T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARSUZ OVASI TOPRAKLARINDA BORUN KİMYASAL FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

TUĞBA AVCI

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY

OCAK-2021

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARSUZ OVASI TOPRAKLARINDA BORUN KİMYASAL FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

TUĞBA AVCI
ORCID:0000-0001-9954-6086

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof. Dr. Necat AĞCA
ORCID:0000-0003-4864-844X

HATAY
OCAK-2021

07.01. 2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

TUĞBA AVCI

ÖZET

ARSUZ OVASI TOPRAKLARINDA BORUN KİMYASAL FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

Bu çalışmada, Arsuz ovasından alınan toprak örneklerinde, bor fraksiyonları ve bu fraksiyonlar ile toprakların fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ovanın 19 farklı noktasından 0-30 cm derinlikten alınan örneklerde, çeşitli fiziksel ve kimyasal analizler ve ardışık olarak bor ekstraksiyonu yapılmıştır. Topraklardaki bor fraksiyonları; kolay çözünebilir bor, spesifik olarak adsorbe olmuş bor, oksitlere bağlı bor, organik bileşiklere bağlı bor ve residüyal bor olarak belirlenmiştir. Ayrıca, topraktaki bor fraksiyonları arasındaki ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler doğrusal korelasyon analizleri ile irdelenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, topraklar tuzsuz sınıfa girmektedir. Topraklar orta ve yüksek bazik reaksiyona sahiptirler. Toprakların önemli bir kısmının bünyesi kil olup, ince bünyeli topraklar sınıfına girmektedir. Araştırma alanı topraklarında ardışık olarak ekstrakte edilen borun fraksiyonlarından kolay çözünebilir bor (KÇ-B), spesifik olarak adsorbe olmuş bor (SPA-B), oksitlere bağlı bor (OK-B), organik bileşiklere bağlı bor (OB-B) ve residüyal bor (RE-B) fraksiyonları toplam borun (TO-B) sırasıyla % 3.72, %8.14, %1.33, 4.65 ve % 82.34'ünü oluşturmuştur.

Toprakların EC değerleri ile spesifik adsorbe edilmiş bor (SAB-B) değerleri arasında istatistiksel açıdan %1 düzeyinde önemli pozitif ilişki saptanmıştır. Benzer şekilde toplam bor içeriği (TO-B) ile residüyal bor (RE-B) içeriği arasında istatistiksel açıdan önemli ilişki belirlenmiştir. Yine, Toprakların kum içeriği ile silt ve kil içerikleri arasında 0.01 düzeyde önemli negatif ve kireç içeriği ile silt içeriği arasında 0.05 düzeyinde pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

2021, 34 sayfa

Anahtar Kelimeler: Arsuz ovası, bor, toprakta borun kimyasal fraksiyonları,

ABSTRACT

DETERMINATION OF CHEMICAL FRACTIONATION OF BORON IN ARSUZ PLAIN SOILS

In this study, chemical fraction of boron and the relationships between these fractions and physico-chemical properties of soils were evaluated. Several physical and chemical characteristics and sequential boron extractions of soil samples taken from 19different locations (0-30 cm depth) in Arsuz plain were determined. The boron fractions were determined with different extraction solutions by sequential boron extraction methods as readily soluble boron, specifically adsorbed boron, oxides bound boron, organically bound boron, and residual boron In addition, and the relationships between soil boron fractions and soil properties are examined by linear correlation analysis.

Soils were classified as unsalted class. Soils have medium and high basic reactions. The texture of a significant part of the soil is clay and it is in the class of fine textured soils. In this study, chemical fractions of B were determined which easily soluble boron (KÇ-B), specifically adsorbed boron (SPA-B), oxide bound boron (OK-B), organically bound boron (OB-B) and of residual boron (RE-B). They constituted 3.72, 8.14, 1.33, 4.65 and 82.34% of total boron (TO-B), respectively.

A statistically significant 1% correlation was found between the EC values of the soils and the specific adsorbed boron (SAB-B) values. Similarly, a statistically significant relationship was determined between total boron content (TO-B) and residual boron (RE-B) content. Again, significant negative relations were determined between the sand content of the soils and silt and clay contents at 0.01 level, and positive relations at the level of 0.05 between lime content and silt content.

2021, 34 pages

Keywords: Arsuz plain, boron, chemical fractions of boron in the soil

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilimsel birikiminden faydalandığım, birlikte çalışmaktan onur ve gurur duyduğum ayrıca çalışmalarımız boyunca bana gösterdiği hoşgörü ve sabırdan dolayı tez danışmanım Prof. Dr. Necat AĞCA hocama teşekkür ederim.

Tez projeme (Proje No: 18. YL.065) maddi destek sağlayan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans Tez çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan Ziraat Mühendisi Ahmet BENİCE, beni bugünlere getiren her zaman arkamda duran ve beni destekleyen bütün aileme ve eşime çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MATERYAL VE YÖNTEM 13
3.1. Materyal 13
3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu 13
3.1.2. Çalışma Alanının İklimi 13
3.1.3. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü 13
3.1.4. Toprak Örneklerinin Alınması 14
3.2. Yöntem 14
3.2.1. Toprak Analizleri 14
3.2.2. Topraklardan Ardışık Bor Ekstraksiyonu 14
3.2.2. İstatistiksel Analizler 18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 19
4.1. Toprakların Genel Özellikleri 19
4.2. Toprakların Bor Fraksiyonları 21
4.2.1. Kolay Çözünebilir Bor (KÇB-B) 22
4.2.2. Spesifik Olarak Adsorbe Edilmiş Bor (SPA-B) 22
4.2.3. Oksitlere Bağlı Bor (OK-B) 23
4.2.4. Organik Bileşiklere Bağlı Bor (OB-B) 23
4.2.5. Resüdiyal Bor (RE-B) 24
4.2.6. Toplam Bor (TO-B) 25
4.3. Bor Fraksiyonları ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler 25
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 28
KAYNAKLAR 29
ÖZGEÇMİŞ 34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları 16
Şekil.3.2. Ekstraksiyon akış şeması 18

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Arsuz ovasının yer aldığı Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (1981-2010) 15
Çizelge 3.2. Örnek noktalarının UTM sistemine göre koordinatları 16
Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının temel özellikleri 20
Çizelge 4.2. Toprakların bor fraksiyon içerikleri 21
Çizelge 4.3. Toprakların bor fraksiyonları ile özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları 26

1. GİRİŞ

Bor önemli bir bitki besin elementidir. Bor aynı zamanda bitkiler için bir toksik elementtir. Besin elementi sınırı ile toksik element sınırı birbirine çok yakındır. Bu nedenle bitkisel üretimde topraklardaki bor içeriğinin ve bu borun fraksiyonlara dağılımının bilinmesi bitkisel üretim açısından önem taşımaktadır.

Topraklarda değişik formlarda bulunan boru tarımsal ve çevresel açıdan değerlendirmek için, borun farklı formlarının ve miktarlarının belirlenmesi gereklidir (Uzun, 2017). Borun kimyasal olarak fraksiyonlarına ayrılması ve bu fraksiyonların farklı toprak özellikleri ile ilişkilendirilmesi, bitkiler tarafından alınabilirliği ve topraklarda bağlanma formları hakkında bilgiler vermektedir. Ayrıca ardışık ekstraksiyon yöntemi, farklı bor fraksiyonlarının bitki alımına potansiyel katkısını anlamak açısından bir temel oluşturur.

Bor bitkilerin büyüme ve gelişmelerini düzenleyen, fizyolojik olaylarda etkili olan mutlak gerekli bir mikro besin elementidir. Yeryüzündeki topraklarda daha çok eksikliği görülmesine karşın, kurak ve yarı kurak bölgelerimiz topraklarında genel olarak bor fazlalığı ve bu bölgelerde yetişen bitkilerde bundan kaynaklanan bor toksitesi görülmektedir. Topraklarda bor farklı fraksiyonlarda adsorbe edilmektedir. Tarımsal ve çevresel açıdan topraktaki borun kimyasal olarak fraksiyonlarına ayrılması ve yorumlanmasıyla topraklarda bor dinamiği, yönetimi ve izlenebilirliği hakkında önemli bilgiler elde edilmektedir

Bor bitki gelişimi açısından gerekli elementlerden birisidir. Periyodik sistemin 3A gurubunun en başında yer alır ve mikro bitki besin elementleri içerisinde metal olmayan tek elementtir. Atom numarası 5 ve atom ağırlığı 10.81'dir (Adriano, 1986).

Toprak çözeltisinde bor, pH'ya bağlı olarak borik asit (H_3BO_3) ve borat anyonları $B(OH)4^-$ formunda bulunur. Özellikle asit şartlarda, borik asit şeklinde bulunması durumunda kolayca yıkanabilir. Bazik koşullarda, borat anyonu şeklinde bulunduğunda ise toprakta adsorbe edilerek bitki tarafından kolayca alınamaz. Yağışlı bölgelerde oluşan asit reaksiyonlu ve aşırı bor yıkanmasına uğramış topraklar, organik maddece fakir kumlu topraklar ve pH'sı yüksek topraklar bor noksanlığı yönünden riskli bulunmaktadır. Topraklarda en çok bilinen bor minerali, ayrışmaya karşı dirençli olması sebebiyle, topraktaki çözünebilir bor miktarı üzerine pek etkisi olmayan

florlu borosilikat ve turmalindir (Evans ve Sparks, 1983).

Bor toprak yönetimi açısından dikkatle izlenmesi gereken bir iz elementtir. Optimum bitki gelişimi için küçük miktarlarda gereklidir ve fazlalığında toksiteye neden olabilmektedir. Yüksek kalitede ürün için, bor diğer mikro elementlerden daha önemli olabilmektedir. Bitkilerde noksanlık ya da toksiteye neden olan toprak bor seviyeleri arasındaki fark çok azdır. Hem noksanlığı hem de toksitesi yönüyle bitkisel üretimde sorun olan borun, tarım topraklarındaki fazlalığı veya noksanlığı bitkilerde beslenme bozukluklarının ortaya çıkmasına, verim ve kalitenin azalmasına neden olmaktadır. Noksanlık ve fazlalık sınır değerleri arasındaki farkın çok az olması nedeniyle, diğer mikro besin elementlerine göre daha yaygın olarak problemlere neden olan bir elementtir. Gerek duyulan borun çok az da olsa fazlası, bor noksanlığında olduğu gibi bitkilerin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmaktadır (Çelik ve ark., 1998).

