sıcak su kaynaklarının sulama sularına karışması da B konsantrasyonunun yüksek olmasına neden olmaktadır. (Gemici ve Tarcan, 2002).

Bitki yetiştirilen yerlerde üretimi sınırlandıran sorunların başında bitki besin elementlerinin bitkilere yaşayışlılığının yetersiz olması gelmektedir. Bor toksisitesinin bitkisel üretim yapılan arid ve semi arid topraklarda yetiştirilen bitkilere zarar verdiği bilinmektedir (Gupta, 1985; Nable, 1997).

Bitkilerde bor fazlalığı en çok görülen belirtileri, yaprakların kenarlarında ve uçlarında başlayan kahverengi lekeler ve klorozla başlayıp nekrozla devam eden bozulmalar (Marschner, 1995; Dye, 1983; Oertli, 1993; El-Motaium, 1997). Kombiyum ölümünden

kaynaklanan gövde ölümü (Brown, 1996). Yaşlı yaprakların yanık görüntü alması ve buna bağlı olarak erken dökülmesi (Boşgelmez ve ark., 2001) şeklindedir.

Bor elementi bitki besin elementleri arasında metal olmayan yani ametal olan tek elementtir (Marschner, 1995).

Dünya ve ülkemizin nüfusu her geçen gün arttığı herhes tarafından gözlenmekte ve bilinmektedir. Ülkemizde nüfus artmakta ancak tarım toprakları malesef artmamaktadır. Hatta azaldığı söylenebilir. İnsanların gıdaya ihtiyaçları dünya varoldukça devam edecektir. Tarım yapılan toprakların azalmadan stabil kaldığını varsaysak bile nüfusun arttığı gerçeği göz önüne alındığında bitkisel üretimin önemi her geçen gün artacaktır. Böyle bir durumda gıda talebine yetişmek için bitkisel üretime gerekli önem verilmeli ve birim alanda fazla ürün almak için gerekli çalışmalar yapılmalı ayrıca bitkilerde verim azalmasına neden olan etkenler ortaya konarak mücadele edilmelidir.

Bor toksisitesi aynı zamanda tarım topraklarında bitki yetiştiriciliğini kısıtlayan bir mikro besin elementi sorunu (Cartwright ve ark. 1986) olduğuna göre bol ve kaliteli ürün alabilmek için toprak ve bitkideki bor toksisitesinin ve eksikliğinin bilinmesi gerekmektedir.

Bu çalışma Kayseri İli Develi Ovasında alınan toprak örneklerinde yapılmıştır. Kayseri İli Develi Ovası topraklarının bor içeriklerinin belirlenerek haritalanması amacıyla 239 adet toprak örneği grid yöntemiyle alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin Bor ve EC analizleri yapılmış ve bor toksisitesi yönünden araştırılmış ayrıca çalışma sahası topraklarının Bor ve EC durumları kıyaslanmış, jeostatistik yöntemler kullanılarak kriging haritaları oluşturulup tespit edilen problemler için çözüm önerileri getirilmesi amacıyla bu çalışma yürütülmüştür.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

Bor minerali, evrende farklı minerallerle yüzden fazla bileşik meydana getirerek değişik maksatlarla kullanılmaktadır. Bitkiler için bor minerali önemli bir mikro besin elementidir (Baycan ve ark., 2005). Bitkilerin az miktarda ihtiyaç hissettiği ve noksanlık ve zehirlilik sınırı birbirine yakın bir mineraldir (Brown ve ark., 2002). Bor minerali eğer toprakta eksikse bitkilerde verim, kalitesinde azalmaya neden olurken aynı zaman da büyümesi yavaşlamaktadır. Bor elementi toprakta fazla olursa bitkilerde zehirlenmeye sebep olmaktadır. Bor toksisitesi Türkiye’de özellikle kurak ve yarıkurak bölge topraklarında belirli bir bölgesinde görülen bir mikro besin elementi sorunudur (Kalaycı ve ark., 1998; Alkan ve ark., 1997; Gezgin, 2003; Sillanpaa, 1982).

Topraktaki bitkiye yarar formda bulunan bor mineraline farklı mineraller etki yapmaktadır. Topraklardaki faydalı bor miktarı ile toprak tekstürü arasında bir ilgi vardır. Kumlu topraklar faydalı bor minerali yönünden fakirdir (Kubota ve ark., 1949).

Bor fazlalığı bitkilerde tane verimini ciddi bir şekilde sınırlayan yeşil aksam ve kök büyümesine engel olan mikro besin element problemidir (Gupta ve ark. 1985).

Bitki türleri arasında bor toksisitesine hassaslık açısından genetik olarak çeşitlilik görülmektedir. Bor fazlalığına dayanıklı bitki çeşitleri, dayanıklılığı az olan çeşitlere göre daha az miktarda bünyelerinde bor biriktirerek yüksek Bor konsantrasyonlarına adapte olabilmektedirler (Nable, 1988, Paull ve ark., 1992).

Bor minerali tarımsal açıdan ele alındığında, eğer toprakta kıt ise bitkilerde noksanlığa, çok olduğunda bitkiler için ciddi zarar verebilecek özelliklere sabip bir mikro elementtir. Bor bitkilerde stoplazmada birikmesiyle birlikte bor toksisitesi görüldüğü bilinmektedir. Ancak Bor bitkide daha çok hücre çeperi yada vakuolde bulunursa bitkiye daha az zarar vereceği ifade edilmiştir (Marshcner, 1995).

Toprakta bor mineralinin alımına etkileyen etmenlerden bir tanesinde toprak reaksiyonudur. Toprak reaksiyonu yüksek ise birkilerde bor alımında azalma görülmektedir. Toprak reaksiyonu ile topraklarda çözünebilir bor konsantrasyonu arasında (-) bir korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Topraktaki bor adsorbsiyonun toprak reaksiyonundan etkilendiği belirlenmiştir. Bor adsorbsiyonun düşük toprak reaksiyonundan yüksek reaksiyonlara doğru yaklaştıkça arttığı saptanmıştır (Alkan, 1998).

Bor elementinin toksikliğini üç ana başlıkta belirtebiliriz. İlk olarak hücre çeperinde meydana gelen hasar, daha sonra NADH ile ATP ve NADPH' ye bağlanan riboz kısımlarında metabolik bozukluk, son olarak ise serbest şekerler yada riboz bağlarınca meydana getirilen bölünme ve gelişen hücredeki zararlar ile RNA dır. Bitki yapraklarında fazla miktarda bir araya gelen borun transpirasyon akım tarafındaki osmotik düzeni bozması eklenmiştir (Stangoulis ve Reid, 2002; Reid ve ark., 2004).

Bor mineralinin bitkilerde gelişme ve büyümesi için önemli bir besin elementi olduğu ilk defa 1923'te Warington tarafından kanıtlanmıştır (Ho., 2000).

Bitkilerin en uygun bir şekilde gelişmesi için ihtiyacı olan önemli mikro besin elementlerinden biri Bor dur. Noksanlığı ve toksisitesi en çok görülen besin elementlerinden bir tanesi bor mineralidir (Shorrocks, 1997; Yau and Ryan, 2008).

Borun birkiler üzerinde etkinliğin artması için, bitkilerin Bor mineraline en fazla ihtiyaç duyduğu kritik büyüme safhalarına göre uygulama dönemlerini belirleme gerekmektedir. Buna karşın değişik bitkiler ve bitkilerin büyüme dönemleri için ihtiyaç duyulan B miktarı farklılık gösterir (Rerkasem ve Jamjod, 1997).

Bor toksisitesi veya noksanlığı doğru bir elementi etkilemez. Bitkinin diğer bitki besin elementleri ile genel beslenme dengesinde etkiler (Tariq ve Mott, 2007).

Bor içeriği yüksek olan topraklarda Bor alımı pasif diffüzyon ile meydana gelmektedir (Alpaslan ve Güneş 2001).

Topraklarda bor alımına toprak pH'sı ve tekstürü (Elrashidi and O'Connor 1982; Shorrocks, 1997; Xu et al., 2001; Sürücü ve ark., 2013) topraktaki killerin tipi (Su and Suarez 2004), toprak organik maddesi (Havlin et al., 2005; Sürücü ve ark., 2013),

toprak sıcaklığı ile nemi (Fleming, 1980; Xu et al., 2001) topraktaki bor içeriği, (Güneş ve ark. 2002) gibi etmenler etki etmektedir.

Bor içeriğini etkileyen etmenler doğru belirlenmesi bor toksisitesi ile karşı karşıya olan araziler için önemlidir. Çünkü bu arazilerin başarılı bir şekilde ıslah edilmesinde bor konsantrasyonunu etkileyen etmenlerin bilinmesi gerekir (Sürücü ve ark. 2013).

Bitkilerin bor içerikleri ile gereksinimleri farklılık göstermektedir. Çift çenekli bitkiler tek çenekli bitkilere göre daha çok bor'a gereksinim gösterirler. Eğer bitki süt özsuysu sistemine sahip ise bor mineraline fazla gereksinim duymaktadırlar (Mengel, 1984).

1.1. Toprakta Bor'un Bulunuşu ve Yararlılığını Etkileyen Faktörler

Bor tabiatta çok sayıda minerali olan farklı amaçla kullanılan çok sayıda kimyasal bileşiği bulunan elementtir (Baycan vd, 2005).

Toprak bitkisel ürünler için biyoelementlerin birincil kaynağı olduğu bilinmektedir. Besin elementleri arasında Bor, mutlak gerekli besin elementidir. Bor'a tepkiler bakımından bitkiler arasında büyük farklılıklar vardır. Bitkilerde eksiklik yada zehirliliğe sebep olan toprak bor seviyeleri arasındaki farkın çok az olduğu bilinmektedir. Bundan dolayı bor noksanlığı ve toksisitesi mikro besin elementleri arasında en fazla gözüktüğü bilinmektedir (Gezgin vd, 2005).

Bor mikro besin elementleri arasında ametal olarak bilinen tek elementtir. Borat formunda veya borik asit (H_3BO_3) formunda bulunmaktadır. Bor bitkiler açısından önem arz eden mikro besin elementidir (Marschner, 1986; Loomis ve Durst, 1992). Turmalin bir kompleks bora-silikattir. Aynı zamanda turmalin bor içeren temel mineraldir. Turmalin'nin ayrışması zordur çözünmesi de güçtür. Bundan dolayı turmalin den bor mineralinin ayrılması yavaştır. Bunun için tarımın yoğun yapıldığı yerlerde bitkilerin bor ihtiyaçların karşılanması çok zor hatta imkansızdır. Toprakların genelinde total bor konsantrasyonu 20-200 ppm aralığındadır. Bu değer topraklarda daha çok 7-80 ppm arasında değişmektedir. Topraklardaki toplam B içeriği çoğu zaman %5'den daha azı bitkilere faydalı formunda bulunmaktadır (Gupta, 1968). Bitkiler tarafından alınabilecek borun büyük bir kısmı topraktaki organik maddenin parçalanmasından ayrıca toprak partiküllerinin yüzey kısmında adsorbe olmuş ve çökelmiş bordan geldiği ifade edilmiştir (Gupta ve ark, 1985).

Bitkiler tarafından ihtiyaç duyulan bor miktarı oldukça azdır (Taban ve Erdal, 1999) ve bitkilerde eksiklik ve toksisiteye sebep olan bor düzeyleri arasında çok az bir fark olduğu bilinmektedir (Keren ve Bingham, 1985; Marschner, 1995; Goldberg, 1997; Chapman ve ark., 1997). Bor aynı zamanda günümüzde çok fazla kullanım alanına sahip stratejik bir mineraldir (Mortvedt ve ark., 1991).

Bor kurak ve yarı kurak alanlarda bor eksikliğinden daha çok fazlalığı sorun olabilir (Gupta, 1978). Yıkanmanın az olduğu kurak ve yarı kurak alanlarda toplam bor ve bitkiye faydalı bor miktarı yüksektir (Gupta, 1985).

Yağışların normal olduğu bölgelerdeki topraklardaki bor içeriğiyle yağışın az olduğu yani kurak geçen bölge topraklarındaki bor içeriği birbirinden farklıdır (Kacar ve Fox, 1967).

Humid bölgelerdeki toprakların bor içeriği arid ve semiarid bölge topraklarının bor içeriğinden daha azdır (Kanwar ve Shah Singh, 1961). Podzelleşmiş topraklar çok yıkandığı için borca fakirleşmişlerdir (Oullette, 1963).

Topraklarda borun faydalılığını etki eden faktörleri sıralayacak olursak, toprak reaksiyonu, toprak organik maddesi, kireç, topraktaki kil miktarı ve çeşidi, toprak tekstürü, çevre koşulları ve borun diğer elementlerle etkileşimi, toprak sıcaklığı, toprak su oranı, ışık yoğunluğu ve genetik faktörler (Şimşek ve ark., 2003; Velioğlu ve ark., 2003).

Dünyada bazı bölge topraklarında bor toksisitesi geçmişten beri bilinen bir sorundur (Sillanpaa, 1982).

Bor toksisitesini etkileyen faktörlerden bir tanesi yıllık ortalama yağıştır. Yıllık ortalama yağışın düşüklüğü yıkanmanın azlığına ve Bor toksisitesinin fazlalığına sebep olmaktadır.

Bor konsantrasyonunu etkileyen etmenlerden bir tanesi topraktaki kil içeriğidir. Topraklarda Bor adsorpsiyonu kil mineraline bağlı olarak kilin artmasıyla artmaktadır. Bor adsorpsiyonun artmasıyla bitkiler tarafından Bor alımı azalmaktadır.

Borun bitkiler üzerinde faydalılığını etkileyen etmenlerden biri de toprak reaksiyonu ile kireçleme dir. Genelde toprak reaksiyon artmasıyla borun bitkiler için yararlılık miktarı

azalmaktadır. Toprak reaksiyonu 6,3-6,5 den fazla olması halinde borun bitkilere faydalılığında ve bitkiler tarafından alımında azalma meydana gelir. (Peterson ve Newman, 1976).

Toprak reaksiyonu bor alımını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Toprakta reaksiyonun artmasıyla B'un bitkiler tarafından alımında azalma görülmektedir. Toprak pH'sı ile toprakların çözünür Bor konsantrasyonu arasında negatif korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Toprak kolloidlerince B adsorbsiyonunun da toprak pH'sından etkilendiği saptanmıştır. Bor adsorbsiyonun yüksek pH'lardan düşük pH'lara doğru gidildikçe azaldığı belirlenmiştir (Alkan, 1998). Bor'un tüm materyallerdeki adsorbsiyon derecesinin pH 10,5'dan 12'ye doğru azaldığı, pH 7,5 ile 10 arasında optimum değeri bulduğu, pH 3'den 7'ye doğru arttığı gözlemlenmiştir (Goldberg vd,1993).

Topraktan borun büyük bir çoğunluğu Toprak organik maddesine sıkı bir şekilde bağlı bileşikler ile birlikte bulunur. Toprak organik maddesine bağlı olan Bor mikrobiyal aktiviteler tarafından toprak çözeltisinde bitkiler için alınabilir formda serbest bırakılabilir (Berber ve Pratt, 1963). Kurak ve yarı kurak toprakların organik madde miktarı azdır. %1-2 organik maddesi bulunan bir toprağın bor adsorpsiyonu üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir (Mezuman ve Keren, 1981).

Bitkilerin Bor'dan yararlanmasını en fazla etkileyen faktörler toprakların organik madde kapsamı, Ca, K, pH'sı, kil miktarı ve tipi ile toprakların nem durumu diyebiliriz. Bitkilerin topraklardan aldığı Bor'un % 6'sının gövdede, % 68'inin yapraklarda, % 16'sının köklerde ve % 10'unun meyvede bulunduğu bildirilmektedir (Kızılgöz ve Özberk, 2005).

Topraktaki kilin türü ve miktarı ile toprak tekstürünün bor alımına etki yaptığı belirlenmiştir. Bitkilerin eşit şekilde bor minerali alabilmesi için kaba tekstürlü topraklara nazaran ince tekstürlü topraklara daha çok bor verilmesinin gerektiği belirtilmiştir. Bitkilerin kumlu topraklarda bor alımı daha fazladır. Killi topraklarda ise bor alımı daha düşüktür. Bunun sebebi ise borun kil tarafından adsorbe edilmesidir. Kil mineralleri içinde bor adsorpsiyonu en yüksek illit tarafından yapıldığı belirtilmiştir. Koalinit tarafından ise en az adsorpsiyonun yapıldığını ifade etmiştir (Singh vd, 1976).

İnce tekstürlü topraklar, kaba tekstürlü topraklardan daha fazla miktarda alınabilir B içermektedir. Bunun için B eksikliği genellikle kumlu topraklarda daha yaygın görülmektedir. Toprakların kil oranı fazlalaştıkça B içeriği de fazlalaşmaktadır. B konsantrasyonu benzer topraklarda bitkiler tarafından B alımı killi topraklara nazaran kumlu topraklarda daha fazladır. Çünkü kil içeriği ile birlikte adsorbe edilen B miktarı da artmaktadır (Alkan, 1998).

Toprak çözeltisinde Bor mineralinin fazla bulunmasına sebep olan iki önemli faktör bulunmaktadır (Bradford, 1966; Leyshon ve Jame, 1993).

Bunlar:

- 1) Bor içeriği fazla olan suların sulamada kullanımı,
- 2) Volkanik kökenli toprakların ve deniz sedimetlerin doğal olarak Bor içeriği bakımından yüksek olmasıdır (Chauhan ve Asthana, 1981; Keren ve Bingham, 1985).

Bor topraklarda 4 farklı formda bulunmaktadır:

- 1-Mineral ve kayaların yapısında olan bor, yaklaşık toprakta bulunan Bor'un %85'ini,
- 2-Demir ve kil ile alüminyum sulu oksitlerinin yüzeylerinde adsorbe edilmiş olarak; bu şekilde bulunan bor toplam borun aşağı yukarı %4,5'ini,
- 3-Organik maddeye bağlanmış olarak, bu şekilde bulunan bor ise toplam borun %8,5'ini,
- 4-Toprak çözeltisinde bağımsız iyonize olmamış Borik asit (H_3BO_3) ve Borat iyonları $[B(OH)_4]^-$ ve $[H_2BO_3]^-$ şeklinde ; toplam B'un yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır (Ayvaz, 2002; Gezgin vd, 2005).

Bor fazlalığının topraklardaki sebepleri farklı araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur.

Buna göre;

- 1-Toprakta bor doğal bir şekilde bulunabilir aynı zamanda birikebilir.
- 2-Gübreleme sonucunda bor birikebilir.

3-Enerji üretimi gerçekleştiren fabrikalardan ortaya çıkan radyoaktif tozun etkisinde kalan topraklarda Bor birikimi görülebilir.

4-Bor içeriği fazla atıkları depolamak maksadıyla kullanılmış topraklarda Bor birikmesi meydana gelebilir.

5-Bor içeriği fazla olan sulama suları ile sulamanın yapıldığı topraklarda Bor birikmesi görülebilir.

6-Madenlerin uçan külleri ile yanan fosillerin kalıcı etkisinin olduğu topraklarda Bor birikimi görülebilir (Soy, 2002).

1.2. Bor'un Bitkiler Üzerindeki etkileri İle Metabolik İşlevleri

Bor mineraline bitkiler az miktarda ihtiyaç duyarlar. Noksanlık ve fazlalık sınırları birbirine çok yakın bir elementtir (Brown et al, 2002). Bor toksisitesi dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde görülmektedir. Bor toksisitesi bitkiler için büyük sorun teşkil etmektedir (Stagooulis and Reid, 2002; Reid et al., 2004).

Lignin oluşumunda, hücre uzaması ve bölünmesi ile nükleik asit, şeker, karbonhidrat, indol aselik asit metabolizmasında, solunumda, gametlerin oluşumu ve döllenmede borun hücre zarı NADH oksidaz enzimini inhibe ederek hücre zarı elektron transport reaksiyonlarını etkilediği gibi en fazla kabul gören borun fonksiyonunun kompleks cis-diol'lerle ilgili olduğudur. Bor'un hücre zarı ve hücre duvarında oynadığı yapısal rolleri çok önemlidir. Ayrıca bor fenol metabolizmasında, hücre zarı geçirgenliğinde ve zar bütünlüğünün korunmasında çok önemli rolleri olan bir bitki besin mineralidir. Bitkilerde bulunan bor'un yaklaşık %90'nı karbonhidrat ile birlikte hücre çeperinde yer aldığı bilinmektedir. Buna bağlı olarak eksikliğinde gövde, kök ve yaprak uçlarında bozulmalar meydana gelmektedir. Bitkiler diğer stres faktörlerinde olduğu gibi Bor ile de başa çıkabilmek için moleküler ve biyokimyasal mekanizmalar geliştirmişlerdir. Biyokimyasal stratejiler; Kök ile alınan iyonların yapraklara taşınımı ve kontrolü, tüm hücresel boyutta veya hücre düzeyinde iyonların dağılımı, seçici iyon dışlanması veya birikimi, uyumlu bileşiklerin sentezi, fotosentetik yolunun değişmesi, membran yapısındaki değişimler, bitki hormonlarının indüksiyonu ve antioksidant enzimlerin olarak sıralanabilirler (Seçkin, 2005).

Bor minerali; hücre bölünmesi, bitki metabolizmasında hücre uzaması, protein ve karbonhidrat metabolizması üzerine etkisi olup, bin dane ağırlığını etkileyerek dane iriliğine doğrudan etki ettiği belirlenmiştir. Hücre duvarını oluşturan maddelerin sentezlenmesi ve şekerlerin taşınmasını gerçekleştirerek dane dolumunun daha iyi bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktadır (Rerkasem 1997).

Bitki besin elementlerinin eksikliği yada fazlalığı bitkilerde stres faktörlerinin başında gelmektedir. Besin elementinin eksikliği yada toksisitesi bitkilerde metabolizmanın işlevini engellemekte ve bitkilerde hasara sebep olmaktadır.

Bor mineraline duyulan gereksinim bitkiler arasında farklılık göstermektedir. Bitkilerin bor minerali ihtiyaçlarına göre en az, orta, en yüksek düzeyde bor elementine gereksinim duyan bitkiler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Tek çenekli bitkilerin bor ihtiyacı çift çeneklilere göre daha azdır (Bellaloui and Brown, 1998; Hakkı ve ark., 2005).

Bitkiler tarafından bor aktif veya pasif olarak alınabilir. Bitkiler boru daha çok pasif absorpsiyon yoluyla iyonlaşmamış $B(OH)_3$ şeklinde aldıkları ifade edilmiştir (Nable et al., 1997). Bitkiler azda olsa boru $B(OH)_4^-$ iyonları şeklinde alabildikleri belirtilmiştir. (Hu and Brown, 1997).

Bitkilerde transpirasyon şeklinde su kaybı meydana geldikçe bor suyla birlikte ksilemle üst kısımlara doğru taşınmakta ve bitkinin yaprak ucu ile meyvesi gibi organlarında hareketsizlikten dolayı birikmektedir. Ayrıca diğer mikro elementlerden farklı olarak bor, bitkide taşınım türden türe farklılık gösteren tek mineraldir (Shelp and Brown, 1997).

Bor elementi suda, toprakta, kayalarda çokca bulunan bir elementtir. Toprağın bor kapsamı genel olarak 10-20 ppm, deniz suyunda 0,5-9,6 ppm, tatlı sularınki ise 0,001-1,5 ppm arasında yer almaktadır. Bor kaynaklarının %70 ülkemizde yer aldığı belirtilmiştir (Ediz ve Özday, 2001).

Daha önceki yapılan çalışmalarda bor toksisitesine duyarlılıkta bitki türleri ile çeşitleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bitkilerde aynı türün çeşitleri arasında da farklılık olduğu tespit edilmiştir (Alkan ve ark. 1995).

Topraktaki minerallerin miktarı bölgesel farklılıklar göstermektedir. Bitkilerin gelişmesi esnasında bitki besin elementine ihtiyaçları farklı farklıdır. Mikro elementlerin noksanlığında, bitki türleri arası ve tür içi farklılık gösterdikleri belirtilmiştir. Bundan dolayı bütün bitkiler strese girerler. Mikro element ortamda ihtiyaçtan fazla ise bitkileri strese sokar, streste toksisite belirtilerine neden olur. Bu bir genel kuraldır. Ancak bu kuralın dışında yer alan bitkilerde vardır. Mikro elementlerin toprakta çok fazla konsantrasyonda bulunduğu durumlarda yaşamlarını sürdürebilen bitkiler bulunmaktadır. Bu bitkilere hiperakümülatör bitkiler denmektedir. Bu bitkiler bulundukları ortama alışmış, yüksek konsantrasyondaki boru bünyelerine almama, daha önemlisi bünyelerine bol miktarda alarak değişik organlarında depolayabilmektedirler. Bunun gibi bitkiler kirlenen toprakların temizlenmesine yardımcı olduğuna inanılmaktadır (Edreva, 1998).

Bitkilerde aynı türde hahi bor mineralinin noksanlığı ile toksisite sınırları arasında değişiklikler gözlenebilir. Bunun sebebi ortamda var olan farklı mineraller olabileceği gibi iklim (nem, düşen yağmur miktarı) ve toprağın yapısı gibi çevresel faktörler de olabilmektedir (Goldbach et al., 2000).

Bitkinin yaşam alanında alınabilir bor miktarının 5 ppm'den fazla olması durumunda toksisiteye sebep olabilmektedir. Bor düzeyi 10 ppm'in üzerine çıktığında ise toksit etki belirgin bir şekilde görülebilmektedir (Boşgelmez ve ark., 2001).

1.3. Bitkilerin Bor Alımı

Bitkiler bor elementini pasif absorsiyon yoluyla $B(OH)_3$ formunda bünyelerine almaktadır. Bitkiler boru az da olsa aktif absorbsiyon yoluyla $B(OH)_4$ formunda aldığı bilinmektedir. Bitkilerde bor en uç noktalarına ksilem iletim boruları aracılığı ile taşınmaktadır. Bor mineralinin alınması ve iletim borusunda taşınması bitkilerin su alımıyla ilgili olduğu bilinmektedir. Bunun için bitkilerin bor gereksinimlerinde farklılıklar bulunmaktadır (Kacar ve Katkat, 1998).

Bitkilerde hareketsiz olması sonucunda, bor içeriği genç yapraklara göre yaşlı yapraklarda daha fazladır. Genellikle çift çenekli bitkilerin B içerikleri tek çenekli bitkilere göre daha fazladır. Bor noksanlığı için kritik seviyeler 1 kg kuru madde de

buğday, arpa için 5-10 mg B iken, çift çenekli bitkilerde 20-70 mg B ve haşhaş ve benzeri bitkilerde ise 80-100 mg B şeklinde olarak bildirilmiştir (Bergmann, 1992).

Bor gereksinimi az olan bitkiler; Yulaf, buğday, arpa, karabuğday, soyafasulyesi, bezelye, patates, lima fasulyesi, yeşil fasulye, ahududu, çilek, yassı salkım out, brom out, keten,

Bor gereksinimi orta olan bitkiler; Domates, tütün, çayır üçgülü, kırmızı üçgül, ak üçgül, taş yoncası, mısır, marul, şeftali, kiraz, armut, zeytin, pamuk, tatlı patates, yerfıstığı, havuç, soğan,

Bor gereksinimi fazla olan bitkiler; Yonca, kırmızı pancar, şeker pancarı, şalgam, lahana, karnı bahar, kuşkonmaz, ayçiçeği, turp, kereviz, elma (Kacar ve Katkat, 1998)

Bitkilerin ihtiyaçları ile B alımı ihtiyaçları arasında çok farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum ise, vejetatif ve kök aksamındaki hücre duvarlarının yapısını oluşturan bileşikler ile kuvvetli bir şekilde kompleksler oluşturması ve oluşan bu komplekslerin büyüklüğü ile bitkilerin su kullanımları arasında değişiklikleri ile ilgilidir (Gezgin vd, 2005).

Bitkilerin kökleri tarafından bor alımındaki payı %65, diffüzyonun payı %32, kontak değişim kuramının katkısı ise yok denecek kadar az olduğu belirtilmiştir (Kacar ve Katkat, 2006). Borun bitki organlarındaki hareketi sınırlı olduğundan immobil olarak nitelendirilmektedir. Transpirasyonla buhar şeklinde suyun kaybolması sürdükçe bor bitki bünyesinde üst kısımlara doğru taşınmakta ve bitkilerin en üst kısmında birikmektedir. Üst kısımlara taşınan bor bitkinin yapraklarında birikmektedir. Yapraklarda biriken bor en fazla yaprak ucunda, sonra yaprak ayası ortasında, daha sonra yaprak sapı şeklinde sıralanmaktadır (Oertli ve Roth, 1969).

Bor mineraline dayanan bitki türlerinin yapılarında daha az B biriktirdiğini ve stres şartlarına dayandıkları bildirilmiştir. Bor'a dayanan bitkiler birtakım mekanizmalar geliştirmiş ve dokularındaki Bor içeriğini düşük seviyede tutmayı başarmışlardır.

Bu mekanizmaları sıralayacak olursak:

1. Bazı bitkilerin kök sistemlerinde yer alan fiziksel bir bariyer vasıtası ile veya kök sisteminden B'u uzaklaştırmaya yarayan pompa benzeri mekanizmalar ile, kimi

bitkilerin kök sistemlerinde bir takım kimyasal reaksiyonlar vasıtasıyla rizosfer pH'sını değiştirerek B'un yararışlılığını azaltmak suretiyle B'a dayanıklılıkları artabilmektedir.

2. Bazı bitkiler kökten gövdesine Bor'un taşınımına engel olarak yüksek Bor konsantrasyonuna dayanabilmektedirler.

3. Bor içeriğinin fazla olduğu topraktaki kimi bitkiler yüzey kısma yakın kök oluşturarak Bor toksikliğine karşı kendilerini korumaktadırlar (Güneş vd, 2000).

1.4. Bitkilerde Bor Alımına Etki Eden Faktörler

1.4.1. Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprak reaksiyonu topraktaki borun bitkiler tarafından alımına etki eden faktörlerin en önemlilerindendir. Toprakta çözülmüş bor içeriği toprak reaksiyonu ile korelasyon halindedir. Toprak çözeltisinin reaksiyonu yüksek ise bor bitkilerce alınamaz hale gelir. Bundan dolayı toprağı kireçlemek nadirde olsa bitkilerde bor noksanlığına sebep olur (HO., 2000).

Toprak pH'sı 7 nin altına inerse borun tamamı dissosiyeye olmadan $B(OH)_3$ şekilde bulunur. Yüksek pH larda ise $B(OH)_3 + H_2O \rightarrow B(OH)_4^- + H^+$ $pK= 9,2$ (1.1) pH 7 olduğunda toprak çözeltisinde çözülmüş borun %99'u $B(OH)_3$ ve %0,9'u $B(OH)_4^-$ şeklindedir. Toprak çözeltisindeki veya doygunluk eksratındaki B kapsamı ve sıcak suda ekstrakte edilebilen B, bitkilerin faydalanabileceği bor içeriğinin ölçüsü olarak kabul edildiği belirtilmiştir (Schobel, 1993).

1.4.2. Ana Materyal

Topraklarda ana materyale bağlı olarak bor içeriği 20mg/kg-200mg/kg aralığında değişmektedir (Kacar ve Katkat, 1998). Kumlu topraklarda bor mineralinin içeriği 5-20mg/kg aralığındadır. Killi, humuslu toprakların bor miktarı 30-80mg/kg arasındadır. Ilıman kuşaklardaki bor miktarı ortalama olarak 5-80mg/kg arasında olduğu belirtilmiştir. Toprakların kil ve organik karbon içeriği ile bor içeriği arasında bir korelasyon olduğu bilinmektedir (Schobel, 1993).

Topraklarda bor;

- 1-Organik Maddeye bağlanmış bir biçimde,
- 2-Demir, Aliminyum Sulu oksitlerin yüzey kısmına adsorbe olmuş biçimde,
- 3-Kaya, mineral şeklinde,
- 4-Toprak çözeltisinde ise bağımsız iyonize olmamış, borik asit (H_3BO_3) ve borat $B(OH)_4^-$ iyonları formunda bulunur (Kacar ve Katkat, 1998).

Borun azda olsa bir kısmı suda çözünmüş şekilde bulunur (Schobel, 1993).

Bazı temel kayaların bor miktarlarını Schobel, (1993) yaptığı araştırmada bor içeriği en az Bazalt en fazla Tortullu şist $15-100 \text{ mg.kg}^{-1}$ olarak bulmuştur.

Lav kayalarından çıkarılan topraklar genelde dünyanın tropikal bölgelerinde bulunur. Bu topraklar sediment kayalarından oluşan topraklara göre daha az bor içeriğine sahiptirler. Sediment kayaları kurak ya da yarı kurak bölgelerde bulunur. Bunlar sıcaklığın etkisi ile çatlayan kayalardır. Deniz kumu tortulları çok yüksek miktarlarda bor içermektedir. Asit granit ve diğer lav kayalarından oluşan topraklar ile düşük organik madde içeren toprakların bor içerikleri oldukça düşüktür (Schobel, 1993).

Borun noksanlığına sebep olan toprak koşulları:

- 1-Kuraklık geçiren topraklar, bu topraklar az yağmur almaktadır.
- 2-Toprakların organik madde içeriğinin az olması.
- 3-Tuz ve karbonat depolanmış sulama suyu ve bor içeriği düşük sulama suyu ile sulanmış topraklar.
- 4- Yapısında hafif kil olan topraklar ile çakıllı topraklar.
- 5-Kendiliğinden oluşmuş asidik topraklar.
- 6-Kalkerler özellikle alkalın topraklar.
- 7-Bor içeriği az olan, asit granit kayalarıyla diğer lav kayalarından oluşan ve tatlı su sediment topraklar.

1.4.3. Toprak Sıcaklığı

Toprağın sıcaklığı yüksek ise bor adsorpsiyonunda yüksektir. Böyle bir durum ise toprak sıcaklığı ile toprak nemi arasındaki ilişkiyi de yansıtmaktadır. Bu sebeple yaz sıcaklarında kuru havalarda bitkilerde bor noksanlığı daha sık görülmektedir.

Topraktaki Bor adsorpsiyonunun artması toprak nemi ve sıcaklığının karşılıklı etkileşmesinden olduğu, buna bağlı olarak da kurak geçen yaz aylarında Bor eksikliğinin ortaya çıkabileceği ileri sürülmüştür (Soy, 2002).

1.4.4. Toprak Nemi

Kuru havalarda bitkiler bor mineralini daha az alırlar. Bunun için kurak bölge topraklarında bor eksikliği daha fazla ve sık görülmektedir. Sulama ile kuruma döngüsü bor fiksasyonunun artırmasına sebep olmaktadır (HO., 2000). Toprak neminin topraktaki boru bitkinin almasına etkisinin olduğu bildirilmiştir (Kacar ve Katkat, 1998).

1.4.5. Organik Madde

Topraktaki Bor'un alınabilirliğini etkileyen önemli bir toprak bileşenide organik maddedir. Organik maddeye Bor (OH-) grupları ile bağlanıp tutunmaktadır (Karabal, 2002). Bundan dolayı yıkanmasına engel olmaktadır.

Toprakta bitkilere faydalı B'un önemli bir kısmının, organik maddeye tutunmuş şekilde olduğu bu nedenle organik madde içeriği fazla olan topraklardaki B miktarının da çoğu zaman fazla olduğunu belirterek Bor'daki artışın mikrobiyal parçalanma sonucu B'un toprakta faydalı şekle dönüşünden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Kacar ve Katkat 2006).

1.4.6. Element Etkileşimleri

Bitkilerin topraktaki boru alımında Kalsiyum ile Bor ilişkisi önemlidir. Kalsiyum kadar diğer elementlerin topraktaki konsantrasyonu bor alımını etkilemez. Bitkilere uygulanan bor uygulaması N uygulamasını kolaylaştırdığı ifade edilmiştir. Bitkilerin verimliliğini yükseltmek için verilen N bileşiklerinin bitkiye geçişini B'un sağladığı belirtilmiştir (HO., 2000)

Potasyum ile Bor arasında önemli bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir. Bitkiye fazla potasyum verilmiş ise verim düşüşünü engellemek için bor verilmesi gerektiği bildirilmiştir (HO., 2000). Yüksek konsantrasyonlardaki fosforun, düşük konsantrasyondaki çinkonun bitkilerde bor birikmesinin artırıcı etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bunun için bitkilerde borun aşırı birikmesini ve toksik etki yapmasını çinko engellemektedir (HO., 2000).

1.4.7. Bitkisel Faktörler

Topraktaki bor mineralinin alım şekline göre bitkiler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bunun sebebi ise bitkilerin büyümeleri ve gelişmeleri için değişik miktarlarda bora ihtiyaç hissetmektedirler. Bor eksikliği kuru ağırlığının kg başına mg B olarak bildirilmiştir. Kritik değer buğdaygiller (gramineler) için 5–10 mg, çift çenekli bitkiler (dikotiller) için 20–70 mg, özsuğu süt benzeri olan bitkiler için ise 80–100 mg B' dur. Bitki türlerindeki bu farklılık, hücre duvarı yapılarının farklılığından kaynaklanır (HO., 2000).

1.5. Bitkilerde Bor Noksanlığı

Bor noksanlığı, ılıman ve kurak bölgelerdeki alkali topraklarında yaygın olduğu bildirilmiştir. Bunun sebebinin ise asidik topraklarda $B(OH)_3$ ün adsorpsiyonun düşük olmasından dolayı borun kuvvetli bir şekilde yıkanması ve alkalın topraklardaysa $B(OH)_4$ in adsorpsiyon sonucunda kuvvetli bor fiksasyonu gerçekleşmektedir. Ilık bölge topraklarında bor eksikliği öncelikle kurak ve sıcak olan yıllarda kil mineralince zengin kurak yerlerdeki topraklar ile kumlu topraklarda ortaya çıktığı bildirilmiştir (Schobel, 1993).

Bor noksanlığı özellikle bitkilerin büyüme noktalarına zarar verdiğinden dolayı bitkilerin büyümesinde yavaşlamaya sebep olduğu belirtilmiştir. Genç yapraklar da ise kıvrılır, çoğu zaman kalınlaşır ve koyu mavi, yeşilimsi bir renge döner. Boğum aralıkları kısılır ve bodurlaşma meydana gelir. Bitki çalılışmış bir görünüme bürünür. Transpirasyondaki düzensizliğin bir yansıması olarak dallar ve yapraklar çabuk kırılabilen gevrek bir görünüm aldığı bildirilmiştir. Bor noksanlığının ilerleyen aşamalarında büyüme noktası ölür ve büyüme olumsuz şekilde etkilenir. Çiçek, tomurcuk ve meyvenin gelişmesi azalır veya tamamen durabilir. Olgun yaprakta

damarların arasında kloroz meydana gelir ve yapraklardaki ayalarda şekilsel bozulmalar meydana geldiği bildirilmiştir. Gövde ve yaprak sapında kalınlaşma olur. Yumrulu bitkilerde köklerin depolanmaları esnasında öz çürüklüğü oluşur ve pazar özelliğini kaybeder (Kacar ve Katkat, 1998).