Bor, bitkilerin büyüme ve gelişmelerini düzenleyen, fizyolojik olaylarda etkili bir mikro besin elementidir. Dünya topraklarında daha çok noksanlığı görülmesi nedeniyle bor ile ilgili yapılan araştırmaların çoğu noksanlığı üzerine yoğunlaşmaktadır. Buna karşın, dünyanın en zengin bor yataklarına sahip olan Türkiye topraklarında, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, topraklarda ve sulama sularında bulunan yüksek bor seviyesi, tarımsal üretimi yapılan bitkilere toksik etki yapabilmektedir (Çakmak ve ark., 1996).

Borun tarımdaki etkilerini değerlendirebilmek için, topraklardaki farklı bor fraksiyonlarını bilmek ve her bir fraksiyonun konsantrasyonunu belirmemek gerekir (Padbhushan ve Kumar, 2015). Bu çalışmada, Arsuz ovasından alınacak toprak örneklerinde, bor fraksiyonları belirlenmesi ve bu fraksiyonlar ile toprakların bazı özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Topraklarda bor yetersizliği kaba bünyeli, düşük organik madde içerikli ve yüksek pH ile yüksek kireç içerikli topraklarda oldukça yaygındır (Arora ve Chahal, 2014).

Topraklarda bor adsorpsiyonu fosfat ve molibdat gibi anyonların tersine toprak pH'sı düştükçe azalır ve pH yükseldikçe artar. Bu yüzden yüksek pH'ya sahip topraklarda bor yarayışlılığı düşük seviyededir. Bor adsorpsiyonunda etkili olan faktörler, toprakların kil içeriği, kireç içeriği, organik madde kapsamı, oksihidratlar, pH ve toprak tekstürüdür (Hingston, 1964; Bingham ve ark., 1971).

Kacar ve Fox (1967), kimi Türkiye topraklarının yarayışlı bor kapsamları üzerinde yaptıkları çalışmada, en yüksek düzeyde yarayışlı borun, Niğde ili Bor ilçesi civarından alınan toprakta bulunduğunu rapor etmişlerdir. Yine, toprakların toplam bor (B) kapsamları ile bitkiye yarayışlı bor kapsamları arasında önemli bir ilişki olmadığını, kimi Türkiye topraklarının bitkiye yarayışlı bor kapsamları üzerine yaptıkları bir çalışmada bor miktarlarının 0.74 ile 4.55 $mgkg^{-1}$ arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Genel olarak kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde toprakların hem toplam bor (B) hem de bitkiye yarayışlı B miktarı, yağışlı iklim bölgelerindeki topraklardan daha yüksektir (Gupta, 1968). Ülkemizde bor toksitesine genellikle, Orta Anadolu bölgemizde rastlanmaktadır (Alkan, 1994).

Farklı toprak bileşimindeki borun dağılımı hakkındaki bilgiler topraktaki borun kimyasını anlamada ve bitkiler tarafından alımında potansiyel katkıları bilmek açısından önemlidir. Fraksiyonlar ile ilgili araştırmalar, bor formları ve topraktaki alınabilirliği hakkında bilgi sağlar (Shuman 1986). Farklı bor fraksiyonlarının oranı önemli ölçüde toprak tiplerine ve ekstraksiyon tekniklerine bağlıdır (Raza ve ark. 2002).

Bor topraklarda değişik formlarda bulunmakta ve farklı çözeltiler ile ekstrakte edilebilirlik durumlarına göre farklı formlara ayrılmıştır. Tarımsal ve çevresel açıdan boru değerlendirmek için, toprak ve sedimentlerdeki borun farklı formlarının ve miktarlarının belirlenmesi önemlidir. Borun kimyasal olarak fraksiyonlarına ayrılması ile çözünebilir bor, spesifik olarak adsorbe olmuş bor, oksitlere bağlı bor, organik bileşiklere bağlı bor ve residüyal bor fraksiyonları belirlenmektedir. Bütün bu fraksiyonların toplamı ise topraklardaki toplam boru vermektedir (Tessier ve ark., 1979).

Toprak ve sedimentlerdeki iz elementlerin büyük çoğunluğu için kullanılan kimyasal olarak fraksiyonlarına ayırma metodu, Tessier ve ark. (1979), tarafından geliştirilen yöntemden uyarlanılarak kullanılmaktadır.

Toprakta bor içeren mineraller florlu borosilikat ve turmalin olup, turmalin ayrışmaya karşı dirençli bir mineraldir (Evans ve Sparks, 1983). Topraklarda bor diğer silikat minerallerinin yapısında da bulunmasına karşın sedimenter ve taşınmış mineralleri içeren topraklarda daha yüksektir (Alkan, 1994).

Keren ve Gast. (1983), borun topraklardaki çözünürlüğünü kontrol eden bor minerallerinin topraklardaki çözünürlüğünün oldukça düşük (turmalin) veya oldukça yüksek olabileceğini (borat) ve topraklardaki bor konsantrasyonunun bor adsorpsiyon reaksiyonlarınca etkilendiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, bitkilerin sadece toprak çözeltisindeki bor aktivitesine doğrudan cevap verebildiğini ve borun toprak yüzeylerine adsorbe olmak koşuluyla da bitkilere toksik durumdan çıkmakta olduğunu rapor etmişlerdir.

Jin ve ark. (1987), topraklarda farklı fraksiyonlarda tutulan bor dağılımını belirlemek için bir ekstraksiyon yöntemi kullandılar ve bu yöntem daha sonra Hou ve ark. (1996), tarafından modifiye edilerek ardışık fraksiyonlama yöntemi geliştirildi. Fraksiyonlarına ayırma yöntemlerinin geliştirilmesindeki en temel husus, topraklardaki bor formları ve bu formların dağılımıdır. Bununla birlikte çeşitli reaksiyon mekanizmaları da ekstraksiyon işleminde etkilidir (Hou ve ark., 1996).

Tropik ve ılıman bölgelerde, volkanik kayalardan oluşmuş topraklarda, bor içeriği genelde 10 $mgkg^{-1}$'dan daha az olduğu halde, kurak ve yarı kurak bölgelerdeki topraklarda bor içeriği 200 $mgkg^{-1}$'in üzerindedir (Silanpaa, 1990).

Dünya topraklarında, daha çok noksanlığı görülmesine karşın, Türkiye topraklarında, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerimizde bor toksitesine rastlanmaktadır (Alkan, 1994). Ancak topraklarda gereğinden fazla miktarda bulunan borun, toksik etkileri nedeniyle bitki büyümesini ve gelişmesini sınırlandırıcı etkileri görülmektedir. Bu yönüyle, bor toksitesi ile çinko (Zn) noksanlığı, orta Anadolu'da karşılaşılan en yaygın mikro besin elementi sorunlarındandır (Çakmak ve ark., 1996).

Ardışık ekstraksiyon yöntemine, önce en az etkili ekstraksiyon çözeltisi ile başlanır ve genellikle daha düşük pH değerlerine sahip ekstraksiyon çözeltileri ile ardışık olarak devam edilir (Hou ve ark., 1996).

Toprakta bor, killerin ve demir ile alüminyumun sulu oksitlerinin yüzeylerinde adsorbe edilmiş şekilde, organik maddeye bağlanmış olarak ve toprak çözeltisinde bağımsız iyonize olmamış borik asit (H_3BO_3) ve borat anyonları $B(OH)_4^-$, şeklinde bulunur (Kacar ve Katkat, 1998; Marschner, 1986).

Tsadilas ve ark. (1994) tarafından yapılan bir çalışmada çeşitli bor fraksiyonları ile organik madde, pH gibi toprak özellikleri arasında bir kolerasyon olduğu belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada toplam bor konsantrasyonu 29.7 ile 160.3 mg kg^{-1} arasında bulunmuştur.

Wójcik (2000) tarafından yapılan bir çalışmada; Polonya'da ki bazı topraklardaki bor fraksiyonları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarında toprak çözeltisindeki borun 0.07-0.17 mg kg^{-1}, toprak yüzeylerinde özel olarak absorbe edilmemiş bor ise 0.01-0.03 mg kg^{-1} arasında değişmiştir.

Doğu Çin'de yapılan bir çalışmada 13 toprak örneğinde bor fraksiyonları ve bunllarla toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre MOH (Mangan Hidroksit) bağlı bor ile toprak pH'sı ve katyon değişim kapasitesi (KDK) arasında pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Yine demir (Fe) ve alüminyum (Al) oksitlere bağlı bor ile pH ve değişebilir kalsiyum arasında pozitif ilişkiler belirlenmiştir. Spesifik adsorbe edilmiş bor ile tüm toprak özellikleri arasında herhangi bir korelasyon bulunamamıştır (Xu ve ark., 2001).

Borun kimyasal fraksiyonlarına ayrılması ve bu fraksiyonların toprak özellikleri ile ilişkilerinin belirlenmesi; topraklarda borun davranışı, bitkiler tarafından alınabilirliği ve topraklarda tutulma şekilleri hakkında bilgiler vermektedir. Farklı toprak bileşenlerindeki bu dağılımın bilinmesi, borun topraklardaki kimyasını ve bu fraksiyonların bitki alımına potansiyel katkısını anlamak açısından bir temel oluşturur (Datta ve ark., 2002).

Datta ve ark. (2002) tarafından Hindistan' daki (Yeni Delhi) bazı topraklarda yapılan bir çalışmada topraklardaki kolay çözülebilir bor içeriklerinin 0.19-0.67 mg kg^{-1}, spesifik adsorbe edilmiş bor 0.03-0.85 mg kg^{-1}, oksitlere bağlı bor 0.40-5.73 mg kg^{-1}, organik bileşiklere bağlı bor 0.00-1.55 mg kg^{-1} ve residüyal bor ise 91.1-98.8 mg kg^{-1} arasında değişmiştir.

Harmankaya ve Gezgin (2005), Konya ovası topraklarında bor fraksiyonlarının belirlenmesi konusunda yaptıkları çalışmada, bölge topraklarının toplam bor içeriğinin

41.4–398.7 mg kg^{-1} arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca bor fraksiyonları ile toprakların EC ve Na değerleri arasında önemli ilişkilerin olduğunu, ancak diğer toprak özellikleri ile bor fraksiyonları arasında önemi ilişkilerin bulunamadığını rapor etmişlerdir.

Saltalı ve ark. (2005), farklı karakteristiklere sahip topraklarda bor adsorpsiyonuyla ilgili yaptıkları çalışmada, topraklarda yarayışlı borun 0.05-1.60 mg kg^{-1} olduğunu, toprakların maksimum bor adsorpsiyon kapasitelerinin kil, kireç ve pH değerleri ile önemli pozitif ilişkisinin olduğunu rapor etmişlerdir.

Lucho-Canstantino (2005) tarafından Meksika'nın merkezinde yapılan çalışmalarda; topraklardaki borun kimyasal fraksiyonları belirlenmiştir. Tüm fraksiyonların toplamlarını temsil eden borun toplam konsantrasyonu 9.2-123.8 mg kg^{-1} arasında değişmiştir.

Akın (2009) tarafından yapılan bir çalışmada; Tokat Kazova'dan alınan toprak örneklerinde, bor fraksiyonları ve bu fraksiyonlar ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler saptanmıştır. Farklı ekstraksiyon çözeltileri ile ardışık ekstrakte edilerek belirlenen toprak bor fraksiyonlarından, kolay çözünebilir bor ve spesifik olarak adsorbe edilmiş bor fraksiyonları ile toprak pH'sı arasında önemli pozitif ilişkiler bulunurken, oksitlere bağlı bor fraksiyonu ile bor fraksiyonu ile toprakların kireç içerikleri arasında önemli negatif ilişkiler bulunmuştur.

Çolak ve Ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada; şeker pancarı yetiştirilen topraklarda bitkiye yarayışlı bor durumları, bor fraksiyon dağılımları ve alınabilirlikleri ile bunların toprak özellikleri ile ilişkileri ortaya konmuştur. Araştırma sonuçlarına göre bor eksikliği gösteren toprakta sıcak su ile ekstrakte edilebilir bor kapsamları çoğunlukla 1.00 ppm'in altında bulunmuştur. Bor eksikliği göstermeyen topraklarda bu değerler 1.39-4.61 ppm arasında değişmiştir.

Günal ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada Orta Karadeniz Bölgesinde yarı-kurak iklime sahip Suluova ve Merzifon ovalarının bor içeriklerinin mesafeye bağlı dağılımlarının analiz edilmesi ve haritalanmasıdır. Bu çalışmada ayrıca bor yarayışlılığına etki eden faktörleri anlayabilmek için toprakların bor konsantrasyonları ile diğer bir kısım toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Merzifon ovasından 144 ve Suluova'dan 76 olmak üzere 220 adet 0-30 cm derinlikten toprak örneği alınmıştır. Örneklemede araziler 500 m * 500 m büyüklüğünde gridlere ayrılmış ve örneklemeler

gridlerin köşe noktalarından yapılmıştır. Ortalama bor içeriği Merzifon ovasında 1.67 mg kg^{-1} ve Suluova'da 1.76 mg kg^{-1}olarak bulunmuştur. Her iki ovada da ortalama değerler noksanlık olmadığını göstermekle beraber toplam 220 örneğin 63 tanesinde (alanın % 6'sı) bor konsantrasyonunun noksanlık eşik değeri kabul edilen 1 mg kg-1'dan düşük olduğu görülmüştür. Örneklerden sadece 8 tanesinde (alanın %2'si) ise bor konsantrasyonu toksik kabul edilen 5 mg kg^{-1}'dan daha yüksektir. Bor içeriğinin yüksek olduğu alanlarda tuzluluğunda nispeten yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu iki değişken arasında her iki ovada da $P<0.01$ düzeyinde önemli bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. pH ve kil içeriği ile de pozitif bir korelasyona sahip olan bor konsantrasyonunun kum ve silt içeriği ile negatif bir korelasyonu olduğu görülmektedir. Mesafeye bağlı değişkenliğin haritalanması ile birlikte geniş alanlarda besin elementlerinin noksanlık veya toksiklik düzeylerinin belirlenmesi ve tarım arazilerinde sürdürülebilir üretim yapabilmek için gerekli tedbirlerin alınmasında altlıkların hazırlanması mümkün olabilmektedir.

Türkiye'nin en önemli salçalık domates üretim alanları olan Bursa, Balıkesir, Manisa ve İzmir illlerinde yapılan bir çalışmada; bölge topraklarında kullanılabilir bor içerikleri % 27'sinde az, % 63'ünde yeterli ve % 10'unda fazla düzeyde olduğu belirlenmiştir (Uysal ve ark., 2017).

Arora ve Chahal (2014) tarafından Mısır'da ki bazik alüvyal topraklarda yapılan çalışmalarda farklı çözeltilerle ekstrakte edilmiş bor konsantrasyonları belirlenmiştir. Ayrıca bu konsantrasyonlar arasındaki ilişkiler korelasyon analizleri ile belirlenmiştir. En çok kullanılan bor formu olan sıcak suda çözünmüş bor ile 0.01 M CaCl2 ile ekstrakte edilebilir bor arasında önemli istatistiksel ilişkiler bulunmuştur.

Kuzey Hindistan'da Punjob eyaleti tarım topraklarından alınan 14 toprak örneğinde bor fraksiyonları ve bunlarla toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre suda çözünebilir, sıcak suda çözünebilir, sıcak kalsiyum klorürde çözünebilir, asitte çözünebilir, ekstrakte edilebilir, monnitol de çözünebilir, amonyum bikarbonat dietilentriaminpentaasetik asit de çözünebilir ve toplam bor içerikleri sırasıyla; 0.24, 0.49, 0.50, 0.53, 0.55, 0.19 ve 17.04 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Yine tüm bor formları özellikle organik madde, kil içeriği, bünye ve KDK gibi toprak özellikleri arasında ilişkiler belirlenmiştir (Arora ve Chahol, 2014).

Budak ve Günal (2015) tarafından yapılan bir çalışmada kurak bölgelerde bitkisel üretimi sınırlandıran önemli unsurlardan biri tuzlulukla birlikte suda çözülebilir bor konsantrasyonunun yüksek olmasıdır. Bu çalışmanın amacı, tuzlu ve alkali topraklarda bitkiye yarayışlı bor konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişkenliğinin jeoistatistiksel yöntemlerle haritalanmasıdır. Toprak örneklemeleri, Niğde ili, Bor ilçesine bağlı Kızılca Köyünün güneyinde yer alan 2650 ha'lık bir arazide yapılmıştır. Çalışma alanında, 0-30 cm toprak derinliğinden 202 toprak örneği alınmıştır. Toprakların bor konsantrasyonu, tekstür, OM, kireç, pH, EC, ESP ve SAR analizleri yapılmıştır. Jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmiş en uygun model kullanılarak çalışma alanındaki örneklenmeyen noktalar için krigleme yöntemi ile tahminler yapılmış ve her bir toprak özelliği için haritalar hazırlanmıştır. Çalışma alanı bor konsantrasyonu 1.41 ile 97.84 mg kg-1 arasında değişirken ortalama konsantrasyonun 47.76 mg kg^{-1} olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, çalışma alanı topraklarının büyük bir kısmında bor konsantrasyonun çoğu ürün için toksik sınır olan 5 mg kg-1'ın üzerine çıktığını göstermiştir. Arazide oldukça büyük değişkenlik gösteren bor konsantrasyonun dağılımını gösteren haritalar, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinde gerekli önlemlerin alınması ve ıslah programlarının başarısı için mutlak önem arz etmektedir.

Padbhushan ve Kumar (2015a) tarafından Hindistan da yapılan bir çalışmada ortalama spesifik adsorbe edilmiş bor, oksitlere bağlı bor, residüyal bor ve toplam bor fazla kireçli topraklarda düşük kireçli topraklara göre daha fazla bulunmuştur. Alınabilir bor toprağın kireç içeriği arasında önemli negatif kolerasyon bulunmuştur. Aynı zaman da spesifik adsorbe edilmiş bor kolay çözülebilir bor arasında önemli ve negatif kolerasyon var iken organik bileşiklere bağlı bor ile toprağın organik karbon arasında önemli pozitif kolerasyon vardır.

Padbhushan ve Kumar (2015b) tarafından topraktaki bor fraksiyonları ile ilgili çalışmada; toplam borun önemli bir kısmını residüyal bor fraksiyonun oluşturduğu belirlenmiştir.

Demir ve Erdal (2016) tarafından yapılan bir çalışmada Antalya ili Merkez, Kumluca, Serik ve Gazipaşa ilçelerinde serada üretilen domates bitkisinin B durumlarının değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla 50 farklı seradan toprak, yaprak ve meyve örnekleri alınmış ve bu örneklerin B içerikleriyle diğer bazı özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Toprak analiz sonuçlarına göre, seraların % 62'sinde yeterli %

38'inde ise yetersiz düzeyde yarayışlı B belirlenmiştir. Toprak B içeriği, topraktaki Mg ile pozitif ilişkiler vermiştir. Bunun yanında yaprak B içeriği toprağın $CaCO_3$ ve meyvede Zn değerleri ile negatif ilişkiler verirken, yaprak Mn, Zn ve toprağın Mn içerikleriyle pozitif ilişkiler göstermiştir.

Bor fraksiyonlarının bilinmesi, borun miktarı, alınabilirliği ve kimyası bitkiye yarayışlılığı çalışmalarında bilgi sağlarlar. Böyle bilgiler borun alınabilirliğinin tahmini, bor yıkanması, dinamiği, topraktaki kimyasal formlar arasındaki dönüşümler ve çevresel etkiler açısından önemli bilgiler sağlarlar. Toplam bor (T-B) beş fraksiyona ayrılır. Bunlar; Kolay Çözünebilir Bor (Rs-B), Spesifik Adsorbe edilmiş Bor (Spa-B), Oksitlere Bağlı Bor (Ox-B), Organik Bileşiklere Bağlı Bor (Org-B) ve Residüyal Bor (Res-B) dır. Şüphesiz kolay çözünebilir bor toprak çözeltisinde bulunur ve toprak parçacıkları tarafından zayıf şekilde tutulur. Bu bor fraksiyonun çoğu bitkilerin alımı için uygun durumdadır. Bu fraksiyon toplam borun %1-2 'sini oluşturur. Birçok bitki için alınabilir ikinci bor fraksiyonu spesifik adsorbe edilmiş bor olup bu fraksiyon toprakta organik madde ve kil yüzeyleri tarafından tutulur. Farklı fraksiyonlardaki borun oransal dağılımsıralaması Res-B > Org-B > Spa-B > Rs-B >Ox-B şeklindedir. Ancak toprak pH'sı, organik madde içeriği, kil mineralleri, demir ve alüminyum oksitler gibi toprak faktörleri borun farklı fraksiyonlar arasındaki bu sıralamayı ve bor fraksiyonları arasındaki bu dönüşümleri değiştirebilir (Padbhushan ve Kumar , 2017).