1.6. Bor Toksisitesi

Kurak ve yarı kurak bölgelerdeki tarım topraklarında görülen ve bitki yetiştiriciliğini olumsuz etkileyen, bor toksisitesinin önemli bir beslenme sorunu olduğu bildirilmiştir (Cartwright ve ark. 1986). Bor toksisitesi kurak ve yarı kurak bölge topraklarında bitkisel üretime zarar verdiği belirtilmiştir (Gupta, 1985; Nable, 1997). Topraklarda bor toksisitesi kendiliğinden oluşabileceği gibi, özellikle bor içeriği fazla suların kullanılması (Nable ve ark. 1997), veya linyit kömür kullanılan termik santraller yakınlarında bitki yetiştirildiği zamanlarda yaygın olarak rastlanmaktadır. Kompost gübreleme sonucunda yaygın olarak bor toksisitesine rastlandığı bildirilmiştir (Bergmann 1992; Marschner 1995; Güneş ve ark. 2002). Toprak reaksiyonunu yükseltmek amacı ile yüksek oranlarda bor uygulama işlemi sonucu da (Eary vd, 1990; Kukier ve Sumner 1996) bor toksisitesine neden olduğu bilinmektedir.

Bor toksisitesinin olduğu topraklarda bitki türü ile aynı türün çeşitleri arasında ortaya çıkan farklı adaptasyonun sebebiyse bitkilerin bor zehirliliğine karşı fizyolojik ve morfolojik değişik adaptasyon mekanizması geliştirmiş olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Nable, 1991). Bu adaptasyon mekanizmasından birinin bor toksikliğine dayanıklı türe duyarlı olan türe nazaran yeşil kısmında daha az bor bulundurma yeteneği ile ilgisinin olduğunu ifade etmişlerdir (Nable vd, 1997).

Bor fazlalığının en fazla görülen semptomları, köklerdeki uzamaya engel olmak, meyvelerin çürümesi, kuru maddede kayıpların oluşması, yapraklarda öncelikle uç ve kenarlarda başlayan kahverengi lekelerler, kloroz ve sonrada nekrozla devam eden bozulmalar (Marschner,1995; Dye, 1983; Oertli, 1993; El-Motaium, 1997) kabuk nekrozu, kombiyum ölümüne bağlı olarak gövde ölümünün meydana gelmesi (Brown,1996), yaşlı yapraklar ise yanık bir görünüm alarak erken dökülmesi (Boşgelmez ve ark., 2001) olarak sıralanabilir. Bitkilerde yaşlı yaprak uçlarında ve yaprağın kenarlarında yanıklar ve nekrotik, klorotik benekler oluşturarak kendini gösterir (Nable ve ark., 1997).

Bor toksisitesinin, bitkide ürün kaybının yanı sıra, çok yüksek seviyelerde bitki ölümlerine sebep olduğu bildirilmiştir (Khan ve ark., 1999).

Yapılan araştırmalar da bitkilerin çeşitleri arasında ve ayrıca bitki türlerinin genotipleri arasında bor toksikliğine dayanma açısından farklılıkların olduğu bildirilmiştir (Paull, 1988). Bitkilerin tür ve çeşitleri arasında bor toleransı açısından önemli farklar görülmektedir (Paull ve ark. 1988). Bundan dolayı bor fazlalığına dayanan bitki türleri ve çeşitlerinin seçilmesi ve yetiştirilmesi bor toksisitesi yönünden problemli alanlarda büyük önem taşımaktadır. Bora karşı toleransı az olan bitkilerin çeşit ve türlerinin bor konsantrasyonları genelde bora karşı dayanan bitkilerin genotiplerinden daha yüksek olduğu bilinmektedir (Çelik ve ark. 1998).

Kurak ve yarı kurak alanların varlığı ülkemizde 51 milyon ha olduğu bildirilmiştir. Bitkisel tarım yapılan arazi miktarı ise 28 054 000 ha yani bunun %17,5 kadar dır. (Kaputu ve ark., 2006) Bor toksisitesi kurak ve yarı kurak alanlarda çölleşmenin temel nedenidir.

1.7. Bitki Besin Elementi Olarak Bor

Bitkiler tarafından bor $B_4O_7^{2-}$, $H_2BO_3^-$, HBO_3^{2-} ve BO_3^{3-} gibi bir veya birden çok iyon formunda alınır. Yetiştirilen ürünler bor mineraline genelde çok az ihtiyaç duyarlar (Tisdale ve Nelson, 1983). Bor bitkiler için önemli bir mikro besin elementidir. Bitkiler tarafından alınan borun çoğu hücre duvarında birirmektedir. Nükleik asit sentezi ve böylece protein oluşumu için önemlidir. Bor genel olarak karbonhidrat metabolizması ve taşınmasında rol oynadığı bildirilmiştir. Köklerin gelişmesi, meyve ve çiçeklerin oluşmasında fizyolojik etkiye sahiptir (Finc, 1969).

Bitkiler bor mineralince yetersiz beslenirse bu işlevleri azalmakta, fazla bor uygulaması sonucu zehir etkisi yapmaktadır. Eğer bitkiler borca yetersiz beslenirse metabolizmada bozukluklar oluşur, aktif iyon alımı engellenir, dolaylı olarak su alımı zarar görür. Genç yapraklar deforme olur, yeşilken gri yeşil renk alır. Kombiyum hücrelerindeki floem ve ksilem dokuların gelişmesi bozulur. Normalden fazla bor verilmesi sonucunda ise solunumun şiddetlendiği ve böylece asimilasyonun azalmasına sebep olduğu ifade edilmektedir (Mangel, 1984).

Bitkilerde bor gereksinim ve içeriği tür ve çeşitlerine göre değişiklik göstermektedir. Çift çenekli bitkiler tek çenekli bitkilerden daha fazla bora ihtiyaç duyarlar. Süt özsuyu sistemine sahip bitkilerse bora daha fazla ihtiyaç duyarlar (Mangel, 1984).

Bir örnek verecek olursak bor noksanlığı olan topraklarda buğday bitkisinde yapılan bir çalışmada 4kg B/ha bor uygulamasıyla verim ciddi ölçüde artmış daha fazla bor verilmesi durumundaysa verimde azalma olduğu belirtilmiştir (Güneş ve ark., 2003).

Borun bitki üzerinde ki işlevleri a) Hücre duvarı ve strüktürünün oluşmasında b) RNA ve karbinhidrat, indol ipasetik asit (IAA), fenol mitobolizmasında, c) Şekerlerin taşınması ve solunumun da d) biyolojik membranların fonksiyonel ve yapısal özellikleri üzerinden önemli, belirgin rollere sahip olduğu ifade edilmiştir(Lukaszewski ve Blevins, 1996).

1.8. Geoistatistik analizler

Maden alanlarındaki yersel değişimi tahmin edebilmek için Krige ve Matheron tarafından geoistatistiksel yöntemler geliştirilmiştir. 1960'lı yıllardan beri çeşitli bilim alanlarında geoistatistiksel yöntemler uygulanmıştır (Journel, A.G.,Ch. J. Huijbregts, 1978, Hohn, M.E., 1988).

Yapılan ölçümler arasında mesafe üzerinden bir bağıntı söz konusu ise bu ilişkileri tanımlamak için yaygın olarak geoistatistik kullanılmaktadır (Unlu, K., Nielsen, D. R., &Biggar, J. W., 1990), (Logsdon, S. D. ve Jaynes, D.B. 1996).

Geoistatistik, klasik istatistik analizleri gibi ölçümleri birbirinden bağımsız rastlantısal yaklaşımlar ile değil de daha çok yersel değişkenlik anlayışıyla çözümlemektedir. Buradaki yersel değişim deterministik fonksiyonlar yardımı ile hesaplanmaktadır (Davis, J.C., 1986).

1951 yılında D.G. Krige ile kullanılmaya başlanılan Geoistatistik, istatistik biliminin uygulamalı bir dalı olup, ilk olarak yer bilimlerinde karşılaşılan kestirim problemlerinin çözümünde kullanılmıştır (Olea 1982, Çetin ve Tülcü 1998, Başkan 2004). Gözlem verilerinin deneysel variogram yapısının belirlenmesi ve belirlenen bu yapıya teorik bir modelin oluşturulması geoistatistiksel çalışmaların temelini oluşturmaktadır (Delhomme 1978, Vieira vd. 1983, Çetin ve Tülcü 1998, Başkan 2004).

Jeoistatistikte, ölçüm yapılan sahada iki farklı noktanın mesafesi arttıkça elde edilen değerler arasındaki benzerliği giderek azaldığı varsayılır (Erşahin, S. 1999). Ölçümü yapılan noktalar arasındaki benzerlik mesafesi tespiti, yapılan araştırmalarda avantaj sağlamaktadır (Akbaş, F. 2004). Yapılan araştırmada daha az örnekleme noktasıyla sahada daha kolay ve doğru bilimsel tahmin yapmamızı sağlamaktadır (Mulla, D. J. ve McBratney A B., 2000, Upchurch D.R. ve W.J. Edmons. 1991, Yetgin, B., 2004)

Birbirlerine yakın mesafelerdeki toprağın özellikleri, birbirlerinden daha uzak mesafelerdeki toprak özelliklerine göre daha fazla benzerlik gösterirler. Konumsal olarak birbirine bağımlı değişkenlerle ilgili uzaklık faktörünü dikkate almadan yapılan değerlendirmeler, bu değişkenlerin açıklanması ile ilgili yeterli bilgiyi ortaya koyamazlar (Hamlett vd 1986).

Sürekli değişen olguların konumsal bağımlılığının ölçülmesini sağlayan bölgesel değişkenler teorisi, jeoistatistikte kullanılan çok önemli bir araç olup, bölgesel değişkenler teorisinin anahtarı semivariyogramdır. Variyogram bölgesel değişkenlerin (zaman ya da uzaydaki konumu bilinen rastgele değişken) konumsal değişimini ifade eder (Saroğlu ve Kaya, 2005). Semivariyogramları kullanılarak yapılan kriging analizi ise ölçüm yapılmayan nokta veya alanlardaki özelliklerin tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Öztaş 1995).

Arazinin herhangi bir bölgesinde ölçümü yapılan toprak özelliğinin arazinin tamamını temsil etme kabiliyeti bahse konu özelliğin arazi içerisindeki varyasyonuna bağlıdır. Arazideki toprak özelliğinin varyasyonu toprağın özellikleri hakkında yapılacak olan değerlendirmeleri etkileyeceğinden araziden toplanacak olan örnek sayısı ve örnek alınan yerler arasındaki mesafeler çalışmaların doğruluğu açısından önemlidir (Trangmar vd 1985).

1.9. Bor Analiz Yöntemleri

Borun çeşitli materyallerde kalitatif veya kantitatif analizlerini mümkün kılan birçok analitik tayin yöntemi mevcuttur. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- 1-) Kolorimetrik yöntem
- 2-) Potansiyometrik yöntem

3-) Florimetrik yöntem

4-) Atomik spektroskopik yöntemler

a-) Alev atomik spektroskopi

a-1) Alev emisyon spektroskopi AES,

a-2) Alev absorpsiyon spektroskopi AAS,

b-) Plazma kaynaklı metodlar

b-1) Plazma kaynaklı OES

b-2) Plazma kaynaklı MS

5-) İyon Kromatografi

6-) Nötron aktivasyon analizleri (Sah ve Brown, 1997)

1.10. Litaretür Taraması

Bor tabiatta değişik minerallerle yüzden fazla bileşik meydana getirerek değişik maksatla kullanılan mikro elementler arasında yer almaktadır (Baycan ve ark., 2005).

Ülkemizde bazı topraklarda bitkiye faydalı bor içeriği üzerinde bir çalışmada, topraklardaki bor miktarının 0.74 ile 4.55 $\mu\text{g/g}$ arasında olduğu ve en çok faydalı borun, Bor ilçesi etrafında alınan topraklarda olduğu saptanmıştır (Kacar ve Fox, 1967).

Taşkürenin toplam bor konsantrasyonu aşağı yukarı 10 mg/kg dir. Eğer topraklar normal ise bor oranı 2 – 100 mg/kg arasında olup ortalama 30 mg/kg dır (Gupta, 1993).

Topraklarda bor minerali 1 mg kg^{-1} den aşağı ise bitkilerde bor eksikliğine ve 5 mg kg^{-1} 'in üzerindeyse bor toksisitesine neden olmaktadır (Kelling, 2010).

Toprak çözeltisi, OM, kil mineralleri gibi değişik bileşenler içinde dağılmış durumdadır bor. Toprak çözeltisinde bulunan ve genellikle bitkiye faydalı olan bor, topraktaki toplam bor içeriğinin %3'den daha azına denk geldiği bilinmektedir (Tsadilas, 1994). Yapılan bir çalışmada topraktaki toplam borun %78,75'i gibi önemli bir kısmının rezerv olduğunu raporlamıştır (Zerrari ve ark. 1999).

Daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde Bor'un sulama yapılan sulara da 0,5 ppm' den fazla konsantrasyonu bazı ürünlere zarar vermektedir. Sulama sularının 4

ppm'den fazla konsantrasyonuysa bütün bitkilerde toksik etkiye neden olduğu belirtilmiştir. 0,7 ppm B konsantrasyonu toprak saturasyon eşiğinde bitkiler için kritik sınır olarak kabul edilmektedir (Ayyıldız, 1983). İmmobil element olan bor bitkilerde hareketi sınırlıdır. Bitkilerde bor yukarı taşınırken transpirasyonun etkisinin olduğu belirlenmiştir (Michael ve ark, 1969). Bor bitki bünyesinde farklı organlara taşınımı bitkinin ksilemdeki hareketi ve bitkinin su alımı ile yakından ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bitki türleri arasında bu taşınmanın büyük farklılıklar gösterdiği bulunmuştur (Marschner, 1976).

Bitkiler açısından önemli bir besin elementi olan Bor toprakta noksanlığında bitkilerde büyüme kalite ve verim kayıplarına sebep olurken fazla bulunduğunda ise bitkide zehirliliğe sebep olmaktadır. Türkiye'de bor toksisitesi kurak ve yarı kurak bölge topraklarında lokal olarak görülen bir besin elementi problemidir. Ülkemizin de içinde olduğu 30 farklı ülkeyi içeren çok geniş bir çalışmada toprakların yararlı B konsantrasyonları belirlenmiş. Yapılan bu çalışmada ülkemizdeki toprakların bor içeriğinin 0,66-9,99 ppm aralığında değiştiği ve ortalama B içeriğininse 1,6 ppm olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada ülkemizdeki toprakların Bor içeriğinin en yüksek orta Anadolu bölgesinde ki toprakların, en düşük bor içeriğinin ise Karadeniz, Ege ve Marmara Bölgesi topraklarının sahip olduğu raporlanmıştır (Sillanpaa, 1982).

Toprakta bor içeriği 1 mg kg⁻¹'den düşük olduğunda bitkilerde bor noksanlığı ve 5 mg kg⁻¹'in üstüne çıktığında ise bor fazlalığı nedeniyle bitkiler için toksik etki görülmektedir (Kelling, 2010).

Genel kural olmamasıyla birlikte kurak yada yarı kurak bölgesel topraklarda bor toksisitesine daha çok rastlanmaktadır. Genelde tuzlu topraklarda bor konsatrosyonu fazla görülmektedir. Toprak çözeltilerinde B etkisini göstermektedir. Toprakların saturasyon ekstraktında 0,7 ppm bor içeriği ve daha aşağısı hassas bitikler için normal tolere edilebilir sınır olarak kabul edilebilir (Sezen, 1988).

Konya ili topraklarında bor içeriğinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları bir araştırmada ortalama olarak 2.48 ppm bor kapsadığını ortaya koymuşlardır. (Gezgin ve ark. 2002).

Bor fazlalığından tahıl çeşitlerinin etkilenmelerinin sebebinin, özellikle arpa ve bugday topraktaki ve dokularındaki B'un diğer bitki türleriyle karşılaştırılamayacak kadar

büyük bir duyarlılık göstermesine bağlanmaktadır. Bitkilerin çoğunluk bir bölümünde borun toksisite zararı 100 mg/kg seviyelerinde ortaya çıkarken, buğday ve arpada 50 mg/kg B düzeyinde görülebildiğini söylemiştir (Gupta ve ark., (1985) ve Bergmann (1992))

Mengel ve Kirkby (1987), toprakta normal büyüme ve gelişme için gerekli olan B miktarının hemen üzerindeki değerler, birçok bitki türü için toksik olabilmektedir. Kültür bitkileri için genellikle toksisite, toprakta sıcak suda çözünebilir B miktarının 5.0 mg/kg düzeyine ulaşması ile oluşur.

Bitkilerin bora olan toksisite sınırı oldukça geniştir. Örneğin, buğday ve arpa için bu sınırlar 10 – 130 mgB/kg kuru ağırlık arasında değişebilmektedir. B toksisitesine maruz kalmış bitkilerin normal dokularında 40 – 100 mg B/kg arasında, yapraklarında 250 mg B/kg kuru ağırlık miktarında birikebilmektedir. Borun aşırı miktarda yoğun olduğu ortam koşullarında yapraktaki B birikimi 700–1000 mg B/kg kuru ağırlık arasında değişebilmektedir (Nable ve ark., 1997).

Orta-Güney Anadolu Bölgesi (Karaman, Konya, Afyon, Aksaray, Niğde, Nevşehir, ve Kayseri) Ülkemizin 3.5 milyon ha tarım arazisine sahiptir. Bu Bölgenin tarım topraklarında alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre toprakların elverişli bor miktarının 0.01-63.9 mg/kg aralığında değiştiği, % 26.6'sının da Borca yetersiz (<0.5 mg/kg) ve % 18'ininde ise Borca toksik (>3.0 mg/kg) düzeyde oldukları bulunmuştur. Toprak özelliğine bağlı olarak toprakların elverişli bor miktarının değiştiği ve özellikle sodyum, toprak tuzluluğu, ve organik madde miktarı arttıkça elverişli bor miktarının da çok önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir (Gezgin ve ark., 2002).

Kumlu, tınlı topraklar için yapılan bir başka sınıflamada ise bor düzeyi <0,3 ppm çok düşük, 0,4–0,8 ppm düşük, 0,9–1,5 ppm optimum, 1,6–3 ppm yüksek, >3 ppm çok yüksek olarak belirtilmiştir (Kelling, 2003; Uyan ve Çetin 2004). Yapılan araştırmalarda, bitki bünyesindeki bor miktarının öncelikle toprak pH'sı ile ilgili olduğu gösterilmiştir. Diğer önemli faktörler ise, bitki çeşidi toprağın bor içeriği, toprakta değişebilir iyonların tipi, topraktaki minerallerin miktar ve tipi, toprağın organik madde miktarı, toprağın sıcaklığı, toprağın ıslanma ve kuruma durumu, toprak-su oranı, ışık yoğunluğu ve genetik faktörlerdir (Şimşek ve ark., 2003; Velioğlu ve ark., 2003).

Jeoistatistiksel yöntemler iki etap şeklinde yapılmaktadır. İlk etap araştırılan toprak niteliğinin alanda yapılan bütün ölçüm noktaları arasındaki mekansal bağımlılık belirlerken; ikinci etapta ise ileri bir interpolasyon yardımıyla araştırması yapılan toprak özelliği için alanda ölçülemeyen bölümler için tahmin değerleri oluşturarak dağılım deseni oluşturması hedeflenmektedir. Birinci etapta semivariogramlar, ikinci etapta da kriging yoğun olarak kullanılmaktadır (Öztaş, T., 1995).