Uysal ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada Türkiye'nin sanayi domatesi açısından önemli üretim alanları olan Bursa, Balıkesir, Manisa ve İzmir yöresinde yürütülmüştür. Çalışmada bu merkezlere bağlı bazı alanlardan toprak ve yaprak örnekleri alınarak bahçelerin bor besin elementi düzeylerinin belirlenebilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca bu alanlara ait diğer toprak ve yaprak özellikleriyle, bor arasındaki ilişkilerin ortaya konulması da çalışmanın bir diğer amacı olmuştur. Bu amaçla, bölgeyi temsil edecek şekilde 268 adet domates bahçesinden toprak ve yaprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin alınabilir bor, yaprakların ise toplam bor içerikleri belirlenip sınır değerleri ile karşılaştırılarak beslenme durumları saptanmaya çalışılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, araştırma yöresi topraklarının % 27'sinin yarayışlı bor içeriğinin yetersiz (<0.5 mg B kg^{-1}) olduğu saptanmıştır. Kalan örneklerin % 63'ü yeterli ve % 10'unun ise fazla bor içerdiği belirlenmiştir. Yaprak analiz sonuçlarına göre, yaprakların B içerikleri sınır değerlerle karşılaştırıldığında % 2'sinin 30 mg kg-1'den düşük ve eksik, % 87'sinin

30-100 mg kg-1 arasında ve yeterli, % 11'inin ise 100 mg kg^{-1}'den yüksek olduğu ve fazla olarak sınıflandırıldığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada genel olarak bor eksikliğine rastlansa da, bazı bölgelerde borun oldukça yüksek değerlere ulaştığı dikkat çemiştir. Bursa iline bağlı Mustafakemalpaşa ve Karacabey ilçeleri ile Balıkesir'in bazı merkez köylerinde bor değerleri hem topraklarda hem de yapraklarda yüksek seviyelerde bulunmuştur. Topraktaki bor içeriği ile topraktaki kil, organik madde, fosfor, magnezyum ve yapraktaki bor ve fosfor içerikleri arasında, istatistiksel olarak önemli pozitif, yaprak demir içeriği arasında ise negatif yönlü ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca örneklerin yaprak bor içerikleri ile toprak bor, kil, magnezyum ve yaprak magnezyum içerikleri arasında anlamlı pozitif, buna karşın yaprak azot ve demir içerikleri arasında ise negatif ilişkiler tespit edilmiştir.

Gaziantep 'de yapılan bir çalışmada, antep fıstığı yetiştirilen 15 farklı alanından 0-30 cm toprak derinliklerinden alınan toprak örneklerinde, borun kimyasal fraksiyonlarından olan çözünebilir bor (KÇ-B), spesifik olarak adsorbe olmuş bor (SPA-B), oksitlere bağlı bor (OK-B), organik bileşiklere bağlı bor (OM-B) ve residüyal bor (RES-B) fraksiyonları belirlenmiş ve bu fraksiyonların bazı toprak özellikleri ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışma sonunda, topraklarda TOP-B içeriğinin ardışık olarak ekstrakte edilen bor fraksiyonlarından KÇ- B, ortalama % 0.96'sini, SPA-B % 1.47'sini, OK-B % 0.84'ünü, OM-B % 0.84'ünü, RES-B % 95.88'ini oluşturmaktadır (Uzun, 2017).

Yalçın ve Çimrin (2017) tarafından yapılan bir çalışmada Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı bölgesi çayır - mera topraklarının bor içeriğinin belirlenmesi ve toprağın bazı özelikleri ile ilişkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaç için çayır mera topraklarını temsil edecek şekilde iki farklı derinlikten (0-20 ve 20-40 cm) ve 40 noktadan olmak üzere toplamda 80 toprak örneği alınmıştır. Örneklerde toprakların tekstür, pH, tuz, kireç, organik madde ve yarayışlı bor içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına gore; toprakların pH içerikleri 6.85 -8.16; tuz içeriği % 0.01-0.21; kil içerikleri % 4.60-65.30; kum içerikleri % 8.70-85.40; silt içerikleri % 8.00-58.00; kireç içerikleri % 3.40-53.95; organik madde içerikleri % 0.29-5.52 ve alınabilir bor içerikleri 0.00-1.31 ppm arasında bulunmuştur. Çayır mera topraklarının bor içeriği bakımından 0-20 cm derinlikte % 70'nin çok az, % 27.50'sinin az, % 2.50'sinin yeterli düzeyde, 20 -40 cm derinlikte ise % 72.50'si çok az, % 17.50'si az ve % 10'unun yeterli düzeyde olduğu bulunmuştur. Toprakların bor ile kum içerikleri arasında negatif önemli ilişki belirlenir iken bor ile tuz,

kil, silt ve kireç içerikleri arasında ise pozitif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Tuz ile kum içeriği arasında negatif önemli ilişki belirlenmiş olup kil, silt, kireç ve organik madde ile poz itif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Toprakların pH ile organik madde içeriği arasında negatif öneml i ilişki belirlenmiş olup, kil, silt, kireç ve organik madde arasında ise negatif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Toprakların silt ile kireç ve organik madde arasında ise pozitif önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Çimrin ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada Gaziantep ili Antepfıstığı bahçeleri topraklarının bor içeriğinin belirlenmesi ve toprağın bazı özelikleri ile ilişkilerinin saptanması amaçlanmıştır. Bu amaç için Antepfıstığı bahçeleri topraklarını temsil edecek şekilde iki farklı derinlik (0-30 ve 30-60 cm) ve 15 farklı noktadan olmak üzere toplamda 30 toprak örneği alınmıştır. Örneklerde toprakların tekstür, pH, tuz, kireç ve yarayışlı bor içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; toprakların pH içerikleri 7.87-8.48; tuz içeriği % 0.003-0.103; kil içerikleri % 26.32-61.04; kum içerikleri % 8.96-51.68; silt içerikleri % 18.72-41.44; kireç içerikleri % 27.15-73.56 ve alınabilir bor içerikleri 0.18-1.26 mg kg^{-1} arasında bulunmuştur. Gaziantep ili Antepfıstığı bahçeleri topraklarının alınabilir bor içeriği bakımından 0-30 cm derinlikte % 53.3'ünün çok az (<0.4 mg kg^{-1}), % 46.7'sının az (0.5-0.9 mg kg^{-1}) düzeyde, 30-60 cm derinlikte ise % 73.3'ü çok az, % 20.0'si az ve % 6.7'si ise yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Toprakların alınabilir bor ile pH içerikleri arasında negatif önemli ilişki belirlenmiştir. Ayrıca toprakların tuz içeriği ile kireç ve kum içeriği arasında negatif önemli ilişki belirlenirken; tuz içeriği ile kil içeriği arasında ise pozitif önemli ilişki belirlenmiştir. Elde edilen bulgulardan bahçe topraklarının neredeyse tümünde bor noksanlığının olduğu belirlenmiştir. Bu topraklarda Antepfıstığı üretim ve kalitesini artırmak için mutlaka bor gübrelemesi yapılması tavsiye edilmektedir.

Çimrin ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada Gaziantep ili Nizip ilçesi zeytin bahçeleri topraklarının bor durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için Gaziantep ili Nizip ilçesi zeytin bahçeleri topraklarının temsil edecek şekilde iki farklı derinlikten (0-30 ve 30-60 cm) ve 20 farklı noktadan olmak üzere toplamda 40 toprak örneği alınmıştır. Örneklerde toprakların tekstür, pH, tuz, kireç ve yarayışlı bor içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; toprakların pH içerikleri 7.93-8.44; tuz içerikleri % 0.010-0.043; kil içerikleri % 33.04-61.04; kum içerikleri % 11.68-35.36; silt içerikleri % 18.32-50.32; kireç içerikleri % 8.11-93.28 ve alınabilir bor içerikleri 0.06-

1.18 ppm arasında bulunmuştur. Bahçe topraklarının bor içeriği bakımından, 0-30 cm derinlikte % 85.00'inin çok az, % 10.00'u az ve % 5.00'nin yeterli düzeyde, 30-60 cm derinlikte ise % 95.00'i çok az ve % 5.00'i az düzeyde olduğu belirlenmiştir.Çalışmada toprakların alınabilir bor içerikleri ile sadece silt içeriği arasında negatif önemli bir ilişki belirlenmiştir. Diğer yandan, toprakların tuz içeriği ile kum ve kireç içerikleri arasında negatif, kil içerikleri arasında ise pozitif önemli ilişkiler belirlenmiştir. Ayrıca, toprakların kil içerikleri ile kum, silt ve kireç içerikleri arasında negatif ve silt içeriği ile kireç içeriği arasında ise pozitif önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Saltalı ve ark.(2020) tarafından Gaziantep ilinin 15 farklı bölgesinde 0-30 cm toprak derinliğinden alınan toprak örneklerinde borun fraksiyonları belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre topraklardaki toplam bor içeriğinin % 0.96'sını kolay çözünebilir, % 1.47'sini spesifik olarak adsorbe edilmiş, % 0.84'ünü oksitlere bağlı, % 0.84'ünü organik maddeye bağlı ve % 95.88'ni ise residüyal bor oluşturmuştur.

Borun tarımdaki etkilerini değerlendirebilmek için, topraklardaki farklı bor fraksiyonlarını bilmek ve her bir fraksiyonun konsantrasyonunu belirmemek gerekir (Padbhushan ve Kumar, 2015). Bu çalışmada, Arsuz ovasından alınacak toprak örneklerinde, bor fraksiyonları belirlenmesi ve bu fraksiyonlar ile toprakların bazı özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Yaklaşık 4500 hektarlık bir alan kaplayan Arsuz ovası, Hatay ili Arsuz ilçesi sınırları içinde yer almaktadır (36º29'42.22" K ile 36º1'8.71"D ve 36º23'37.67"K ile 35º52'10.57" D) (Şekil 3.1). Ovanın batısında Akdeniz, doğusunda Amanos dağları, kuzeyinde İskenderun, güneyinde ise Samandağ ilçesi yer almaktadır (Anonim, 2016).

3.1.2. Çalışma Alanının İklimi

Çalışma alanını da kapsayan Hatay iline ait uzun yıllık (30 yıllık) iklim verileri Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonim, 2019). Bölge, yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve yağışlı Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Ortalama yıllık yağış 1121.6 mm ortalama sıcaklık ise 18.3 °C olarak kaydedilmiştir. Alanda en fazla yağış Ocak, en az yağış ise Haziran ayında kaydedilmiştir. Hatay'da ortalama en yüksek sıcaklık 31.9 °C ile Ağustos ayında, ortalama en düşük sıcaklık ise 4.6 °C ile Ocak ayında kaydedilmiştir. İldeki ortalama yağışlı gün sayısı 90, yıllık ortalama güneşlenme süresi ise 86.1 saat olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

3.1.3. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü

Çalışma alanını oluşturan Arsuz ovasının hemen hemen tamamında bitkisel üretim yapılmaktadır.. Ovada en fazla yetiştirilen ürünler; maydanoz, buğday, zeytin, limon ve kayısı, narenciye, nar, çilek, şeftali ve sebzedir (Anonim, 2017).

3.1.4. Toprak Örneklerinin Alınması

Bu çalışmada, Hatay il sınırları içinde kalan Arsuz ovasından 0-30 cm derinlikte toplam 19 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 3.1). Ayrıca, toprak örneklerinin noktaların koordinatları GPS aleti ile belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Analizleri

Alınan toprak örnekleri plastik tavalarda gölgede kurutulup, 2 mm'lik elek ile elendikten sonra analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale gelen toprak örneklerinde; borun farklı kimyasal fraksiyonları belirlenmiş ve ayrıca, pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç ve tane irilik dağılımı (% kum, kil ve silt) analizleri yapılmıştır.

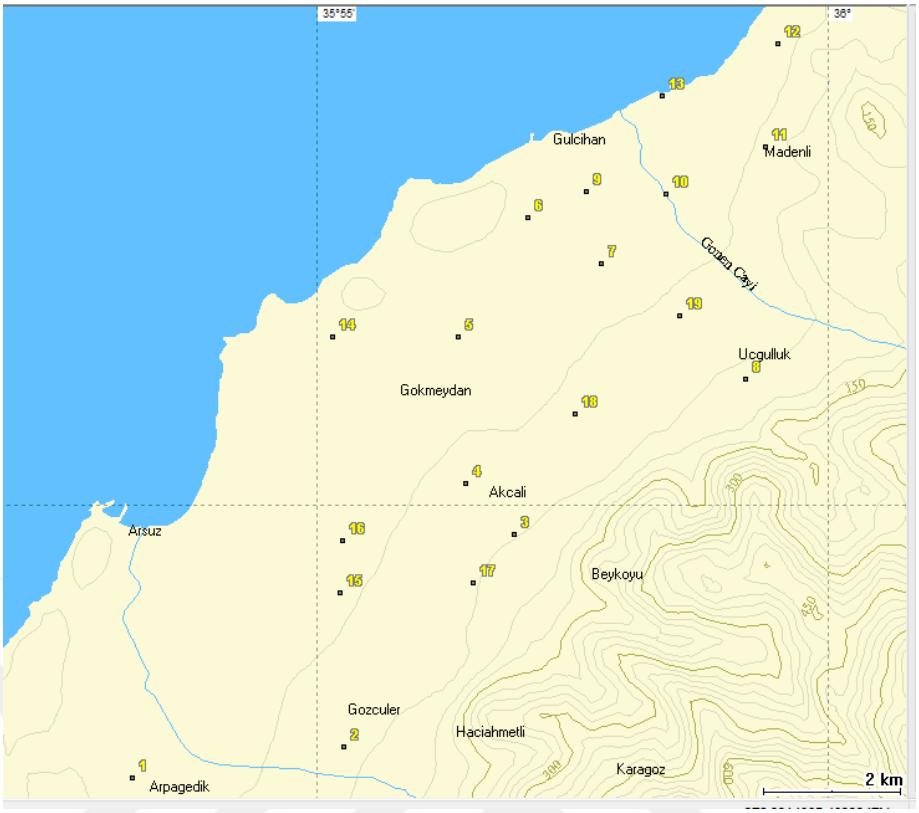
pH ve, EC ise 1/2.5 toprak-su süspünsiyonunda ölçülmüştür (Richards, 1954). Kireç Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Allison ve Moode, 1965). Organik madde modifiye edilmiş Lichterfelder yöntemi ile (Schlichting ve Blume, 1966), bünye ise hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1951) saptanmıştır.

3.2.2. Topraklardan Ardışık Bor Ekstraksiyonu

Borun ardışık ekstraksiyonu için her bir topraktan alınan 5 gr örnek ile analize başlanmış ve bütün bor fraksiyonları bu örneklerden ardışık olarak yürütülmüştür. Önce kolay çözünebilir bor (**KÇ-B**) fraksiyonunu belirlenmesi için, Hou ve ark. (1996), tarafından bildirildiği şekilde, 50 ml'lik polietilen santrifüj tüplerine alınan örnekler, 10 ml 0.01 M $CaCl_2$ çözeltisi ile 16 saat çalkalanmış ve daha sonra 10.000 rpm'de 30 dakika santrifüjlenerek elde edilen berrak kısım Whatman 42 süzgeç kağıdından süzülmüş ve B miktarı belirlemeye hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 3.1. Arsuz ovasının yer aldığı Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (1981-2010)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık(*C)	8.2	9.9	13.1	17.2	21.2	24.8	27.1	27.8	25.6	20.6	14.2	9.5	18.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık(*C)	12.0	14.4	18.0	22.5	26.4	29.2	31.1	31.9	31.0	27.3	20.1	13.6	23.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık(*C)	4.6	5.7	8.4	12.2	16.3	20.8	23.8	24.5	21.1	15.1	9.4	5.9	14.0
Ortalama Güneşlenme Süresi(saat)	3.2	4.4	5.9	7.3	9.1	10.6	11.0	10.4	9.3	6.9	4.8	3.2	86.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.9	13.0	12.9	9.0	5.5	2.0	0.5	0.6	3.2	6.9	8.5	13.3	90.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(mm)	191.8	168.3	143.2	102.5	79.3	24.4	6.8	6.7	38.9	77.8	100.4	181.5	1121.6



Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu ve örnekleme noktaları

Çizelge 3.2. Örnek noktalarının UTM sistemine göre koordinatları

Örnek no	Doğu	Kuzey	Örnek no	Doğu	Kuzey
1	758940	4030039	11	767900	4039561
2	762013	4030586	12	768043	4041081
3	764409	4033774	13	766379	4040254
4	763679	4034489	14	761668	4036587
5	763498	4036638	15	761886	4032832
6	764472	4038409	16	761897	4033593
7	765561	4037776	17	763839	4033038
8	767729	4036145	18	765240	4035552
9	765318	4038825	19	766732	4037047
10	766468	4038328			

Santrifüj tüplerinde kalan örnek kısmı ile spesifik olarak adsorbe olmuş bor (**SPA-B**) fraksiyonunun belirlenmesi işlemine geçilmiştir. Bunun için, Hou ve ark. (1996), tarafından bildirildiği şekilde, santrifüj tüplerinin içinde kalan örneklerin üzerine 10 ml 0.05 M KH_2PO_4 çözeltisi ilave edilerek 1 saat çalkalanıp ve

santrifüjlendikten sonra elde edilen berrak kısım Whatman 42 süzgeç kağıdından süzülmüş ve belirlemeye hazır hale getirilmiştir.

Tüplerde kalan toprak örneklerinin üzerine, oksitlere bağlı bor (**OK-B**) fraksiyonunun belirlenmesi için; Hou ve ark. (1996), tarafından bildirildiği şekilde, 20'şer ml 0.2 M asidik NH_4-oksalat çözeltisi ilave edilerek 4 saat çalkalanmış ve yukarıda anlatılan santrifüjleme ve süzme işlemleri yapılmıştır.

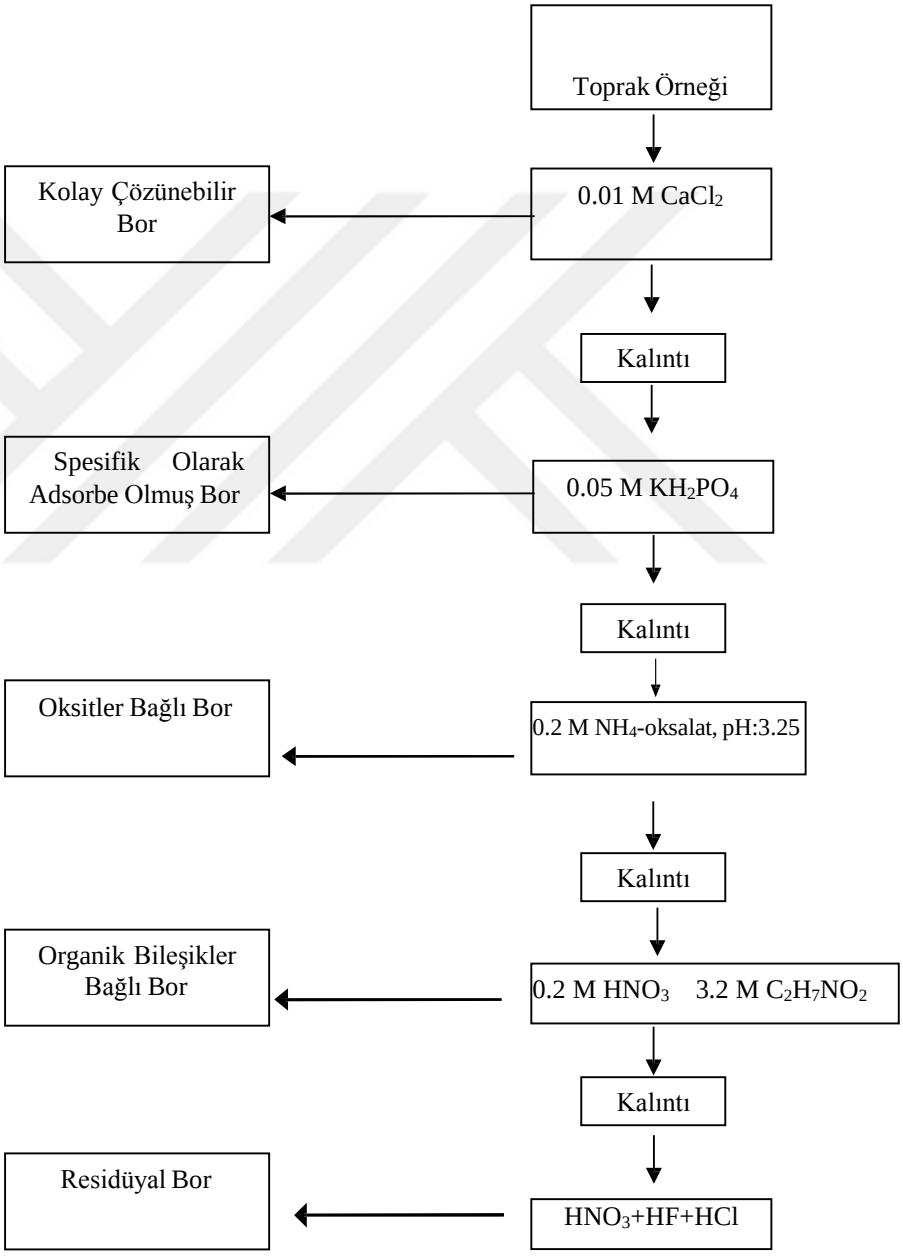
Organik bileşiklere bağlı bor (**OB-B**) fraksiyonunun belirlenmesi için, oksitlere bağlı bor fraksiyonunun belirlenmesi işleminden geriye kalan örneklerin üzerine Hou ve ark. (1996), tarafından bildirildiği şekilde, 3'er ml 0,02 M HNO_3 ve 5'er ml % 30'luk H_2O_2 çözeltisi ilave edilmiş, 85˚C'ye ayarlı sıcak su banyosunda 2 saat süreyle ve belirli aralıklarla çalkalanarak ısıtılmıştır. Daha sonra tekrar 3'er ml % 30'luk H_2O_2 çözeltisi ilave edilmiş ve 85˚C'ye ayarlı sıcak su banyosunda 3 saat süreyle tekrar ısıtılmıştır. Soğuduktan sonra üzerlerine 5'er ml 3.2 M amonyum asetat eklenmiş ve saf suyla 20 ml'ye seyreltilerek, 30 dakika çalkalandıktan sonra santrifüjlenerek, berrak kısım Whatman 42 süzgeç kâğıdından süzülmüş ve için hazır hale getirilmiştir.