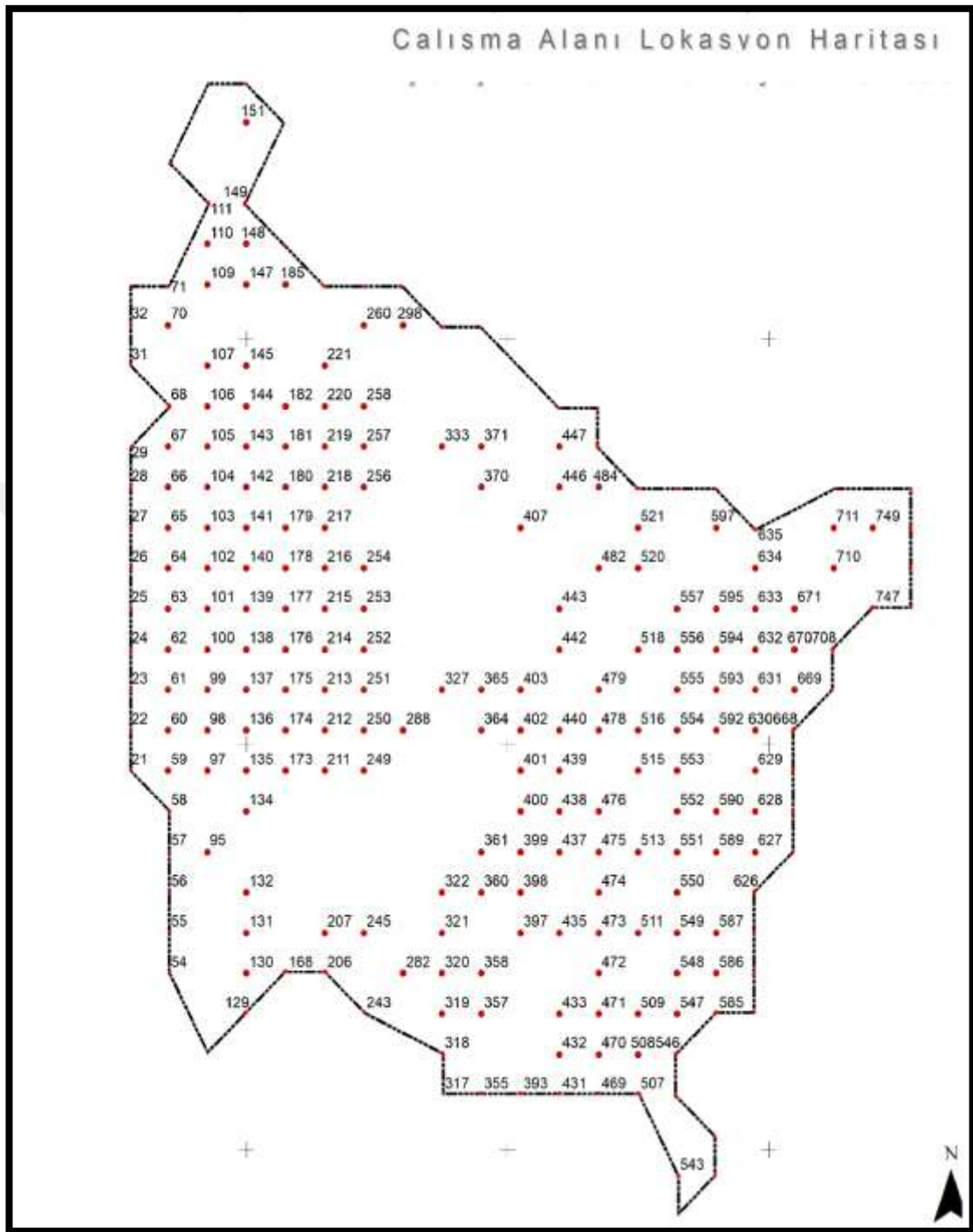
2. BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Meteryal

Araştırma Kayseri ili Develi Ovası'nda yapılmıştır. Çalışma alanının da düzenli ızgara örnekleme sistemi yapılmış. Düzenli ızgara sisteminin oluşturulmasında 1/25000 ölçekli sayısallaştırılmış topoğrafik haritalar kullanılmıştır. Düzenli ızgaraların oluşturulmasında ArcGIS 9.3 programından yararlanılmıştır. Çalışma alanı 67 403,25 ha olup, bu alanda toplam 239 noktadan toplam 400 örnek alınmış olup her bir noktanın konumu gösteren çalışma alanı lokasyon haritası Şekil 2.1.'de koordinatları ise Ek-1'de verilmiştir.

Çalışma alanında alınan toprak örnekleri grid yöntemi ile 0-30, 30-60 ve 60-90 cm olacak şekilde ayrı ayrı elburgusu ile alınmış üzerinde etiketi olan poşetlere konup laboratuvara taşınmıştır. Çalışma alanı içerisinde toprak örnekleme yaz mevsimi içerisinde başlamış ve tamamlanarak bitirilmiştir. Analiz için alınan toprak örnekleri bulundukları poşetlerden çıkarılarak gölgede gazete üzerinde kurutulmuş ve kuruyan topraklar ağaç döveçlerle dövülmüş sonra ise 2 mm lik eleklerden elenmiş ve analiz yapılmak üzere raflar üzerine sırası ile dizilmiştir. Bu çalışmada alınan bu toprak örnekleri meteryal olarak kullanılmıştır. Her bir toprak örneğinde ICP-OES yöntemi ile B analizi yapılmıştır.



Şekil 2.1. Çalışma Alanı Lokasyon Haritası

2.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Develi İlçesi, İç Anadolu Bölgesinin Orta Kızılırmak bölümünde 38-27 kuzey enlem 33-17 doğu boylamında bulunmaktadır. Erciyes Dağı'nın 6 km güneydoğusunda kurulmuştur. Bu günkü sınırları kuzeyinde Kayseri, doğusunda Tomarza İlçesi ve Adana İlinin Tufanbeyli İlçesi, güneyinde Yahyalı İlçesi ile Adana İlinin Saimbeyli ve Feke İlçeleri, batısında Yeşilhisar İlçesi, kuzeybatısında İncesu İlçesi yer alır. Çalışma alanının coğrafi konumu Şekil 2.2'de verilmiştir. (<https://kayseriobm.ogm.gov.tr/KayseriOIM/Sayfalar/default.aspx>)



Şekil 2.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

2.1.2. Çalışma Alanı İklim Özellikleri

Kayseri İli ve Develi İlçesi yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk ve kar yağışlı karasal nitelikte iklim görülmektedir. Fakat ilçenin iklimi yükseltiye göre farklılık göstermektedir. Çukurda kalan bölgelerde iklim daha yumuşakken dağlık kesimlere doğru ise sertleşmektedir. İlçenin birçok yerinde bozkır iklimi özellikleri mevcuttur.

Çalışma alanı ilinin 1938-2008 yılları arasını kapsayan ortalama iklimsel verileri Çizelge 2.1 de verilmiştir. (<https://www.mgm.gov.>)

Çizelge 2.1 Çalışma Alanı İklimsel Veriler

KAYSERİ	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	10.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	83.7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	107.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	385.0
En Yüksek Sıcaklık (°C)	40.7
En Düşük Sıcaklık (°C)	-32.5

Yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 18.1 °C, yıllık ortamala en düşük sıcaklık 3.0 °C, en yüksek sıcaklık 40,7 °C ile 2000 yılı Temmuz ayında, en düşük sıcaklık -32,5°C ile 1942 yılında Ocak ayında ölçülmüştür. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması ise 385.0 mm olarak ölçülmüştür.

2.2. Kullanılan Cihazlar

2.2.1. İndüktif Eşleşmiş Plazmalı Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES)

Bor eksraktlarının okuması Perkin Elmer Optima 4300VD model ICP-OES ile 249,677 dalga boyunda yapılmıştır.

2.2.2. Analitik Terazî

Bor ekstraksiyonu için 2 mm elekten elenmiş toprak örnekleri analitik terazide tartılmıştır.

2.2.3. Isıtıcı Tabla

Bor ekstraksiyonların ısıtıcı tablada ısıtılmaş ve kaynaması beklenmiştir.

2.3. Kullanılan Malzemeler

Ekstraksiyonun hazırlanmasında Watman42 kağıdı, Falcon tüpü 15ml, Erlen Mayer, Huni, Pipet, Plastik spatül, Polietilen Şişe kullanılmıştır.

2.4. Kullanılan Çözeltiler

Ekstraksiyon çözeltisi: Ekstraksiyonun hazırlanmasında 1,47 gr $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ bir miktar suda çözölüp saf su ile 1.00L' ye tamamalandı.

1000 mg L⁻¹ B Standardı: Merck marka çözelti 1,000 g/cm³ yoğunluğuna sahip çözelti satın alınmıştır.

2.5. Yöntem

2.5.1. Ekstraksiyon Yöntemi

Toprak numuneleri 2 mm'lik elekten geçirilmiş, 10,0 g analitik terazî ile tartılarak 100 ml'lik erlen içine aktarılmış üzerine 20,0 ml 0,01 molar CaCl_2 çözeltisi eklendikten sonra ısıtıcı tabla üzeride kaynayana kadar ısıtılır daha sonra 5 dk kaynaması beklenir. Isıtıcı tablada alınan karışım soğutularak Watman 42 nolu süzgeç kağıdından süzöldükten sonra 20 ml saf su ile tamamlandı (John et. al. 1795). Elde edilen süzökler ICP-OES okunarak bor miktarı belirlenmiştir.

2.5.2. Bor Analiz Yöntemi

Toprak Numunelerindeki Bor miktarı eksrasiyondan sonra ICP-OES ile belirlenmiştir. Analizde harici kalibrasyon yöntemi kullanılmıştır.

Standartlar: 1000 mg L⁻¹ Bor çözeltisi 0-10 mg L⁻¹ aralığında uygun seyreltmeler yapılarak hazırlanmıştır.

Cihaz Parametreleri: 0,1-0,5-1-5-10 mg L⁻¹ standart aralığında 249,677 nm dalga boyu aralığında 1,5 L min⁻¹ gaz akış hızında okuma yapılmıştır.

2.5.3. Klasik İstatistiksel Analizler

Toprakların derinliğe bağlı bor içeriğindeki değişim ANOVA ile test edilmiştir. Klasik istatistik analizinde SPSS v.16.0 paket programı kullanılmıştır.

2.5.4. Jeoistatistik Yöntem

Ölçülen verilerin uzaysal dağılımı semivariogram analizi ile hesaplanmıştır. Matematiksel olarak aşağıdaki gibi formüle edilmektedir.

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^N [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (\text{Eş.7})$$

eşitlikte; $\gamma(h)$, semivaryans; $N(h)$ h, mesafe ile ayrılan örnek çiftlerinin sayısı; $Z(x_i)$, bakılan ölçüm değerinin i noktasındaki değeri ve $Z(x_i + h)$ bakılan ölçüm değerinin (i+h) noktasındaki değeridir. Semivariogram her bir mesafe değeri ve diğer değerlerin varyansı ile h arasındaki bağlantının uzaysal dağılımını ve grafik olarak tanımlamamızı sağlamaktadır. Warrick, A.W., Myers, D.E. and Nielsen, D.E., (1986), Journal, A.G., Ch. J. Huijbregts, (1978), Ongun, A.R., (2008).

Daha sonra ki işlem ise seçilen semivariogram modelleri ile Kriging haritalaması yapılmıştır. Kriging yöntemi birbiri ile bağlantılı olan verilerin tahmin haritalarını oluşturmak için en uygun yöntemdir. Matematiksel olarak;

$$Z(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (\text{Eş.8})$$

eşitlikte; $Z(x_0)$, değeri bilinmeyen ve (x_0) noktasında tahmin edilecek değeri; $Z(x_i)$ ise (x_0) noktası tahmini için kullanılacak komşu değeridir; λ_i ise bu veriler için ağırlık değerleridir.

2.5.5. Kriging Haritalarının Çizimi ve Analizi

Labaratuvarıda yapılan bor analizlerinin sonuçları klasik istatistikte kullanmak ve kriging haritalarını oluşturmak için Ecxell proğramına geçilmiş ve Anova ile ArcGIS 10.4 proğramından faydalanılmıştır. Sonuçların minimum ve maksimum değerleri, ortalaması ve standart sapması belirlenmiştir.

Çalışma alanında, toprakların nerede, hangi düzeyde ve hangi bor sınıfında olduğunu belirleyebilmek için laboratuvarıda yapılan analizler sonucu elde edilen değerler yardımıyla bor haritaları çizilmiştir. Ayrıca çalışma alanının EC dağılım haritası da çıkarılmıştır. Bu haritaların çiziminde ArcGIS 10.4 Yazılımı Geostatistical Analyst Tolls, Spatial Analyst Tools kullanılmıştır.

3. BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Çalışma Alanının Bor Durumunun Belirlenmesi

Çalışma alanında farklı 3 derinlik için 400 toprak örneğinde bor ölçümüne ait tanımlayıcı istatistikler; ortalama en yüksek çözülebilir bor miktarı (B), ölçüm değerlerinin ortalaması (SD), varyans katsayısı (CV), en düşük (min.), en yüksek (max.), çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) değerleri hesaplanıp Tablo3.1'de verilmiştir.

Araştırma alanında ortalama en yüksek çözülebilir bor miktarı 0-30 cm derinliğinde belirlenmiş olup ($40,8 \text{ mg kg}^{-1}$), 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri içinse sırasıyla $35,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ve $29,6 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dir. Bor'un bitkiler için toksik düzeyini 5 mg kg^{-1} olarak ifade etmiştir (Kelling et al., 2010). Bununla birlikte $0,6$ ve 5 mg kg^{-1} bor düzeyini yüksek ve toksik düzeyler olarak ifade edilmektedir. (Brady and Weil (2002). Araştırma alanı elde edilen değerler göz önüne alındığında Bor-toksisite riskinin yüksek olduğu görülmektedir.

Standart sapmanın her ölçüm derinliği için ortalamanın çok üzerinde olduğu belirlenmiştir. Varyasyon katsayısı değişkenin araştırma alanı içerisinde değişiminin büyüklüğünü gösteren önemli bir parametredir. Varyasyon katsayısı en yüksek 30-60 cm derinliğinde (%255) olarak hesaplanmıştır. 0-30 ve 60-90 cm ise varyasyon katsayısı sırasıyla 217% ve 194%'dir. Yates and Warrick (2002)'e göre varyasyon katsayısı $\leq 15\%$ ise düşük, $\geq 35\%$ ise yüksek ve 15%-35% arasında orta değişkenliğin bir göstergesidir. Bu sınıflandırma ışığında araştırma alanı içinde bor içeriğinin yüksek değişkenlik gösterdiği ifade edilebilir.

Bor verileri her üç derinlik için verilen çarpıklık ve basıklık katsayılarından da görüldüğü üzere normal dağılımdan sapmaktadır. Bundan dolayı verilere log-transform

uygulanmış, jeoistatistik istatistik analizler ve klasik analizler log-transform veriler üzerinden yapılmıştır. Toprak örneklerinde her üç derinliğe bağlı bor konsantrasyonundaki değişim ANOVA ile test edilmiştir. Her üç derinlik içinde varyansın değişimi istatistiksel açıdan önemlidir. Araştırma alanı içerisinde toprak örneklemeleri yaz mevsimi içerisinde başlamış ve tamamlanmıştır. Bitki su tüketiminin yüksek olduğu yaz aylarında Orta Anadolu'da karasal iklim koşullarında sulamaya bağlı olarak taban suyunun yükselmesi veya kapilarite ile taban suyunun toprak yüzeyine ulaşması ve yoğun evapotranspirasyon çözünebilir bor miktarının yüzeyde çoğalmasının en önemli nedeni sayılabilir.

Ardahanlı oğlu et al., (2003) Iğdır ovasında 1000 x 1000 m aralıklarla belirledikleri araştırma alanında 100 x100 m örnekleme aralığı ile çözünebilir bor miktarını değerlendirmişlerdir. Bor miktarını 0-30 cm'de 11.0 gr kg⁻¹, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerde ise çözünebilir bor miktarını sırasıyla 10.8 ve 10.4 gr kg⁻¹ belirlemişlerdir. Derinlere inildikçe bor konsantrasyonunda bir azalma gözlemlemişlerdir. Bu çalışmada farklı derinlikler için ölçülen bor miktarı bizim sonuçlarımızdan üç, dört kat daha düşüktür. İki araştırma arasındaki diğer önemli farklılık ise varyasyon katsayısı bizim sonuçlarımızda çok yüksek olmasıdır. Araştırma alanımıza çok yakın olan Niğde'de yaptıkları çalışmada 0-30 cm için ölçtükleri ortalama bor konsantrasyonunu 48 mg kg⁻¹ olarak bulmuşlardır (Budak ve Gunal (2015). Nil Deltası'nda yürütülen bir çalışmada farklı derinliğe ait toprak örneklerinde bor miktarı 2.4-52 mg kg⁻¹ arasında olduğu ifade edilmiştir. Bazı toprak profillerinde derinlikle bor konsantrasyonunun arttığını gözlemişlerdir (Elbehiry et al., 2017).

Tablo 3.1. Bor içeriği ve DUNCAN için Tanımlayıcı İstatistikler (D1=0-30 cm, n=142, D2=30-60 cm, n=136, D3=60-90 cm, n=142)

Derinlik	Bor	SD	CV	Min	Max	Çarpıklık	Basıklık
D1	40,8a**	88,9	217	0,20	590	3,52	13,73
D1*	2,23	1,67	75	-1,61	6,38	0,49	-0,39
D2	35,7a	69,4	194	0,04	420	3,08	10,51
D2*	2,1	1,76	84	-3,22	6,04	0,15	-0,30
D3	29,6b	75,5	255	0,50	701	6,31	49,28
D3*	2,2	1,44	65,4	-0,69	6,55	0,58	-0,05

*, log-transform yapılmış veri, CV; varyans katsayısı (%), **, DUNCAN testi

Bor ile EC ve pH arasındaki ilişki Tablo 3.2'de verilmiştir. EC ve pH ile çözünebilir bor miktarı arasında anlamlı ilişki gözlenmiştir ($p < 0,01$). EC ve pH ile sırasıyla pozitif ilişki belirlenmiştir. ($r = 0.460$, $r = 0.253$). Goldberg (1997) tuzlu topraklarda Bor Konsantrasyonun yüksek seviyelere ulaşabileceğini ifade etmiştir. Goldberg (1997), Kabata-Pendias (2011) ve Elbehiry et al., (2017) yarayışlı Bor miktarı ile pH arasında negatif bir ilişki olduğunu ifade etmelerine rağmen bizim çalışmamız da B ve pH arasında pozitif bir ilişki vardır.

Tablo 3.2. Bor ile EC ve pH Arasındaki Korelasyon

	EC	pH
Bor	0.460**	0.253**

**; $p < 0,01$

3.2. Jeostatistik Analizler

Develi ovasında bulunan çalışma alanında farklı derinliklere ait bor içeriğine ait variogram parametreleri Tablo 3.3'de modeli ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

Çalışma döneminde incelenen bor parametresi küresel model ile modellenmiştir. Her değişken bir miktar külçe etkisi göstermiştir. Araştırma alanının çok büyük olması ve örnekleme aralığının geniş belirlenmesi, örnekleme hatası ve laboratuvar analizlerinde oluşabilecek hatalar külçe etkisi gözlenmesinin muhtemel nedenlerinden sayılabilir.

Örnekleme noktaları arasında açıklanamayan varyansı ifaden eden Co/Co+C oranı en yüksek 0-30 cm de %45, en düşük ise 30-60 cm de %10 hesaplanmıştır. Veri setindeki bu oran bağımlılığın yüzey toprağında azaldığı ve derin örnekleme noktalarında arttığı görülmektedir. Derinlik arttıkça çözünebilir bor miktarı artmaktadır. Develi Ovası'nda sulama döneminin başlaması ile taban suyu yükselmekte ve evapotranspirasyonun artmasına bağlı olarak alt toprak katında birikmiş olan bor yüzeye doğru hareket etmekte ve toprak yüzeyde birikmektedir. 0-30 cm derinlik için bor konumsal dağılımı incelendiğinde; alt toprak katına göre yarı çapı daha geniş bir alanda mekansal korelasyon gösterdiği görülmektedir. Bu nedenle de örnekleme noktaları arasındaki bağımlılık azalmaktadır. Sulama mevsiminin sona ermesi ve evapotranspirasyonun

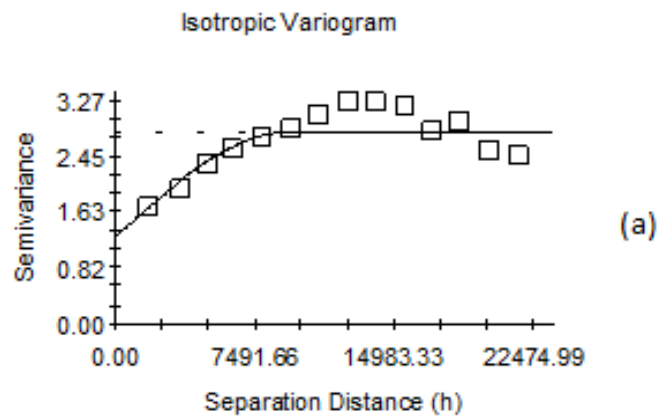
azalmasını takiben tekrar eski bölgesine yıkanan bor, daha küçük yarı çapa sahip mekansal korelasyon ve daha yüksek mekânsal bağımlılık göstermektedir.