Residüyal bor (**RE-B**) fraksiyonun belirlenmesi için, bir önceki fraksiyondan kalan toprak örnekleri teflon beherlere alınmış ve Shuman (1985), tarafından bildirildiği şekilde, üzerlerine 1:4:5 oranında hazırlanan HNO_3+HF+HCl çözeltisinden 5'er ml ilave edilmiştir. 140˚C'ye ayarlı hotplate üzerinde, hacimler 1-2 ml kalıncaya kadar ısıtılmış ve 5'er ml daha aynı ekstraksiyon çözeltisinden ilave edilerek işlem tekrarlanmıştır. Daha sonra üzerlerine 10'ar ml $AlCl_3$ eklenerek 60˚C'ye ayarlı su banyosunda 5 dakika ısıtılmıştır. Soğumaya bırakılan süspansiyonlar Whatman 42 süzgeç kâğıdından süzülerek 50 ml'lik polietilen balonjojelere alınmış, hacimler 50 ml'ye tamamlanmış ve belirlemeye hazır hale getirilmiştir. Borun ardışık ekstraksiyon akış şeması Şekil 3.2'de verilmiştir

Yine, beş farklı bor fraksiyonun toplamı ise toplam bor (**TO-B**) olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, toprak özellikleri ile bor fraksiyonları arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla korelasyon analizleri yapılmıştır.

3.2.2. İstatistiksel Analizler

Topraklara ait bütün parametrelerin tanımlayıcı istatistik analizleri (ortalama, median, en düşük ve en yüksek değerler, standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık, basıklık vb.) yapılmıştır. Ayrıca, toprakların bor fraksiyonları ile özellikleri arasındaki korelasyon analizi yapılmıştır. Tüm istatistik analizler için Windows uyumlu SPPS 19 istatistik paket programı kullanılmıştır.



Şekil.3.2. Ekstraksiyon akış şeması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprakların Genel Özellikleri

Araştırma bölgesi toprakların temel özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda toprakların pH değerleri 7.71 (15 nolu örnek) ile 8.80 (17 nolu örnek) arasında belirlenmiş olup, toprakların 94.7'si Anonim (2006)'ya göre hafif bazik topraklar sınıfında bulunmaktadır. EC değerleri 194 (11 nolu örnek) – 1580 µS cm^{-1} (16 nolu örnek) arasında değişmiştir. Toprakların kireç içerikleri % 4.90 (1 nolu örnek) ile % 26.05 (12 nolu örnek), arasında değişmekte olup, Anonim (2006)'ya göre % 63.2'si çok kireçli, % 31.6'sı ise orta kireçli topraklar sınıfında yer almaktadırlar. Toprakların kum içerikleri % 4.06 (4 nolu örnek)– 64.76 (1 nolu örnek), silt içerikleri % 11.97 (1 nolu örnek) ile % 47.98 (11 nolu örnek), kil içerikleri ise % 23.27 (1 nolu örnek) ile % 72.18 (6 nolu örnek) arasında değişmiştir. Yine araştırma konusu toprakların organik madde içerikleri % 1.44 (12 nolu örnek) ile % 5.87 (15 nolu örnek) arasında değişmiş olup, Anonim (2006)'ya göre sadece % 5'i yüksek sınıfında, diğer topraklar ise orta ve az sınıflarında yer almıştır.

Parametreler arasında en düşük varyasyon katsayısı (VK) pH değerlerinde (%3.2) olup, bunu silt (% 25.3) ve kil (% 25.4) değerleri izlemiştir. En yüksek varyasyon katsayısı ise EC (% 65.6) ve kum (% 62.2) değerlerinde belirlenmiştir (Çizelge 2). Genellikle CV değerleri % 10'dan düşük ise değişkenlikleri düşük, %10-100 arasında ise orta, % 100'den büyük ise yüksek olarak tanımlanmaktadır (Zhou ve ark. 2011). Buna göre, pH değerleri düşük, diğer parametreler ise orta düzeyde değişkenliğe sahiptir. Düşük varyasyon katsayısı (VK) değerleri toprak parametrelerinin homojen dağıldığını belirtirken, orta VK değerleri ise bu parametrelerin biraz daha heterojen dağıldığını göstermektedir.

Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının temel özellikleri

Örnek No	Kireç %	pH	Organik madde (%)	EC µS cm^{-1}	Kum %	Silt %	Kil %	Bünye sınıfı
1	4.90	8.05	3.49	238	64.76	11.97	23.27	Kumlu tın (SCL)
2	17.03	7.87	2.59	320	30.18	34.5	35.32	Kil (C)
3	13.37	8.27	2.69	372	22.01	34.59	43.40	Kil (C)
4	22.08	7.87	3.38	658	20.75	37.03	42.22	Kil (C)
5	18.04	8.11	1.76	623	12.26	38.15	49.59	Kil (C)
6	11.20	8.23	2.16	206	4.06	23.76	72.18	Kil (C)
7	17.65	8.34	1.74	413	13.87	36.76	49.37	Kil (C)
8	21.00	8.04	2.54	1214	22.27	41.46	36.27	Killi tın (CL)
9	17.03	8.45	1.55	755	17.50	31.03	51.47	Kil (C)
10	6.45	8.17	2.03	242	36.88	30.09	33.03	Killi tın (CL)
11	20.53	8.20	1.85	194	20.54	47.98	31.48	Killi tın (CL)
12	26.05	8.09	1.44	646	20.46	26.66	52.88	Kil (C)
13	10.65	8.09	2.59	280	12.77	26.13	61.1	Kil (C)
14	17.34	8.17	2.45	253	19.95	29.34	50.71	Kil (C)
15	9.64	7.71	5.87	1060	24.81	27.50	47.69	Kil (C)
16	17.42	7.83	2.08	1580	7.40	35.05	57.55	Kil (C)
17	18.66	8.80	1.89	1060	36.16	25.33	38.51	Killi tın (CL)
18	12.44	8.43	1.92	691	17.36	43.12	39.52	Siltli killi tın (SiCL)
19	16.33	7.88	2.26	557	9.87	39.19	50.94	Kil (C)
En düşük	4.90	7.71	1.44	194	4.06	11.97	23.27	
En yüksek	26.05	8.80	5.87	1580	64.76	47.98	72.18	
Ortalama	15.67	8.14	2.44	598	21.78	32.61	45.60	
Standart sapma	5.41	0.26	1.00	392.2	13.55	8.26	11.59	
Varyasyon katsayısı (VK) (%)	34.5	3.2	41.0	65.6	62.2	25.3	25.4	

4.2. Toprakların Bor Fraksiyonları

Ardışık ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elde edilen bor fraksiyon içerikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Toprakların bor fraksiyon içerikleri

Örnek no	Kolay çözünür bor	Spesifik adsorbe edilmiş bor	Oksitlere Bağlı bor	Organik bileşiklere bağlı bor	Residüyal bor	Toplam bor
			mg kg^{-1}			
1	1.44	1.91	1.55	3.36	15.33	23.59
2	0.89	1.71	0.56	2.38	3.87	9.41
3	1.30	2.03	0.96	5.46	158.12	167.87
4	6.93	2.03	1.11	5.12	202.08	217.27
5	2.76	1.50	1.31	3.80	26.45	35.81
6	7.69	3.08	0.89	3.15	14.22	29.03
7	2.50	1.81	0.75	2.81	18.98	26.84
8	1.77	2.39	0.73	2.76	8.55	16.21
9	1.67	2.36	1.24	2.25	182.48	190.00
10	0.74	2.47	0.86	3.67	247.48	255.22
11	2.34	1.49	0.58	3.62	17.16	25.18
12	5.12	2.81	0.64	1.40	10.93	20.89
13	1.96	1.81	0.73	3.58	15.45	23.52
14	1.00	2.53	0.84	2.50	16.55	23.42
15	2.17	2.44	0.86	3.97	6.84	16.28
16	1.91	39.64	0.56	4.07	10.79	56.97
17	5.84	17.69	0.48	4.63	27.90	56.54
18	1.29	18.91	0.49	2.53	13.15	36.38
19	1.84	3.32	0.43	2.84	135.16	143.60
En düşük	0.74	1.49	0.43	1.40	3.87	9.41
En yüksek	7.69	39.64	1.55	5.46	247.48	**252.22**
Ortalama	2.69	5.89	0.82	3.36	59.55	**72.32**
Standart sapma	2.09	9.62	0.31	1.02	**79.89**	**78.82**
Varyasyon katsayısı (%)	77.7	163.3	37.80	30.4	**134.2**	108.2

4.2.1. Kolay Çözünebilir Bor (KÇB-B)

Kolay çözünebilir bor fraksiyonunun büyük bir kısmı toprak çözeltisinde bulunmakla birlikte bir kısmı da toprak kolloidleri tarafından zayıf bir şekilde tutulmaktadır. Bu bor fraksiyonu aynı zamanda bitkiler tarafından kolaylıkla yararlanılabilen bor olarak değerlendirilmektedir (Hou ve ark., 1994).