Tablo 3.3. Her Toprak Derinliği için Variogram Parametreleri (D1 n=142, D2 n=136, D3 n=142)

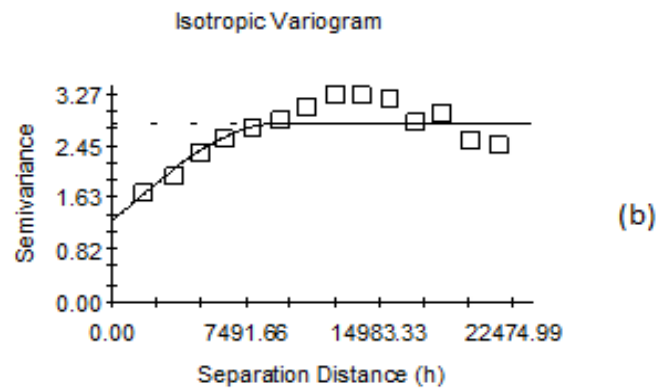
Deinlik	Model	Külçe etkisi (Co)	Sill (Co+C)	C ₀ /C ₀ +C (%)	h (m)
D1(0-30 cm)	Küresel	1,259	2.812	45	9411
D2(30-60 cm)	Küresel	0,309	3,142	10	8930
D3(60-90 cm)	Küresel	0,249	2.079	12	7415

Variogramın ulaştığı maksimum uzaklığı ifade eden h; en yüksek 9411 m ile 0-30 cm derinlik için, en düşük 7415 m ile 60-90 cm derinlik için bulunmuştur. Abaloğlu et al., (2003) 100x100 m örnekleme deseni için 560 ve 600 m aralığında belirlemişler ve teorik model olarak küresel modeli kullanmışlardır. Budak ve Gunal (2015) ise Niğde’de 2656 ha alanda 0-30 cm toprak derinliğinden 400x400 m aralıklarla örnekleme yaparak yürüttükleri çalışmada konumsal ilişkiyi 1600 m hesaplamışlardır. Yapılan her iki çalışmada da Bor’un yüksek konumsal ilişki göstermesi yüksek EC ve pH ile ilişkilendirilmiştir. Bizim araştırma alanı içinde konumsal korelasyonu belirleyen en önemli faktörler ise B ile yüksek korelasyon gösteren EC ve pH’dır. Muhtemel Bor ile yüksek korelasyon gösteren faktörler arasında SAR’da vardır.

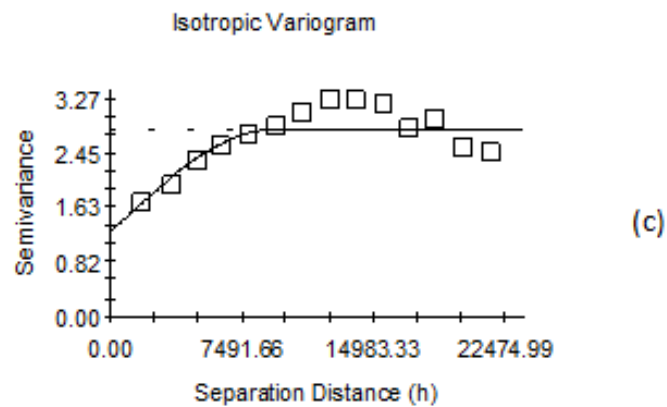
Yapılan ölçümlerin samivariogram’ın anlamlı şekilde artarak ulaştığı maksimum değer (sill) 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için sırası ile 2.812, 3.142 ve 2.079 olarak belirlenmiştir. Ayrıca veri setinin r^2 değeri 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için sırası ile 0.746, 0.957 ve 0.889 olmuştur (Şekil 3.1).



Spherical model ($C_0 = 1.259$; $C_0 + C = 2.812$; $A_0 = 9411.01$; $r^2 = 0.746$; $RSS = 0.845$)



Spherical model ($C_0 = 1.259$; $C_0 + C = 2.812$; $A_0 = 9411.01$; $r^2 = 0.746$; $RSS = 0.845$)

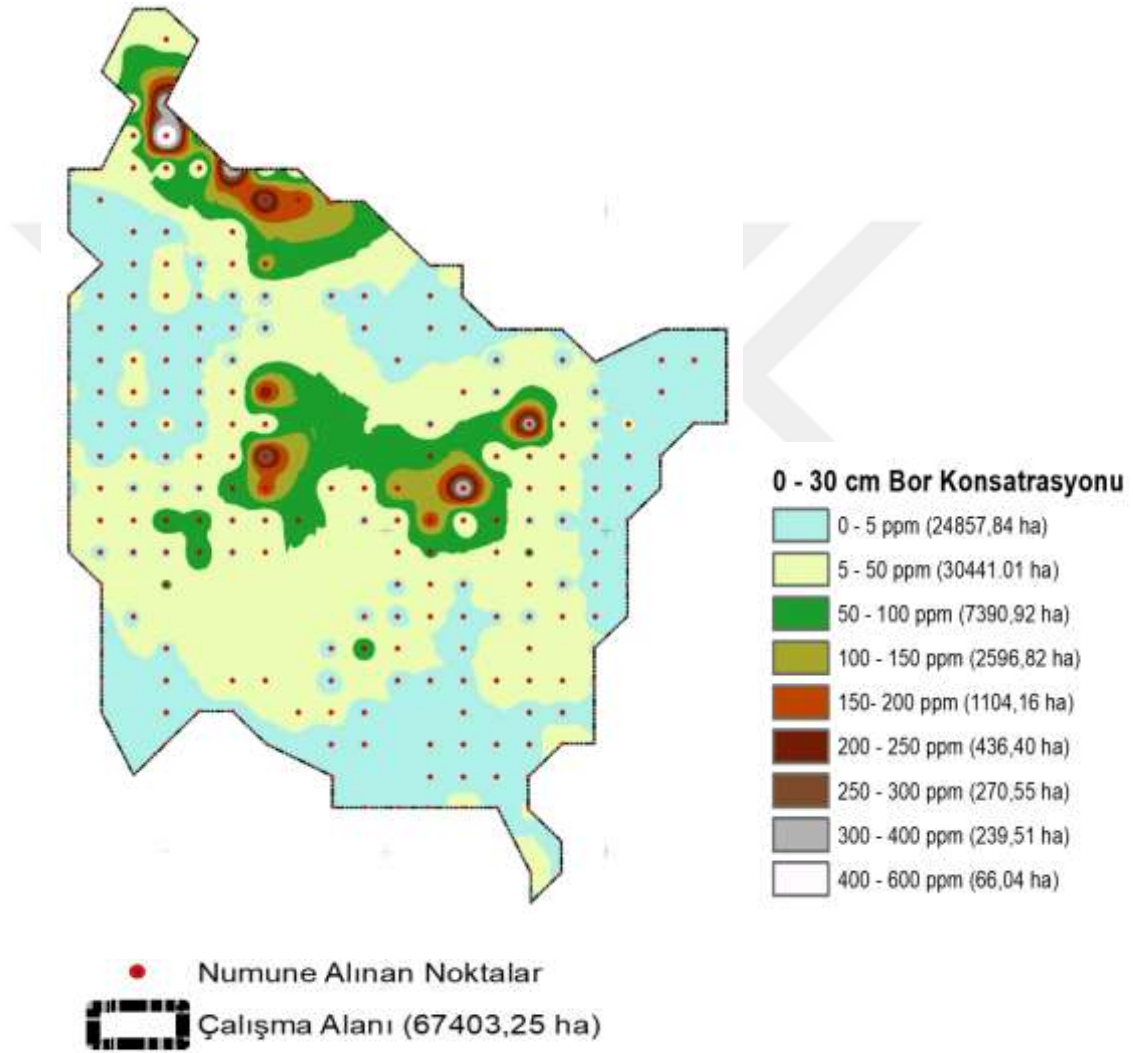


Spherical model ($C_0 = 1.259$; $C_0 + C = 2.812$; $A_0 = 9411.01$; $r^2 = 0.746$; $RSS = 0.845$)

Şekil 3.1. Farklı Derinliklere ait Bor Variogram Modelleri
(a:0-30 cm, b:30-60 cm, c:60-90 cm)

3.3. Araştırma Alanı Topraklardaki Bor Konsantrasyonunun 0-30 cm Derinlik için Alansal Dağılımı

Araştırma alanı topraklarının 0-30 cm derinliğindeki toprak profili için bor konsantrasyonunun alansal değişimi Şekil 3.2'de gösterilmiş ayrıca sonuçlarının özeti ise Tablo 3.4 de verilmiştir.



Şekil 3.2. Develi Ovası 0-30 cm Derinlik için Bor Dağılım Haritası

Tablo 3.4. Araştırma Alanı Topraklarının 0-30 cm için Bor Konsantrasyonu Tarafından
Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı

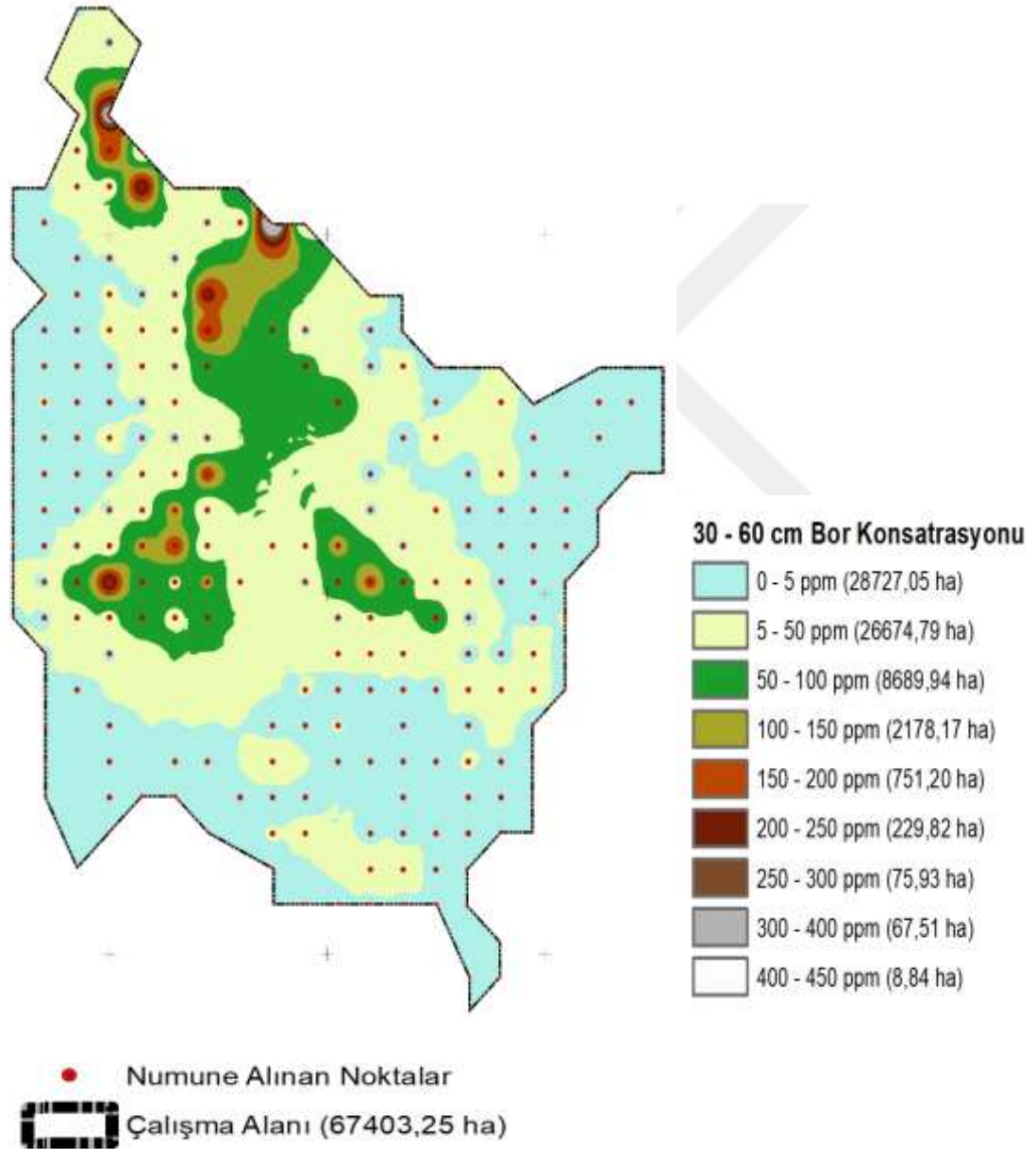
0-30 cm Bor Konsantrasyonu (ppm)	Alan (ha)	Yüzde Oranı (%)
0-5	24 857.84	36.88
5-50	30 441.01	45.16
50-100	7 390.92	10.97
100-150	2 596.82	3.85
150-200	1 104.16	1.64
200-250	436.40	0.65
250-300	270.55	0.40
300-400	239.51	0.36
400-600	66.04	0.10
Toplam	67 403.25	100.00

Toplam araştırma alanı 67 403,25 ha hesaplanmış olup araştırma alanı topraklarında 0-30 cm derinlik için çizilen bor alansal dağılım haritası ve Tablo 3.4 incelendiğinde örneklenen alanın 24 857,84 ha yani %36,88'i 0-5 ppm arasında, çalışma alanının 42 545,41 ha yani %63,12'i ise 5-600 ppm arasında bor konsantrasyonunun olduğu belirlenmiştir. 0-30 cm derinlik için bor konsantrasyonu minimum 0-5 ppm arası, maksimum ise 400-600 ppm arası bulunmuştur.

Araştırma alanındaki topraklar da Tablo 3.1 de görüldüğü üzere 0-30 cm derinlik için ortalama bor değeri 40,08 mg kg⁻¹ bulunmuştur.

3.4. Araştırma Alanı Topraklardaki Bor Konsantrasyonunun 30-60 cm Derinlik için Alansal Dağılımı

Araştırma alanı topraklarının 30-60 cm derinliğindeki toprak profili için bor konsantrasyonunun alansal değişimi Şekil 3.3'de gösterilmiş ayrıca sonuçlarının ise özeti Tablo 3.5 'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Develi Ovası 30-60 cm Derinlik için Bor Dağılım Haritası

Tablo 3.5. Araştırma Alanı Topraklarının 30-60 cm için Bor Konsantrasyonu
Taraından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı

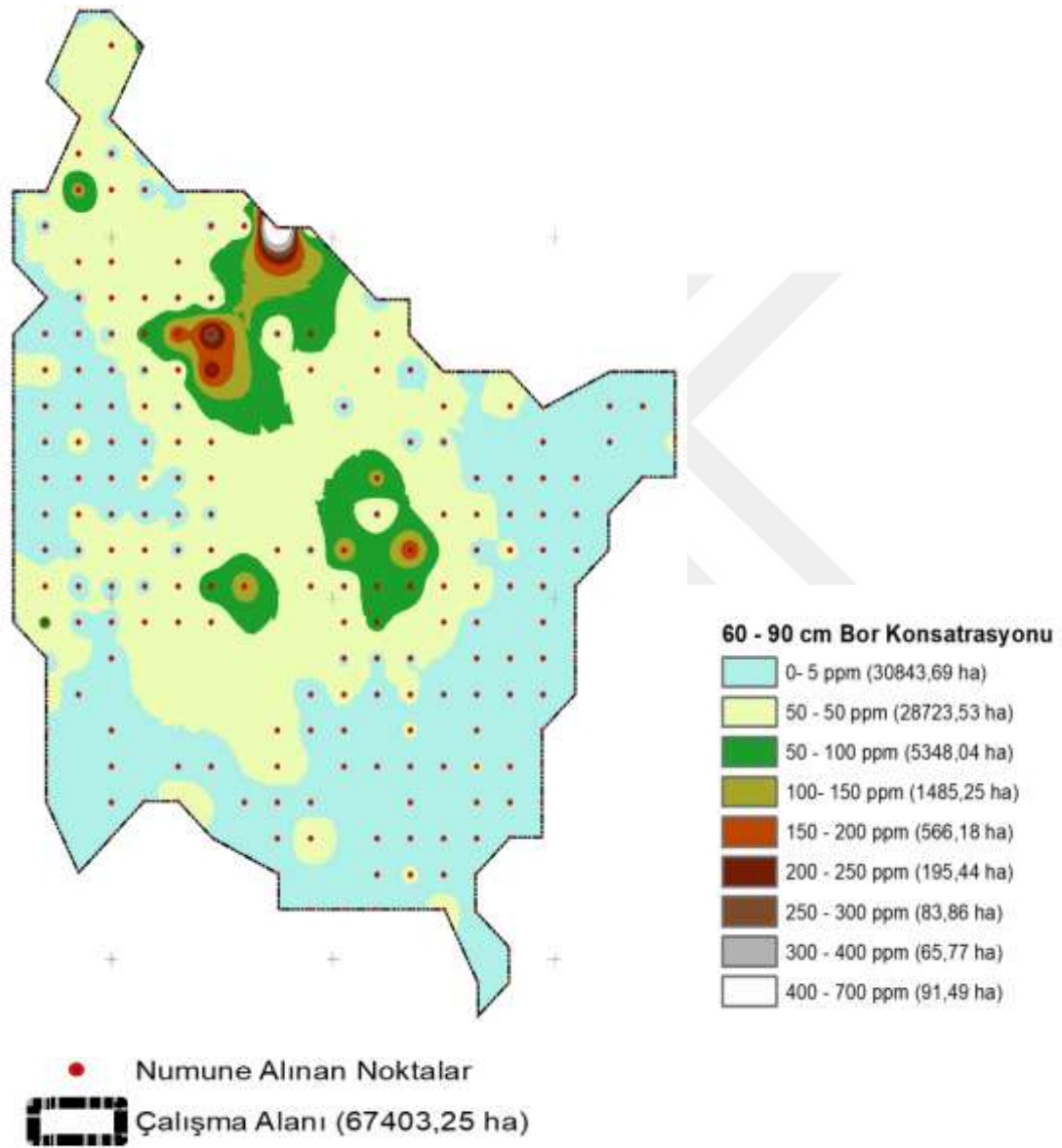
30-60 cm Bor Konsantrasyonu (ppm)	Alan (ha)	Yüzde Oranı (%)
0-5	28 727.05	42.62
5-50	26 674.79	39.57
50-100	8 689.94	12.89
100-150	2 178.17	3.23
150-200	751.20	1.11
200-250	229.82	0.34
250-300	75.93	0.11
300-400	67.51	0.10
400-450	8.84	0.01
Toplam	67 403.25	100.00

Araştırma alanı topraklarının 30-60 cm derinlik için çizilen bor dağılım haritası ve Tablo 3.5 incelendiğinde örneklenen alanın 28 727,05 ha yani % 42,62'si 0-5 ppm arasında bor konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir. Çalışma alanının 38 676,20 ha yani %57,38'i ise 5-450 ppm olduğu belirlenmiştir. En düşük 0-5, en yüksek 400-450 ppm aralıklarında bor konsantrasyonu hesaplanmıştır.

Araştırma alanındaki topraklar da Tablo 3.1. de görüldüğü üzere 30-60 cm derinlik için ortalama bor değeri 35,7 mg kg⁻¹ bulunmuştur.