Topraklarda, çoğunlukla toprak çözeltisinde bulunan veya toprak kolloidleri tarafından zayıf olarak adsorbe edilen ve aynı zamanda bitkilerin çok kolay yararlanabildikleri bor fraksiyonu olan, kolay çözünebilir bor içeriği 0.74 (10 nolu örnek) ile 7.69 mg kg^{-1} (6 nolu örnek) arasında belirlenmiştir (Çizelge 3). Taban ve ark. (1997) tarfından Orta Anadolu Çeltik topraklarında yapılan bir çalışmada kolay çözünebilir (bitkiye yarayışlı) bor içeriklerinin 1.36-6.25 mg kg^{-1}, .Harmankaya ve Gezgin (2005) tarafından Konya ovası topraklarında bu konuda yapılan bir çalışmada, kolay çözünebilir bor içeriklerinin 0.09 ile 31.33 mg kg^{-1}, Uzun (2017) tarafından Gaziantep topraklarında yapılan diğer bir çalışmada 0.17 ile 0.58 mg kg^{-1}, Gürel ve ark. (2019) tarafından Bursa'da yapılan bir çalışmada ise 0.22-1.83 mg kg^{-1} arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yine Demir ve Erdal (2016) tarafından Antalya'da domates sera topraklarında yapılan diğer bir çalışmada; toprakların B konsantrasyonları 0.2-1.3 ppm aralığında değişmiş ve ortalama B konsantrasyonu 0.6 ppm olarak hesaplanmıştır

Kolay çözünebilir bor içeriği toplam bor içeriğinin % 3.72'sini oluşturmuştur. Akın (2009) tarafından Tokat Kazova topraklarında yapılan bir çalışmada bu değer % 12.6, Uzun (2017) tarafından % 0.96, Gürel ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada ise ortalama % 0.45olarak belirlenmiştir.

4.2.2. Spesifik Olarak Adsorbe Edilmiş Bor (SPA-B)

Spesifik olarak adsorbe edilmiş bor fraksiyonu kil yüzeylerinde spesifik olarak tutulmuş bor fraksiyonunu ifade etmektedir (Sidhu ve Kumar, 2018). Araştırma konusu toprakların spesifik olarak adsorbe edilmiş bor konsantrasyonlarının 1.49 (11 nolu örnek) - 39.64 mg k^{-1} (16 nolu örnek) arasında değiştiği ve ortalama değerin 5.89 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Chaudhary ve Shukla (2004) tarafından yapılan bir çalışmada ortalama

spesifik olarak edsorbe edilmiş bor konsantrasyonu ise 0.30 mg kg^{-1}, Padbhushan ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada ise 1.54 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir.

Çalışma konusu topraklarda spesifik olarak adsorbe edilmiş bor konsantrasyonunun toplam bor içeriğine oranı ise % 8.14 olarak belirlenmiştir. Akın (2009) tarafından Tokat Kazova topraklarında yapılan çalışmada bu değer % 5.1, Harmankaya Gezgin (2005) tarafından Konya Ovası topraklarında ortalama % 8.10, Çolak ve ark. (2013) tarafından Karadeniz bölgesinde yapılan bir çalışmada ise bu değer bor yetersizliği olan topraklar için % 3.35, bor yetersizliği olmayan topraklar için ise % 3.70 olarak belirlenmiştir.

4.2.3. Oksitlere Bağlı Bor (OK-B)

Oksitlere bağlı bor fraksiyonu alüminyum (Al) ve demir (Fe) oksit ve hidroksitlerle ilişkilidir. Ayrıca, borun daha aza hareketli formu olup, bitkilere yararlı olmayan formda adsorbe edilmiştir (Tessier ve ark., 1979; Jin ve ark., 1988). Borun tutulmasında Al ve Fe mineralleri önemli rol oynamaktadır (Padbhushan ve Kumar, 2017). Araştırma konusu toprakların oksitlere bağlı bor içeriklerinin 0.43 (19 nolu örnek) – 1.55 mg kg^{-1} (1 nolu örnek) arasında değiştiği ve ortalama değerin 0.82 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Kumari ve ark. (2017) ise Hindistan'daki bazı tarım kültürü altında bulunan topraklarda bu değerleri 0.26 ile 1.67 mg kg^{-1} arasında belirlemişlerdir.

Oksitlere bağlı bor içeriklerinin toplam bor içeriğine oranı ise % 1.33 olarak hesaplanmıştır. Hou ve ark. (1994)'e göre bu bor fraksiyonu toplam fraksiyonunun % 3'ünden daha az bir kısmını oluşturmaktadır. Akın (2009) tarafından Tokat Kazova topraklarında yapılan çalışmada bu değer % 11.81, Kumari ve ark. (2017) tarafından ise % 2.4 olarak saptanmıştır.

4.2.4. Organik Bileşiklere Bağlı Bor (OB-B)

Organik madde, borun adsorpsiyon ve desorpsiyonunda önemli rol oynamaktadır. Toprakta organik madde, mineral bileşenlerden daha fazla ve bitkilerin alamayacağı formda bor adsorbe etmektedir (Padbhushan v Kumar, 2017; Sidhu ve ark., 2018).

Toprakların organik bileşiklere bağlı bor içeriklerinin 0.43 (12 nolu örnek) – 5.46 mg kg^{-1} (3 nolu örnek) arasında değiştiği ve ortalama değerin 3.36 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Sidhu ve ark. (2018) tarafından kireçli topraklarda yapılan bir çalışmada organik bileşiklere bağlı bor içerikleri 1.15 ile 1.59 mgkg^{-1} arasında değişmiştir. Yine Kumari ve ark. (2017) ise Hindistan'daki bazı tarım kültürü altında bulunan topraklarda bu değerleri 0.32 ile 2.34 mg kg^{-1} arasında belirlemişlerdir.

Çalışma alanı topraklarının oksitlere bağlı bor içeriklerinin toplam bor içeriğine oranı ise % 4.65 olarak belirlenmiştir. Akın (2009) tarafından Tokat Kazova topraklarında yapılan çalışmada ise bu değer % 3.23, Kumari ve ark. (2017) tarafından ise % 4.5 olarak saptanmıştır.

4.2.5. Resüdiyal Bor (RE-B)

Resüdiyal bor bitkiler tarafından alınamaz formda olan bor fraksiyonudur. Residüyal bor topraklarda birincil ve ikincil minerallerin kristal yapısında bulunan bor olup, mineral tabakaları arasında sıkı bir şekilde tutulmaktadır. Bu nedenle de bitkiler tarafından alınamamaktadır. Topraklarda borun tutulmasını etkileyen ana faktörlerden biri tabakalı silikat kil mineralleridir. Genel olarak resüdiyal bor fraksiyonu toplam bor fraksiyonun % 87.4 ile % 99.7'sini oluşturmaktadır (Goldberg, 1997; Padbhushan ve Kumar, 2017) . Raza ve ark. (2002) de toplam bor fraksiyonu içerisindeki en yüksek kısmının resüdial bor (% 97) olduğu belirlenmiştir.

Araştırma konusu toprakların residüal bor içeriklerinin 3.87 (2 nolu örnek) – 247.48 mg kg^{-1} (10 nolu örnek) arasında değiştiği ve ortalama değerin 59.95 mg kg^{-1} olduğu belirlenmiştir. Resüdiyal bor fraksiyonu, toplam bor fraksionunun en büyük kısmını oluşturmuştur. Birçok araştırıcı (Hou ve ark., 1994; Xu ve ark., 2001; Data ve ark., 2002; Raza ve ark., 2002) da bu konuda benzer sonuçlar elde etmiştir. Kumari ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada toprakların resüdiyal bor içerikleri 1.95 ile 25.7 mg kg^{-1} arasında belirlenmiştir. Toprakların resüdiyal bor konsantrasyonları onların tane irilik dağılımlarına (bünyelerine) göre değişmektedir (Kumari ve ark., 2017)

Araştırma konusu topraklarda oksitlere bağlı bor içeriklerinin toplam bor içeriğine oranı ise % 82.34 olarak belirlenmiştir. Akın (2009) tarafından Tokat Kazova topraklarında yapılan çalışmada ise bu değer % 67.28 olarak saptanmıştır.

4.2.6. Toplam Bor (TO-B)

Çalışma alanı toprakların toplam bor içerikleri 9.41 mg kg^{-1} (2 nolu örnek) ile 386.79 mg kg^{-1} (10 nolu örnek) arasında değişmiştir. Akın (2009) tarafından Tokat Kazova topraklarında yapılan bir çalışmada toplam bor içerikleri 6.68-50.32 mg kg^{-1}, Uzun (2017) tarafından Gaziantep ilinde antepfıstığı yetiştirilen topraklarda ise 20.81-46.28 mg kg^{-1} arasında değişirken, Harmankaya ve Gezgin (2002) bu değerleri Konya Ovası topraklarında 41.4 ile 398.7 mg kg-1 arasında belirlemiştir. Yine Raza ve ark. (2002) tarafından Kanada'da yapılan bir çalışmada toprakların toplam bor konsantrasyonlarının 78.5-138.1 mg kg^{-1}, Datta ve ark. (2002) ise Hindistan'da yaptıkları çalışmada toplam bor içeriklerini 31-355 mg kg^{-1} arasında değiştiği belirlemişlerdir. Toprakların toplam bor içerikleri arasındaki bu farklılık büyük olasılıkla toprakların ana materyal içeriklerinin ve bu an materyallerin ayrışma derecelerinin farklı olmasından kaynaklanmıştır. Çünkü toprakların toplam bor içerikleri anılan bu faktörlere göre değişmektedir (Padbhushan ve Kumar, 20017).