3.5. Araştırma Alanı Topraklardaki Bor Konsantrasyonunun 60-90 cm Derinlik için Alansal Dağılımı

Araştırma alanı 60-90 cm derinliğindeki toprak profili için bor konsantrasyonunun alansal değişimi Şekil 3.4'de gösterilmiş ayrıca sonuçlarının özeti ise Tablo 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.4. Develi Ovası 60-90 cm Derinlik için Bor Dağılım Haritası

Tablo 3.6. Araştırma Alanı Topraklarının 60-90 cm için Bor Konsantrasyonu
Taraından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı

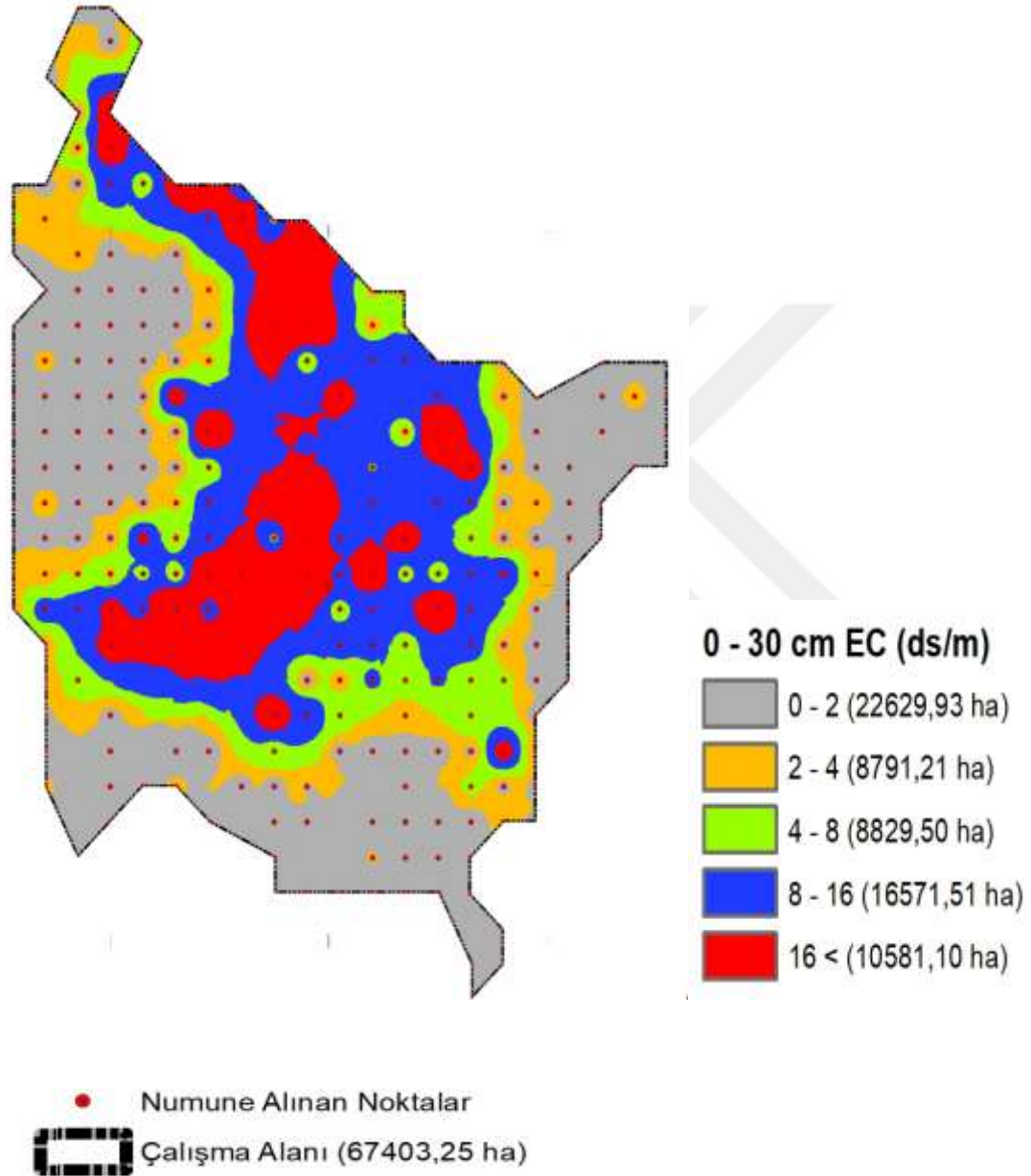
60-90 cm Bor Konsantrasyonu (ppm)	Alan (ha)	Yüzde Oranı (%)
0-5	30 843.69	45.71
5-50	28 723.53	42.57
50-100	5 348.04	7.93
100-150	1 485.25	2.20
150-200	566.18	0.84
200-250	267.80	0.40
250-300	83.86	0.12
300-400	65.77	0.10
400-700	91.49	0.14
Toplam	67 403,25	100.00

Araştırma alanı topraklarının 60-90 cm derinlik için çizilen Bor haritası ve Tablo 3.6 incelendiğinde örneklenen alanın 30 843.69 ha yani %45,71'i 0-5 ppm arasında bor konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir. Çalışma alanının 36 559,56 ha yani %54,29'u ise 5-700 ppm arasında olduğu belirlenmiştir. En düşük 0-5 ppm, en yüksek 400-700 ppm aralıklarında bor konsantrasyonu olduğu görülmüştür.

Araştırma alanındaki topraklar da Tablo 3.1. de görüldüğü üzere 60-90 cm derinlik için ortalama bor değeri 29,6 mg kg⁻¹ bulunmuştur.

3.6. Araştırma Alanı Topraklarının 0-30 cm için EC'ye Göre Alansal Dağılımı

Araştırma alanı topraklarının 0-30 cm derinliğindeki toprak profili için elektiriksel iletkenliğin alansal değişimi Şekil 3,5'de gösterilmiş ayrıca sonuçlarının özeti ise Tablo 3,7'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Develi Ovası 0-30 cm Derinlik için EC Dağılım Haritası

Tablo 3.7. Araştırma Alanı Topraklarının 0-30 cm için EC Sınıfları Tarafından
Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı

0-30 cm derinlik için EC aralığı (dS/m)	Alan (ha)	Yüzde Oranı (%)
0-2	22 629.93	33.57
2-4	8 791.21	13.04
4-8	8 829.50	13.10
8-16	16 571.51	24.59
16>	10 581.10	15.70
Toplam	67 403.25	100.00

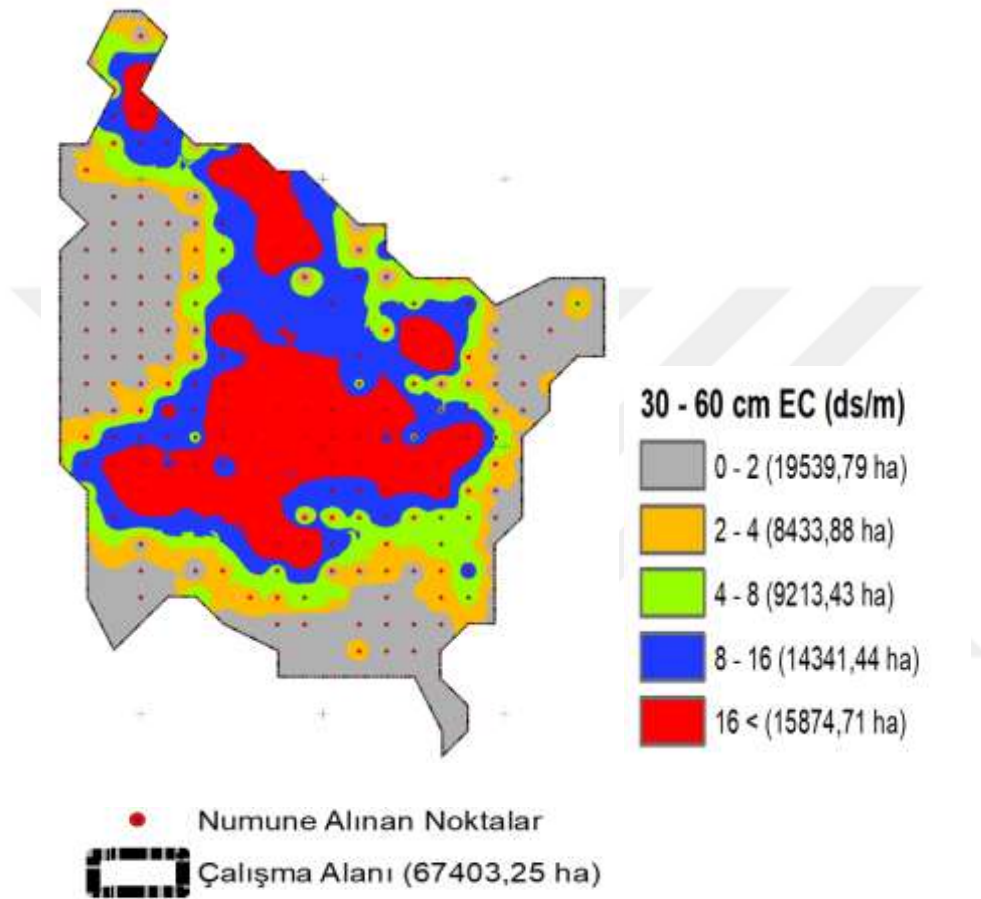
Araştırma alanı toprakları 0-30 cm derinlik için oluşturulan EC haritası ve Tablo 3.7 incelendiğinde örneklenen alanın % 33,57'nin 0-2 dS/m arasında tuzluluğa sahip olduğu ve alan olarak 22 629,93 ha belirlenmiştir.

2-4 dS/m arasında tuzluluğa sahip alanlar % 13,04 olup 8791,21 ha, 4-8 dS/m arasında tuzluluğa sahip alanlar % 13,10 olup 8 829,50 ha, 8-16 dS/m arasında tuzluluğa sahip alanlar % 24,59 olup 16 571,51 ha ve 16> dS/m arasında tuzluluğa sahip alanlar % 15,70 olduğu alanının ise 10 581,10 ha olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki toprakların 0-30 cm derinliği için % 66,43'inin yani 44 773,32 ha'lık alanın tuzluluk sınır değeri olan 4 dS/m'den daha fazla olduğu görülmektedir.

3.7. Araştırma Alanı Topraklarının 30-60 cm için EC'ye Göre Alansal Dağılımı

Araştırma alanı topraklarının 30-60 cm derinliğindeki toprak profili için elektiriksel iletkenliğin alansal değişimi Şekil 3.6'da gösterilmiş ayrıca sonuçlarının özeti ise Tablo 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Develi Ovası 30-60 cm Derinlik için EC Dağılım Haritası

Tablo 3.8. Araştırma Alanı Topraklarının 30-60 cm için EC Sınıfları Tarafından Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı

30-60 cm derinlik için EC aralığı (dS/m)	Alan (ha)	Yüzde Oranı (%)
0-2	19 539,79	28,99
2-4	8 433,88	12,51
4-8	9 213,43	13,67
8-16	14 341,44	21,28
16>	15 874,71	23,55
Toplam	67 403,25	100,00

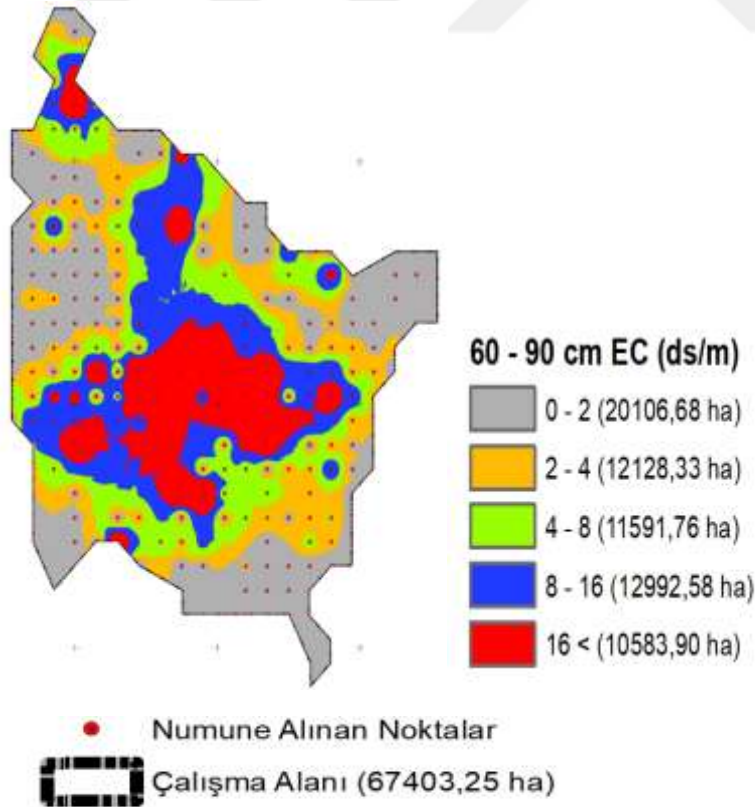
Araştırma alanında 30-60 cm toprak derinliği için oluşturulan EC haritası ve Tablo 3.8 incelendiğinde de araştırma alanının 19 539,79 ha'ın yani %28,99'unun 0-2 dS/m arasında tuzluluğa sahip olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanının %12,51'i yani 8 433,88ha alanın 2-4 dS/m arasında, %13,67'si yani 9 213,43 ha alanın 4-8 dS/m arasında, %21,28'i yani 14 341,44ha alanın 8-16 dS/m arasında ve %23,55'inin 15 874,71 ha'ın ise 16> dS/m tuzluluğa sahip alanlar olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki toprakların 30-60 cm derinliği için %71,01'inin yani 47 863,46ha'lık alanın tuzluluk sınır değeri olan 4 dS/m'den daha fazla olduğu görülmektedir.

3.8. Araştırma Alanı Topraklarının 60-90 cm için EC'ye Göre Alansal Dağılımı

Araştırma alanı 60-90 cm derinliğindeki toprak profili için elektiriksel iletkenliğin alansal değişimi Şekil 3.7'de gösterilmiş ayrıca sonuçlarının özeti ise Tablo 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.7. Develi Ovası 60-90 cm Derinlik için EC Dağılım Haritası

Tablo 3.9. Araştırma Alanı Topraklarının 60-90 cm için EC Sınıfları Tarafından
Kaplanan Alan ve Yüzde Oranı

60-90 cm derinlik için EC aralığı (dS/m)	Alan (ha)	Yüzde Oranı (%)
0-2	20 106,68	29,83
2-4	12 128,33	17,99
4-8	11 591,76	17,20
8-16	12 992,58	19,28
16<	10 583,90	15,70
Toplam	67 403,25	100,00

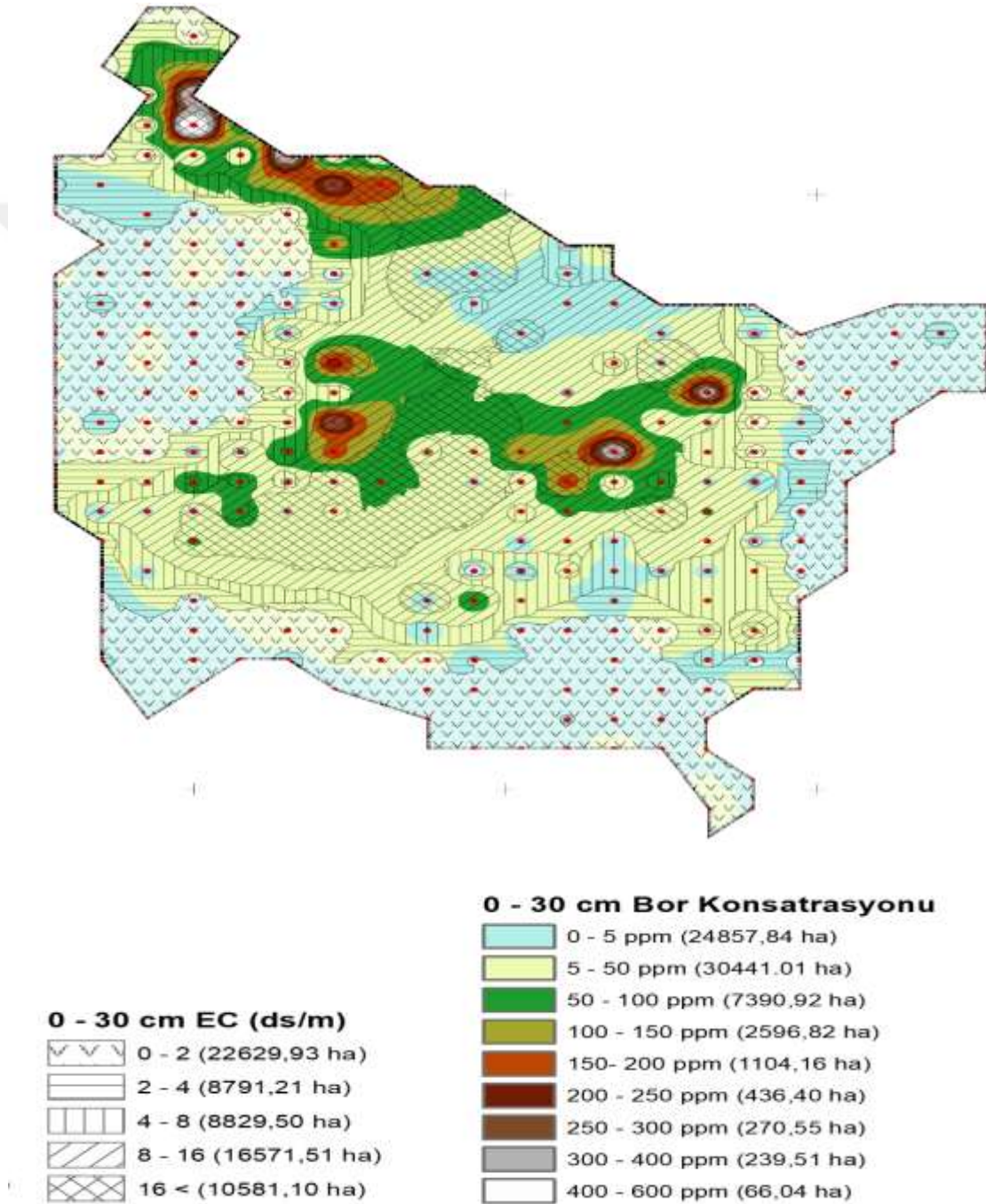
Araştırma alanında 60-90 cm toprak derinliği için oluşturulan EC haritası ve Tablo 3.9 incelendiği zaman araştırma alanının 20 106,68 ha'nın yani %29,83'ünün 0-2 dS/m arasında tuzluluğa sahip olduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanının %17,99'i yani 12 128,33ha alanın 2-4 dS/m aralığında, %17,20'si yani 11 591,76 ha alanın 4-8 dS/m arasında, %19,28'i yani 12 992,58 ha alanın 8-16 dS/m arasında ve %15,70'inin 10 583,90 ha'nın ise 16> dS/m tuzluluğa sahip alanlar olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki toprakların 60-90 cm derinliği için %70,17'sinin yani 47 296,57 ha'lık alanın tuzluluk sınır değeri olan 4 dS/m'den daha fazla olduğu görülmektedir.