Araştırma konusu toprakların bor fraksiyonları arasında en yüksek içeriğe resüdiyal bor fraksiyonu sahiptir. Bunu sırasıyla spesifik olarak adsorbe olmuş bor, organik bileşiklere bağlı bor, kolay çözünebilir bor ve oksitlere bağlı bor izlemektedir. Kumari ve ark. (2017) topraklardaki toplam bor içerisindeki en yüksek oranı resüdiyal fraksiyonun oluşturduğunu ve bun sırasıyla organik bağlı bor, oksitlere bağlı bor, spesifik olarak adsorbe edilmiş bor ve kolay çözünebilir borun takip ettiğini belirlemişlerdir.

4.3. Bor Fraksiyonları ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Toprakların farklı bor fraksiyonları ile özellikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 4.3'de verilmiştir. Toprakların EC değerleri ile spesifik adsorbe edilmiş bor (SAB-B) değerleri arasında istatistiksel açıdan %1 düzeyinde önemli pozitif ilişki saptanmıştır. Harmankaya ve Gezgin (2002) tarafından da bu konu ile ilgili benzer sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Toprakların bor fraksiyonları ile özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

	KÇB-B	SPA-B	OK-B	OB-B	RE-B	TO-B	Kireç	pH	EC	Kum	Silt	Kil
SPA-B	0.002											
OK-B	0.013	-0.399										
OB-B	0.199	0.165	0.184									
RE-B	-0.025	-0.214	0.258	0.330								
TO-B	-0.105	0.167	0.117	0.328	**0.903****							
Kireç	0.344	0.060	-0.325	-0.195	-0.119	-0.144						
pH	0.165	0.078	-0.065	-0.006	0.042	-0.043	0.043					
EC	0.067	**0.676****	-0.236	0.136	-0.155	0.096	0.318	-0.119				
Kum	-0.214	-0.178	0.385	0.101	0.062	-0.020	-0.403	0.083	-0.184			
Silt	-0.193	0.097	-0.445	0.013	0.086	0.092	**0.499***	-0.046	0.167	**-0.525***		
Kil	0.387	0.139	-0.133	-0.127	-0.134	-0.043	0.115	-0.064	0.096	**-0.795****	-0.100	
OM	0.063	-0.175	0.236	0.352	-0.065	-0.132	-0.408	**-0.564***	0.134	0.299	-0.288	-0.145

*: Korelasyon 0.05 düzeyinde önemli, **: Korelasyon 0.01 düzeyinde önemli

Toprakların toplam bor içeriği ile residüyal bor içeriği içeriği arasında istatistiksel açıdan önemli ilişki belirlenmiştir ($p>0.01$). Akın (2009) ve Kumari ve ark. (2017) de bu konuda benzer sonuçlar bulmuştur.

Toprakların kum içeriği ile silt ve kil içerikleri arasında 0.01 düzeyde önemli negatif ve kireç içeriği ile silt içeriği arasında 0.05 düzeyinde pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Yine toprakların organik madde içerikleri ile organik bileşiklere bağlı bor fraksiyonu arasında önemli bir pozitif ilişki (korelasyon katsayısı: 0.352) olmasına rağmen, bu ilişki istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır. Bu konuda daha önce yapılan çalışmalarda (Datta ve ark., 2002; Chaudhary ve Shulka, 2004; Padbushan ve Kumar, 2015; Kumari ve ark., 2017) toprakların organik bileşiklere bağlı bor fraksiyonu ile organik madde içeriği arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler belirlenmiştir. Diğer yandan Rıza ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada ise bu değişkenler arasında önemli bir ilişki belirlenememiştir.

Yine bu çalışmada olduğu gibi, Mengel and Kirkby (2001) ve Harmankaya ve Gezgin (2002) tarafından yapılan çalışmalarda da torakların kum, silt, kil ve organik madde içerikleri ile yarayışlı bor içeriği arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki bulunamamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprakların ortalama kireç içerikleri % 15.67 olup, orta kireçli sınıfında yer almıştır. Yine toprakların tuz içeriklerinin bir ölçüsü olan EC değerleri oldukça düşüktür. Bu nedenle topraklar tuzsuz sınıfa girmektedir. Toprakların ortalama pH değerleri 8.14 olup orta bazik reaksiyona sahiptirler. Yine toprakların organik madde içerikleri % 1.44 ile 5.87 arasında değişmekte olup, çoğunluğunda % 2'nin üzerindedir. Yine de bu organik madde içerikleri düşük olduğu görülmektedir. Bu nedenle topraklara yeterli düzeyde çiftlik gübresi uygulamışı yararlı olacaktır. Toprakların önemli bir kısmının bünyesi kil olup, ince bünyeli topraklar sınıfına girmektedir. Bu durum toprakların kil içeriklerinden de görülmektedir. Bu nedenle, bu toprakların işlenmesi ve sulanmasında kil içeriği nedeniyle dikkatli olunması gerekir

Araştırma alanı topraklarında ardışık olarak ekstrakte edilen bor fraksiyonlarından kolay çözünebilir bor (KÇ-B) toplam bor içeriğinin % 3.72'sini, spesifik olarak adsorbe olmuş bor (SPA-B) %8.14'ünü, oksitlere bağlı bor (OK-B) fraksiyonunun %1.33'ünü, organik bileşiklere bağlı bor (OB-B) 4.65'ini, residüyal bor (RE-B) ise % 82.34'ünü oluşturmuştur. Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi; toprakların bor içeriklerinin en büyük kısmını resüdiyal bor oluşturmaktadır. Bunu sırasıyla spesifik olarak adsorbe olmuş bor, organik bileşiklere bağlı bor, kolay çözünebilir bor ve oksitlere bağlı bor izlemektedir.

Residüyal bor fraksiyonu toprakların toplam bor içeriğinin ortalama 82.34'ü gibi çok büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu durum da bitkilerce alınabilir formlardaki bor içeriklerinin oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca, toprakların bor fraksiyonlarının belirlenmesi ile tarım ve çevre açısından borun durumu, borun yönetimi ile bitki besleme açısından kullanıcılara ve araştırıcılara bor ile ilgili önemli veriler sunulmuştur.

KAYNAKLAR

Adriano, D.C., 1986. Trace elements in the terrestrial environment. **Springer-Verlag**, New York, 73-79 p.

Akın, A., 2009. Tokat Kazova Topraklarında Borun Kimyasal Fraksiyonları ve Bu Fraksiyonlar ile Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Toprak Anabilim Dalı **Yüksek Lisans Tezi**. Tokat.52 S.

Alkan, A., 1994., Orta Anadolu ve GAP Bölgelerinde Yetiştirilen Değişik Arpa ve Buğday Genotiplerinin Bor Beslenme Statüsünün Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. **Yüksek Lisans Tezi**. Adana.

Allison, L.E., Moode, C.D., 1965. Carbonate.(ed: C.A. Black) Methods of soil analysis. Part 2. **Agronomyseries.** No. 9, ASA. 1379-1396, Wisconsin.

Anonim, 2006. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. **Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü**. Genel Yayın No: 231, Teknik Yayınlar No: T.69. Ankara. 424 S.

Anonim, 2016. Rakamlarla Hatay tarım kimliği. **Hatay Valiliği İl Gıda Tarım Ve Hayvancılık Müdürlüğü.**

Anonim, 2017. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Arsuz İlçe Müdürlüğü verileri.

Anonim, 2019. Hatay ili iklim verileri. **https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k= (**Erişim tarihi: 29.01.219).

Arora, S., Chahal, D.S., 2014. Forms of boron in alkaline alluvial soils in relation to soil properties and their contribution to available and total boron pool. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 45: 2247-2257.

Bingham, F.T., Page A.L., Coleman N.T. ve Flach K., 1971. Boron adsorption characteristics of selected soils from Mexico and Hawaii. **Soil Sci. Soc. Am. J**., 35, 546–550.

Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanıcal analysis of soils. **Agronomy Journal** 43, 434-438.

Budak, M., Günal, H., 2015. Tuzlu-Alkali Topraklarda Bor Konsantrasyonunun Uzaysal Değişkenliğinin Jeoistatistiksel Analizi ve Haritalanması. **Ege Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi**, 52 (2) : 191-200.

Chaudhary, D.R., Shukla, L.M., 2004. Boron forms and their relationships with characteristics of arid soils of Western Rajasthan. **Journal of the Indian Society of Soil Science**. 52 (29): 197-199.

Colak, B., Korkmaz, A., Horuz, A., 2013. Boron status, boron fractions and its availability in sugar beet grown soils. **Anadolu J. Agr. Sci**. 28(3): 157-167.

Çakmak, I., Yılmaz A., Kalaycı M., Ekiz H., Ülger A.C. ve Brown H. J., 1996. Zinc deficiency and boron toxicity as critical nutritional problems in wheat production in Turkey. 5th Int. **Wheat Conferance**, June 10-14, Ankara, Turkey.

Çelik, H., Ağaoğlu S. Y., Fidan Y., Maraşalı B. ve Söylemezoğlu G., 1998. Genel Çimrin, K.M., Yalçın, M., Bozgeyik, T. 2018. Gaziantep İli Antepfıstığı Bahçeleri Topraklarının Bor Durumunun Belirlenmesi. **S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi,** 13 (2) : 18-26.

Çimrin, K.M., Yalçın, M., Bozgeyik, T., 2018. Gaziantep İli Antepfıstığı Bahçeleri Topraklarının Bor Durumunun Belirlenmesi. **S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi**, 13 (2) : 18-26.

Çimrin, K.M., Yalçın, M., Keleş, N., 2019. Gaziantep ili Nizip ilçesi zeytin bahçeleri topraklarının bor durumunun belirlenmesi. **M.K.Ü. Tarım Bilimleri Dergisi**, 24 (1) : 1-6.

Çolak, B. , Korkmaz, A. , Horuz, A., 2013. Şeker Pancarı Yetiştirilen Toprakların Bor Durumu, B. Fraksiyonları ve Alınabilirlikleri. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi**, 28(3): 157-167.

Datta, S.P., Rattan R.K., Suribabu K. ve Data S.C., 2002. Fractionation and colorimetric determination of boron in soils. **J. Plant Nutr. Soil Science,** 165, 179-184.

Demir,G., Erdal, İ., 2016. Antalya yöresinde domates yetiştirilen seralarda bor düzeylerinin bazı toprak, yaprak ve meyve analiz sonuçlarıyla değerlendirilmesi. **