3.9. Araştırma Alanı 0-30 cm Derinlik için Bor'un EC ile Alansal Dağılımının Karşılaştırılması

Araştırma alanı topraklarının 0-30 cm derinliğindeki toprak profili için Bor konsantrasyonunun EC'ye bağımlı olarak alansal değişimi Şekil 3.8'de gösterilmiş ayrıca sonuçlarının özeti ise Tablo 3.10'da verilmiştir



Şekil 3.8. 0-30 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılmış Haritası

Tablo 3.10. 0-30 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılması

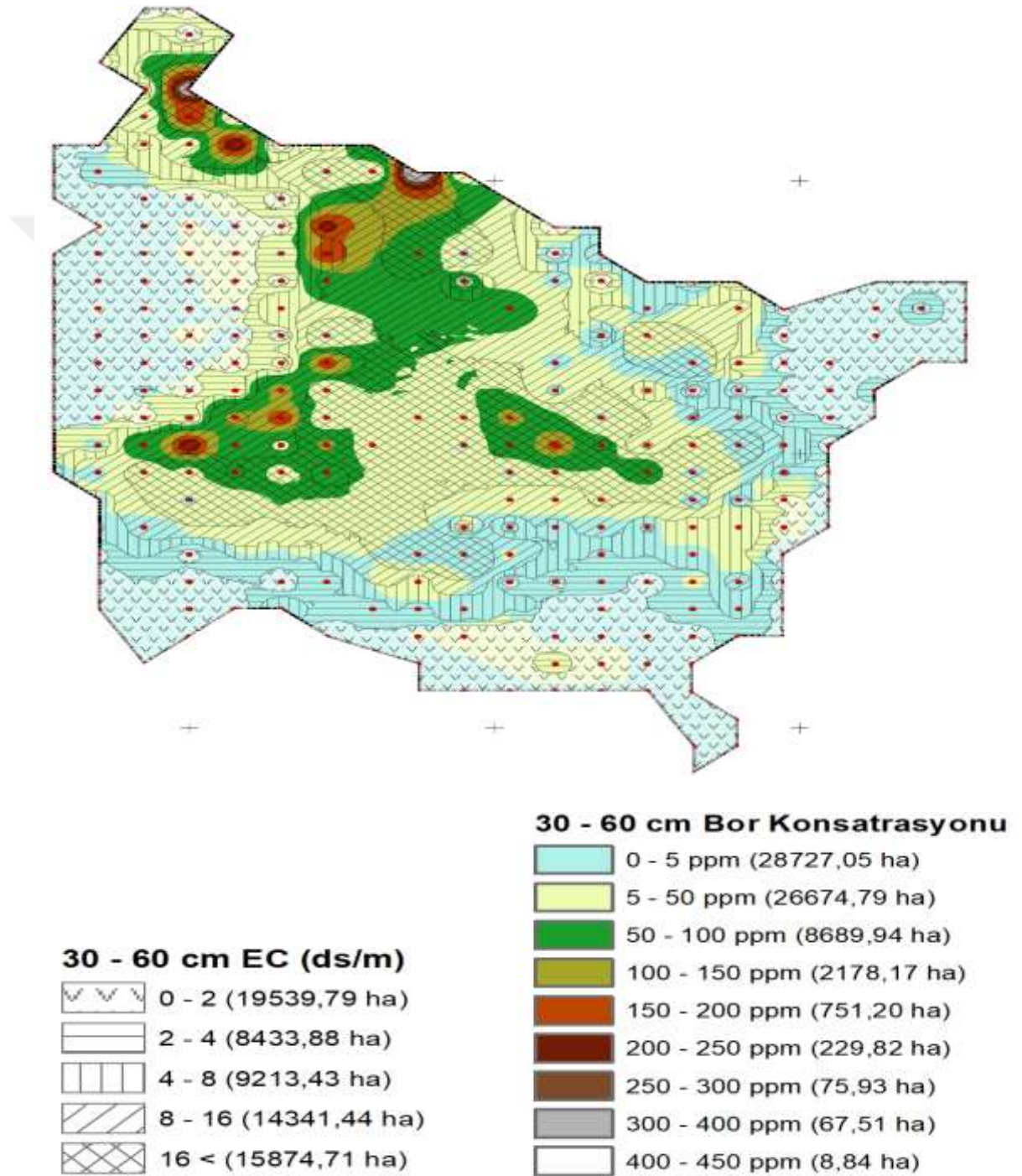
Bor (ppm)	EC (dS/m)					Toplam
	0-2 (dS/m)	2-4 (dS/m)	4-8 (dS/m)	8-16 (dS/m)	16< (dS/m)	
0-5	17593,38	3290,42	1237,77	1956,43	779,84	24857,84
5-50	5034,60	5204,23	6137,17	8681,01	5384,00	30441,01
50-100	1,95	247,71	1362,36	3326,99	2451,91	7390,92
100-150		48,85	85,19	1659,39	803,39	2596,82
150-200			7,01	653,19	443,96	1104,16
200-250				217,67	218,73	436,40
250-300				70,53	200,02	270,55
300-400				6,30	233,21	239,51
400-600					66,04	66,04
Toplam	22629,93	8791,21	8829,50	16571,51	10581,10	67403,25ha

Araştırma alanındaki 0-30 cm toprak derinliği için Bor'un EC'ye göre alansal dağılımının karşılaştırıldığı Tablo 3.10 incelendiğinde 0-2 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-100 ppm arasında bor görüldüğü, 2-4 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-150 ppm aralığında bor görüldüğü, 4-8 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-200 ppm aralığında bor görüldüğü, 8-16 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-400 ppm aralığında bor görüldüğü, 16 dS/m < tuzluluk görülen topraklarda 0-600 ppm aralığında bor görüldüğü belirlenmiştir. Bu çalışmada toprakta EC arttıkça Bor konsantrasyonunun da arttığı görülmüştür.

Kısaca Develi Ovası araştırma alanı topraklarının tuzluluk sınıfı 0-2 dS/m arasında olduğu zaman Bor 0-100 ppm arasında görülmekte iken, tuzluluk sınıfı artarak 16 dS/m üzerine çıktığında ise Bor da yükselerek 600 ppm'e kadar çıktığı görülmektedir. 0-30 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırıldığı elektiriksel iletkenlik arttıkça bor konsantrasyonunun arttığı görülmektedir.

3.10. Araştırma Alanı 30-60 cm Derinlik için Bor'un EC ile Alansal Dağılımının Karşılaştırılması

Araştırma alanı topraklarının 30-60 cm derinliğindeki toprak profili için Bor konsantrasyonunun EC'ye bağımlı olarak alansal değişimi Şekil 3.9'da gösterilmiş ayrıca sonuçlarının özeti ise Tablo 3.11'de verilmiştir



Şekil 3.9. 30-60 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılmış Haritası

Tablo 3.11. 30-60 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılması

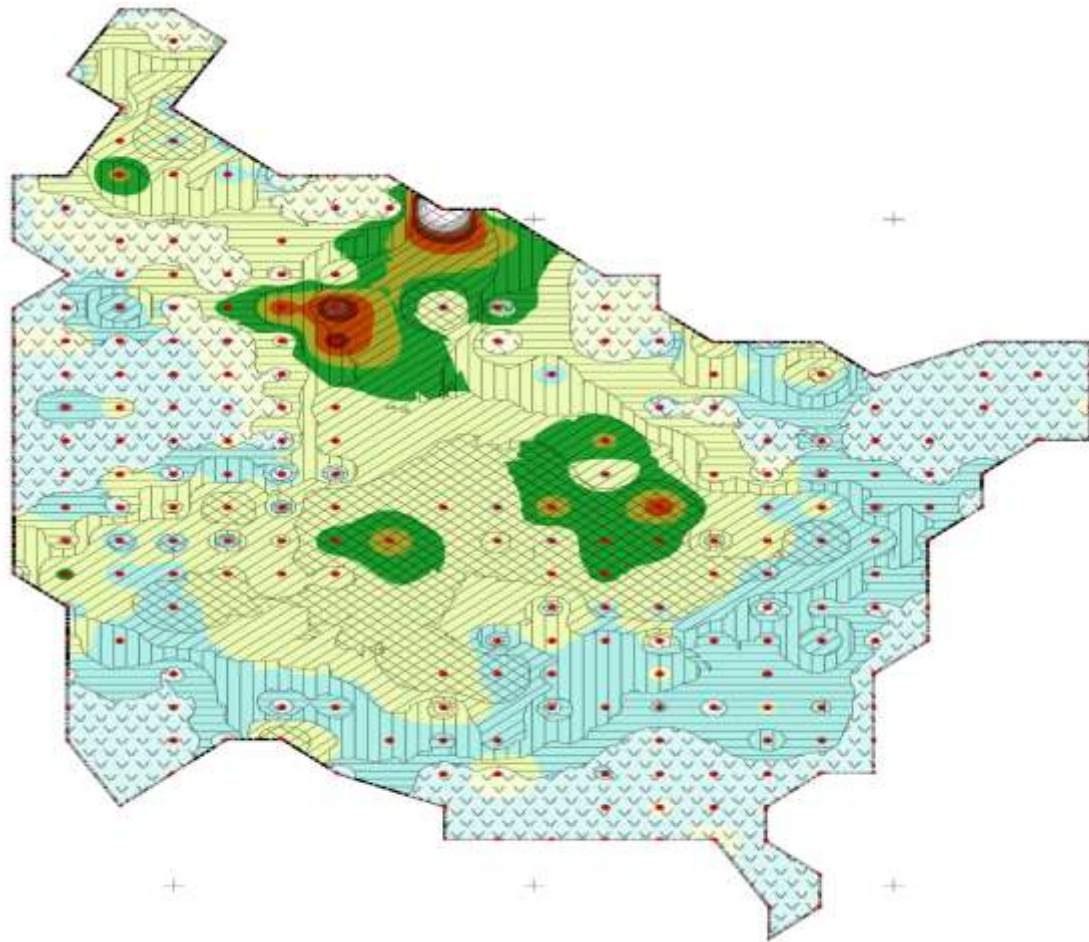
Bor (ppm)	EC (dS/m)					Toplam
	0-2 (dS/m)	2-4 (dS/m)	4-8 (dS/m)	8-16 (dS/m)	16< (dS/m)	
0-5	15718.02	5148.39	4260.33	2200.26	1400.05	28727.05
5-50	3792.20	3225.55	4088.85	6612.65	8955.54	26674.79
50-100	29.57	59.94	627.75	3950.42	4022.26	8689.94
100-150			119.84	1107.12	951.21	2178.17
150-200			105.89	350.75	294.56	751.20
200-250			10.77	109.96	109.09	229.82
250-300				10.28	65.65	75.93
300-400					67.51	67.51
400-450					8.84	8.84
Toplam	19539.79	8433.88	9213.43	14341.44	15874.71	67403.25

Araştırma alanındaki 30-60 cm toprak derinliği için Bor'un EC'ye göre alansal dağılımının karşılaştırıldığı Tablo 3.11 incelendiğinde 0-4 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-100 ppm arasında bor görüldüğü, 4-8 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-250 ppm aralığında bor görüldüğü, 8-16 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-300 ppm aralığında bor görüldüğü, 16 dS/m < tuzluluk görülen topraklarda 0-450 ppm aralığında bor görüldüğü belirlenmiştir. Bu çalışmada çalışma alanındaki toprakta EC arttıkça Bor'unda arttığı görülmüştür.

Kısaca Develi Ovası araştırma alanı topraklarının tuzluluk sınıfı 0-4 dS/m arasında olduğu zaman bor 0-100 ppm arasında görülmekte iken, tuzluluk sınıfı artarak 16 dS/m üzerine çıktığında ise bor da yükselerek 450 ppm'e kadar çıktığı görülmektedir

3.11. Araştırma Alanı 60-90 cm Derinlik için Bor'un EC ile Alansal Dağılımının Karşılaştırılması

Araştırma alanı topraklarının 60-90 cm derinliğindeki toprak profili için Bor konsantrasyonunun EC'ye bağımlı olarak alansal değişimi Şekil 3.10'da gösterilmiş ayrıca sonuçlarının özeti ise Tablo 3.12'de verilmiştir



60 - 90 cm EC (ds/m)

	0 - 2 (20106,68 ha)
	2 - 4 (12128,33 ha)
	4 - 8 (11591,76 ha)
	8 - 16 (12992,58 ha)
	16 < (10583,90 ha)

60 - 90 cm Bor Konsatrasyonu

	0- 5 ppm (30843,69 ha)
	50 - 50 ppm (28723,53 ha)
	50 - 100 ppm (5348,04 ha)
	100- 150 ppm (1485,25 ha)
	150 - 200 ppm (566,18 ha)
	200 - 250 ppm (195,44 ha)
	250 - 300 ppm (83,86 ha)
	300 - 400 ppm (65,77 ha)
	400 - 700 ppm (91,49 ha)

Şekil 3.10. 60-90 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılmış Haritası

Tablo 3.12. 60-90 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırılması

Bor (ppm)	EC (dS/m)					Toplam
	0-2 (dS/m)	2-4 (dS/m)	4-8 (dS/m)	8-16 (dS/m)	16< (dS/m)	
0-5	14822.24	7047.83	5455.02	2271.02	1247.58	30843.69
5-50	5213.33	4604.14	4587.52	7691.42	6627.12	28723.53
50-100	71.11	470.96	994.81	1567.75	2243.41	5348.04
100-150		5.40	386.56	749.09	344.20	1485.25
150-200			158.03	355.92	52.23	566.18
200-250			9.82	185.62		195.44
250-300				83.86		83.86
300-400				65.77		65.77
400-700				22.13	69.36	91.49
Toplam	20106.68	12128.33	11591.76	12992.58	10583.90	67403.25 ha

Araştırma alanındaki 60-90 cm toprak derinliği için Bor'un EC'ye göre alansal dağılımının karşılaştırıldığı Tablo 3.12 incelendiğinde 0-2 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-100 ppm arasında bor görüldüğü, 2-4 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-150 ppm aralığında bor görüldüğü, 4-8 dS/m aralığında tuzluluk görülen topraklarda 0-250 ppm aralığında bor görüldüğü, 8-16 dS/m aralığında ve üstünde tuzluluk görülen topraklarda 400-700 ppm aralığında bor görüldüğü, Bu araştırmada çalışma alanındaki toprakta EC arttıkça Bor'unda arttığı görülmüştür.

Kısaca Develi Ovası araştırma alanı topraklarının tuzluluk sınıfı 0-2 dS/m arasında olduğu zaman Bor 0-100 ppm arasında görülmekte iken, tuzluluk sınıfı artarak 8 dS/m üzerine çıktığında ise Bor da yükselerek 700 ppm'e kadar çıktığı görülmektedir.

4. BÖLÜM

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırma alanı 0-30 cm derinlik için çizilen örneklenen alan için sonuçların %36,88'i (5ppm>), %63,12'i ise (5ppm<), 30-60 cm derinlikteki alanın % 42,62'si (5ppm>), %57,38'i ise (5ppm<), 60-90 cm derinlikteki alanın % 45,71'i (5ppm>), %54,29'u ise (5ppm<) bor konsantrasyonuna sahip olduğu görülmektedir. Araştırma alanında derinlik arttıkça bor konsantrasyonunun kapladığı alan azalmaktadır.

0-30 cm derinliği için çalışma alanındaki toprakların % 66,43 ve sırasıyla 30-60cm, 60-90 cm derinlikler için %71,01 ve %70,17'lik bir alanın tuzluluk sınır değeri olan 4 dS/m'den daha fazla olduğu görülmektedir

0-30 cm Derinlik için Bor ve EC'nin Alansal Dağılımının Karşılaştırıldığında; elektiriksel iletkenlik (2 dS/m>) olduğu zaman bor konsantrasyonu (100 ppm>), elektiriksel iletkenlik (16 dS/m<) olduğu zaman bor konsantrasyonu (600 ppm>), 30-60 cm derinlik için ise elektiriksel iletkenlik (4 dS/m>) olduğu zaman bor konsantrasyonu (100 ppm>), elektiriksel iletkenlik (16 dS/m<) olduğu zaman bor konsantrasyonu (450 ppm>), 60-90 cm derinlik için ise elektiriksel iletkenlik (2 dS/m>) olduğu zaman bor konsantrasyonu (100 ppm>), elektiriksel iletkenlik (16 dS/m<) olduğu zaman bor konsantrasyonu (750 ppm>) olduğu görülmektedir. EC ile çözünebilir bor miktarı arasında anlamlı ilişki gözlenmiş ($p<0,01$) ve pozitif ilişki belirlenmiştir. ($r= 0.460$) Bu veriler ışığında çalışma alanında elektiriksel iletkenlik yükseldikçe bor konsantrasyonu yükselmektedir diyebiliriz.

Bu bölge topraklarında tuzluluk üzerine yapılan bir çalışmada tuzluluğun yüksek çıktığı yerlerde bor miktarında yüksek olduğu görülmüştür (İrik H.A. 2013).

Araştırma alanında ortalama en yüksek çözülebilir bor miktarı 0-30 cm derinliğinde belirlenmiş olup ($40,8 \text{ mg kg}^{-1}$), 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri içinse sırasıyla $35,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ve $29,6 \text{ mg kg}^{-1}$ 'dir. En büyük değer 60-90; 701 mg kg^{-1} iken, en düşük değer 30-60; $0,04 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Bu ortalama değerler bor için en yüksek sınır değer olan 5 mg kg^{-1} değerinin çok üzerinde olup bitkiler için toksisite oluşturacak düzeydedir. Bu sonuçlara istinaden derinlik arttıkça bor konsantrasyonu nisbeten azalmaktadır denebilir.

Standart sapma her ölçüm derinliği için ortalamanın çok üzerinde olduğu belirlenmiştir. Varyasyon katsayısı değişkenin araştırma alanı içerisinde değişiminin büyüklüğünü gösteren önemli bir parametredir. Varyans katsayısı en yüksek 30-60 cm derinliğinde (%255) olarak hesaplanmıştır. 0-30 ve 60-90 cm ise varyans katsayısı sırasıyla 217% ve 194%'dir. Yates and Warrick (2002)'e göre varyans katsayısı $\leq 15\%$ ise düşük, $\geq 35\%$ ise yüksek ve 15%-35% arasında orta değişkenliğin bir göstergesidir. Bu sınıflandırma ışığında araştırma alanı içinde bor içeriğinin yüksek değişkenlik gösterdiği ifade edilebilir.

Variogramın ulaştığı maksimum uzaklığı ifade eden h ; en yüksek 9411 m ile 0-30 cm derinlik için, en düşük 7415 m ile 60-90 cm derinlik için bulunmuştur. 30-60 cm için ise 8930 m dir.

Bitki su tüketiminin yüksek olduğu yaz aylarında Orta Anadoluda karasal iklim koşullarında sulamaya bağlı olarak taban suyunun yükselmesi veya kapilarite ile taban suyunun toprak yüzeyine ulaşması ve yoğun evapotranspirasyon çözünebilir bor miktarının yüzeyde çoğalmasının en önemli nedeni sayılabilir.

Araştırma alanı olan Develi Ova toprakları iklim, topoğrafya ve ana materyalin ortak etkisi ile tuz ve bor konsantrasyonu yönünden oldukça zengindir. Yapılan çalışma sonucu Ova'daki çalışma alanı içinde çukur kesimlerde bor konsantrasyonunun toksik düzeyde dağılım desenine sahip olduğu görülmektedir. Fakat rakımın yükseldiği yerlerde neredeyse toksisite sınırı olan 5 mg kg^{-1} değerinin altında konumsal dağılım göstermiştir. Yağışların oluşturduğu yüzey akışı veya toprak profili içerisinde süzülerek çukur yerlere doğru hareket eden su çözünebilir tuzları taşıyarak rakımın düşük olduğu yerlerde yüksek konsantrasyonlara ulaşmasını sağlamaktadır. Yaz mevsiminde sulama kaynaklı taban suyunun yükselmesi veya yoğun evapotranspirasyon ile yukarı doğru

harekat eden çözünebilir tuzlar B'un toksisite sınırının yüksek oranlara çıkmasına neden olabilmektedir.

Yağışın az, buharlaşmanın fazla ve sahadaki drenajların dolu ve yetersiz kalması bor ve tuz konsantrasyonunun yüksek olmasına neden olabilmektedir. Araştırma alanında bor konsantrasyonunu etkileyen en önemli toprak özelliği elektriksel iletkenlik olduğu görülmektedir. Jeostatistiksel yöntemler kullanılarak hazırlanan toprak özelliklerinden EC ve Bor dağılım haritaları tarım için önemli bir rol üstlenmiştir. Örneğin toprak özelliklerinin konumsal değişkenlikleri bu haritalarla rahatlıkla izlenebilmektedir. Bundan dolayı özellikle elektriksel iletkenlik ve bor toksisitesi olan problemli arazilerin ıslah çalışmasının atmasını sağladığı gibi zaman, işgücü ve maliyet açısından da ekonomiklik sağlayacaktır. Çalışma alanı değişkenliği farklılık gösteren bu arazi sorunlarında çalışma alanının tamamı üzerinde çalışmak yerine problemim fazla olduğu alanlara öncelik verilmesi mümkün olabilmektedir. Bor toksisitesine karşı ıslah çalışması ihtiyacı olan arazilerde başarılı bir ıslah uygulamasının olması için bor dağılım haritasının oluşturulması kadar, topraktaki bor içeriğini etkileyen toprak faktörlerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Topraklarda bor düzeyinin zararsız düzeye indirilmesi için ıslah çalışması yapılmalı ve tarımsal sulamalarda kaliteli su kullanılmalıdır. Ayrıca araştırma sonucu elde edilen bilgiler ve veriler gözönüne alınarak Ovada sürdürülebilir bir tarım ve gelecek nesillere kullanılabilir verimli topraklar bırakmak için toprak faktörlerinden olan elektiriksel iletkenlik ve bor toksisitesi için ıslah projeleri geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ardahanlıoğlu, O., T. Öztaş, S. Evren, H. Yılmaz ve Z. N. Yıldırım 2003. Spatial variability of exchangeable sodium, electrical conductivity, soil pH and boron content in salt- and sodiumaffected areas of the Iğdir plain (Turkey. *Journal of Arid Environments* (2003) 54: 495–503 doi:10.1006/jare.2002.1073
- Barut, H., 1997. Çinko Eksikliği ve Bor Toksisitesi Gösteren Topraklarda Gytja Uygulamasının Buğdayın Büyüme ve Çinko ve Bor Konsantrasyonları Üzerine Etkisi, Yüksek Lisas Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Barut, H., Aykanat, S., Aşıklı, S., & Selim, E. Bitkisel Üretimde Bor. **International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research**, 1(1), 33-46.
- Başbozkurt, H., Genç, A., Gündoğan, R., Karabrahimoğlu, A., Öztaş, T., 2013. Toprak özelliklerinin mekansal değişim desenlerinin jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 44(2), 169-181.
- Buchter, B., Aina, P. O., Azari, A. S., & Nielsen, D. R. 1991. Soil spatial variability along transects. **Soil technology**, 4(3), 297-314.
- Budak, M., & Günal, H. 2015. Tuzlu-Alkali Topraklarda Bor Konsantrasyonunun Uzaysal Değişkenliğinin Jeostatistiksel Analizi ve Haritalanması. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 52(2), 191-202.
- Brady, N. C., and R. R. Weil. 2002. The nature and properties of soils, 13th Ed. Upper Saddle River, New Jersey:Prentice-Hall.
- Demirtaş, A. 2005. Bitkide bor ve etkileri. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 36(2), 217-225.
- Demirtaş, A. 2006. Bor bileşikleri ve tarımda kullanımı. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 37(1), 111-115.
- Gence, C.Ç., 2015. T.Spelta Genotiplerinin Bor Toksiitesine Karşı Dayanıklılıklarının Belirlenmesi, Yüksek Lisas Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.

- Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils. Plant and Soil 193:35–48. Kluwer Academic Publishers doi:10.1023/A:1004203723343.
- Günel, H., Acır, N., Polat, A., Günel, E., Budak, M., Erdem, N., Önen, H. 2015. Tuzlu ve bor toksikliği bulunan arazilerin idaresinde mesafeye bağlı değişkenliğin önemi. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, **30**(2), 189-198.
- Güneş, A., Alpaslan, H.Ç.M., & Söylemezoğlu, G. 2003. Asmaların (Vitis spp.) Bor Toksisitesi ve Tuzlulu ğa Karşı Toleransının Belirlenmesine Yönelik Olarak Bor, Sodyum ve Klor Al ımlarının Karşılaştırılması. **Tarım Bilimleri Dergisi**, **9**(4), 428-434.
- Güneş, A., Gezgin, S., Kalinbacak, K., Ozcan, H., Cakmak, I. 2017. Bor elementinin bitkiler için önemi. **Bor Dergisi**, **2**(3), 168-174.
- Kabata-Pendias, A., 2011. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kelling, K. A., 2010. Soil and applied boron. From: [http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/a 2522.pdf](http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/pdfs/a%2022.pdf)
- <https://kayseriobm.ogm.gov.tr/KayseriOIM/Sayfalar/default.aspx> (Erişim Tarihi: Şubat 2019)
- <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KAYSERI> (Erişim Tarihi: Temmuz 2019)
- İrik, H.A., 2013. Develi Ovası Toprak Tuzluluğunun Belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Haritalanması, Yüksek Lisas Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Journel, A.G.,Ch. J. Huijbregts, 1978. Mining Geostatistics, Academic Press, London, p: 600
- Kaptan, M.A., 2013. Pamukta (Gossypium Hirsutum L.) Bor Toksisitesi ve Humik Madde Uygulamasının etkileri, Yüksek Lisas Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Karaömerlioğlu, B., 2011. Medicago Savita L. Ve Vicia Saativa L. Bitkileri Kullanılarak Topraktan Bor Gideriminin Araştırılması, Yüksek Lisas Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Keskin, H., 2010. Arpa Çeşitleri (*Hordeum Vulgare*) ile Çorak Çimi'nde (*Puccinellia Distans*) Bor Toksisitesinin Temel Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklere Etkisinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ongun, A.R., 2008. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Jeostatistiksel Yöntemlerle Uzaysal Değişkenliğinin Saptanması, Toprak. Ege Üniversitesi: İzmir.
- Öztürk, M., 2015. Tuzluluk ve Bor Toksisitesine Dayanıklı *Triticum Spelta* Genotiplerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Sağlam, M., & Deniz, O., 2013. Kimyasal toprak kalite göstergelerinin faktör ve jeostatistik analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi. **Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 50(2), 181-190.
- Saygıdeğer Demir, B., 2005. Borun İnsan ve Bitki İçin Önemi ve Bazı Üzüm Çeşitlerinde Bor Tayini, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Türkan, Y., 2006. Buğdayda Bor Toksisitesi İle Fosfor Arsındaki Etkileşimin Büyüme ve Çözünür Karbonhidratlar ile İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Uysal, E., Şen, O. F., Kılıç, Ö. B. D., Candan, N., Uzun, N., Üner, K., Rahmanoğlu, N. 2017. Türkiye'nin önemli sanayi domatesi üretim alanları topraklarının bitkiye elverişli bor ve domatesin bor beslenme durumunun belirlenmesi. **Bor Dergisi**, 2(3), 161-167.
- Yates, S. R. and A. Warrick, W. 2002. 1.5 Geostatistics. Book Chapter. In: *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods*. J.H. Dane and G.C. Topp (eds.), SSSA, Madison, WI. Pp.81-118.
- Warrick, A. W., Myers, D. E., Nielsen, D. R. 1986. Geostatistical methods applied to soil science. **Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods**, (methodsofsoilan1), 53-82.

EKLER

Bu Bölümde Bor Analiz Sonuçları tablo olarak verilmiştir.

Sıra No	Koordinat		Sonuç (ppm)		
	X	Y	0-30	30-60	60-90
21	685500.0	4239000.0	3.22	0.86	
22	685500.0	4240500.0	13.04	10.61	8.26
23	685500.0	4242000.0			4.98
24	685500.0	4243500.0	13.05		
25	685500.0	4245000.0		1.47	
26	685500.0	4246500.0	7.64	2.66	5.35
27	685500.0	4248000.0		2.85	
28	685500.0	4249500.0			8.42
29	685500.0	4251000.0	13.23	2.55	2.69
31	685500.0	4254000.0	2.35	2.29	2.89
32	685500.0	4255500.0		0.43	
33	685500.0	4257000.0			0.68
54	687000.0	4231500.0		0.3	
55	687000.0	4233000.0	2.25	3.3	
56	687000.0	4234500.0	1.6	0.04	0.55
57	687000.0	4236000.0	1.01	3.56	10.38
58	687000.0	4237500.0	33.28	3.47	
59	687000.0	4239000.0			58.84
60	687000.0	4240500.0	22.4		10.82
61	687000.0	4242000.0	15.9		
62	687000.0	4243500.0		3.11	
63	687000.0	4245000.0		2.33	
64	687000.0	4246500.0	1	1.2	1.9
65	687000.0	4248000.0		5.61	0.47
66	687000.0	4249500.0			9.5
67	687000.0	4251000.0		1.38	1.16
68	687000.0	4252500.0		5.57	3.07
70	687000.0	4255500.0			1.87
71	687000.0	4257000.0	4.16		
74	687000.0	4261500.0		2.8	
90	688500.0	4228500.0	1.85		
95	688500.0	4236000.0	3.13		
97	688500.0	4239000.0	1.52	15.55	
98	688500.0	4240500.0	43.16	101.08	
99	688500.0	4242000.0	1.67		2.76
100	688500.0	4243500.0	6.45		6.09
101	688500.0	4245000.0		4.03	
102	688500.0	4246500.0	10.9	3.6	7.7
103	688500.0	4248000.0	7.4		5.1
104	688500.0	4249500.0			3.5
105	688500.0	4251000.0			2.5
106	688500.0	4252500.0			3.6

107	688500.0	4254000.0	4.6		19.4
109	688500.0	4257000.0	3.6	8.7	119.2
110	688500.0	4258500.0			36.2
111	688500.0	4260000.0	14		6.6
114	688500.0	4264500.0	0.8		
129	690000.0	4230000.0	0.5		
130	690000.0	4231500.0	2.7	1.5	
131	690000.0	4233000.0	0.8	0.8	2.7
132	690000.0	4234500.0	4.3	2.9	3.06
134	690000.0	4237500.0	52.4		
135	690000.0	4239000.0		38.5	
136	690000.0	4240500.0	85.7	264.4	
137	690000.0	4242000.0		19.9	50.2
138	690000.0	4243500.0	2.9	1.4	
139	690000.0	4245000.0	6.1		2
140	690000.0	4246500.0		8.9	1.8
141	690000.0	4248000.0	3.8		
142	690000.0	4249500.0			1.3
143	690000.0	4251000.0	15.1	6	2.7
144	690000.0	4252500.0	9.5	6.4	5.7
145	690000.0	4254000.0	3.5	3.5	6.3
147	690000.0	4257000.0	14.2	25.7	40.8
148	690000.0	4258500.0	590.8	206.8	
149	690000.0	4260000.0	369.2	354.2	
151	690000.0	4263000.0	37.7	1.85	13.2
152	690000.0	4264500.0		6.7	
168	691500.0	4231500.0	3.2		
173	691500.0	4239000.0	79.7	50.4	34.3
174	691500.0	4240500.0	72.6	70.9	
175	691500.0	4242000.0		111	27.2
176	691500.0	4243500.0	5	33.1	
177	691500.0	4245000.0	0.4	4.3	5.8
178	691500.0	4246500.0	2.6	2.1	2.3
179	691500.0	4248000.0	3.4	2.9	9.8
180	691500.0	4249500.0	0.6	28.7	
181	691500.0	4251000.0	4.5	17.4	61
182	691500.0	4252500.0	1.1	0.9	7.64
185	691500.0	4257000.0		251	
186	691500.0	4258500.0	59.7		
189	691500.0	4263000.0			61.5
206	693000.0	4231500.0			20.1
207	693000.0	4233000.0	15.7	2.31	
211	693000.0	4239000.0		39.7	21.3
212	693000.0	4240500.0		41.1	16.9
213	693000.0	4242000.0	77.7	197.8	
214	693000.0	4243500.0		121.7	
215	693000.0	4245000.0	4.3	6.9	
216	693000.0	4246500.0	2.8		9.1

217	693000.0	4248000.0		34.7	
218	693000.0	4249500.0			16.7
219	693000.0	4251000.0			181.9
220	693000.0	4252500.0	14.4		
221	693000.0	4254000.0	4.6		22.2
223	693000.0	4257000.0	374.8		
243	694500.0	4230000.0	2.2	2.4	4.7
245	694500.0	4233000.0	13.6		
249	694500.0	4239000.0	48.9	50.7	19.6
250	694500.0	4240500.0		111.8	72.5
251	694500.0	4242000.0	180		34.7
252	694500.0	4243500.0	311.8		
253	694500.0	4245000.0		179.8	37.1
254	694500.0	4246500.0	225.4		42
256	694500.0	4249500.0		95.4	225.2
257	694500.0	4251000.0		208.6	289.2
258	694500.0	4252500.0	121	229.4	
260	694500.0	4255500.0	283.4		
261	694500.0	4257000.0		28.1	23.2
282	696000.0	4231500.0	7.3		
288	696000.0	4240500.0	64.3	25.6	146.5
298	696000.0	4255500.0	179.4		
299	696000.0	4257000.0		82.9	
317	697500.0	4227000.0	2.5	4	
318	697500.0	4228500.0	3		3.6
319	697500.0	4230000.0		5.5	
320	697500.0	4231500.0	8.5		
321	697500.0	4233000.0		25.4	10.7
322	697500.0	4234500.0			26
327	697500.0	4242000.0	30.9	29	19.2
333	697500.0	4251000.0		75.3	
336	697500.0	4255500.0	153.6	420.6	701
355	699000.0	4227000.0	1.1		
357	699000.0	4230000.0		9.3	13.6
358	699000.0	4231500.0			2.8
360	699000.0	4234500.0	84.2		
361	699000.0	4236000.0		5.3	
364	699000.0	4240500.0			20.1
365	699000.0	4242000.0	22.3	33.2	
370	699000.0	4249500.0		59.9	21.6
371	699000.0	4251000.0			93.4
374	699000.0	4255500.0	87.2		
393	700500.0	4227000.0	3.7		
397	700500.0	4233000.0		4.3	
398	700500.0	4234500.0	6.7	5.5	
399	700500.0	4236000.0			7.2
400	700500.0	4237500.0		8	3.3
401	700500.0	4239000.0	30.5		43.3

402	700500.0	4240500.0		84.7	
403	700500.0	4242000.0	145.3	122.6	133.9
407	700500.0	4248000.0		100.4	
431	702000.0	4227000.0		0.3	
432	702000.0	4228500.0	5.1	25.2	
433	702000.0	4230000.0		1.3	2.4
435	702000.0	4233000.0	3.5	2.7	
437	702000.0	4236000.0	8.6		
438	702000.0	4237500.0	7.1	8.9	
439	702000.0	4239000.0	53.8	48.3	61.1
440	702000.0	4240500.0	180	168.1	86.3
442	702000.0	4243500.0	89.5		
443	702000.0	4245000.0			111.7
446	702000.0	4249500.0			13.1
447	702000.0	4251000.0			4.5
448	702000.0	4252500.0		11.1	
469	703500.0	4227000.0	14.5		
470	703500.0	4228500.0		21.4	6.7
471	703500.0	4230000.0		1.6	
472	703500.0	4231500.0		3.7	
473	703500.0	4233000.0	2.4	2.8	1.7
474	703500.0	4234500.0	3.8		5.8
475	703500.0	4236000.0			6.1
476	703500.0	4237500.0		6.2	4.1
478	703500.0	4240500.0		54.4	68.1
479	703500.0	4242000.0	364.8		185.9
482	703500.0	4246500.0	24		
484	703500.0	4249500.0		8	
485	703500.0	4251000.0			22
486	703500.0	4252500.0	38.1		5.8
507	705000.0	4227000.0	1.4	3.1	13.3
508	705000.0	4228500.0	3.7		
509	705000.0	4230000.0	1.1	2.3	
511	705000.0	4233000.0	10.9		
513	705000.0	4236000.0	3.4		
515	705000.0	4239000.0	46.7	85.4	5.3
516	705000.0	4240500.0	61.2	39.6	9.2
518	705000.0	4243500.0	2.7	7.1	5.9
520	705000.0	4246500.0		11.3	4.5
521	705000.0	4248000.0		3.2	7.1
522	705000.0	4249500.0	2.6	0.9	5.7
542	706500.0	4222500.0		(-0,258)1356 < 0,05	
543	706500.0	4224000.0	17.1	(-0,581)	
545	706500.0	4227000.0	5.5		
546	706500.0	4228500.0		0.5	(-0,242) 145
547	706500.0	4230000.0			1
548	706500.0	4231500.0			3.6

549	706500.0	4233000.0	10.5	6.2	5.5
550	706500.0	4234500.0	34.4		
551	706500.0	4236000.0		18.8	
552	706500.0	4237500.0	14.3		
553	706500.0	4239000.0	53		
554	706500.0	4240500.0		15.6	12
555	706500.0	4242000.0	37.3		
556	706500.0	4243500.0			22.3
557	706500.0	4245000.0	343.2		
560	706500.0	4249500.0	3.5		
581	708000.0	4224000.0	2.2	1.2	5.5
582	708000.0	4225500.0		(-0,014)1212	(-0,533)
585	708000.0	4230000.0	21.1		
586	708000.0	4231500.0	0.2		
587	708000.0	4233000.0	15.5	4.9	5.2
589	708000.0	4236000.0	30.9	29.5	
590	708000.0	4237500.0	2.1		
592	708000.0	4240500.0		0.5	
593	708000.0	4242000.0	16.3		6.1
594	708000.0	4243500.0	4.6		
595	708000.0	4245000.0	13.9	22.4	
597	708000.0	4248000.0		12.3	5.6
598	708000.0	4249500.0		12.2	20.8
623	709500.0	4230000.0	4.9		
624	709500.0	4231500.0		2.9	1.7
625	709500.0	4233000.0	4.3	4.9	3.5
626	709500.0	4234500.0	4.2		1.1
627	709500.0	4236000.0	(-0,483) 1205	5	1.6
628	709500.0	4237500.0		12.1	
629	709500.0	4239000.0	3.4	4.6	1.5
630	709500.0	4240500.0	3.8	1.8	4.3
631	709500.0	4242000.0	(-0,129)1512		
632	709500.0	4243500.0	1.1	0.6	2.3
633	709500.0	4245000.0		(0,600) 961	
634	709500.0	4246500.0			(-0,388)1197
635	709500.0	4248000.0	3.7		
665	711000.0	4236000.0	5	3.1	
666	711000.0	4237500.0			(-0195)427
667	711000.0	4239000.0	3	5.5	(-0,767)299
668	711000.0	4240500.0	1.6	4.6	1.2
669	711000.0	4242000.0	2.2		2.4
670	711000.0	4243500.0		(-0,185) 1666	
671	711000.0	4245000.0	5.7		(-0706)812
707	712500.0	4242000.0		0.4	
708	712500.0	4243500.0	4.9	2	
710	712500.0	4246500.0			4
711	712500.0	4248000.0	2.9	2.4	1.8
712	712500.0	4249500.0	3.8	2.3	3.9

747	714000.0	4245000.0	4.7	5.2	
749	714000.0	4248000.0	1.3	1.5	3.4
784	715500.0	4245000.0			2.5
785	715500.0	4246500.0		4.8	6.6
786	715500.0	4248000.0			0.8
787	715500.0	4249500.0	1.2	2.7	



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı : Serkan AKYÜREK
Uyruğu : Türkiye (TC)
Doğum Tarihi ve Yeri : 10.03.1981 Hacıbektaş
Medeni Durumu : Evli
Tel : +90 5302200138
E-mail : serkan.akyurek1981@gmail.com
Yazışma Adresi : Mimarsinan Mh. Murat Cd. İsmet Koca Apt /28-8
Kocasinan/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü	2019
Lisans	G.O.P Ünv. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü	2014
Lise	S.M.L Tıbbi Dökümantasyon	1999

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2006- Halen	DSİ 12. Bölge Müdürlüğü	Ziraat Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce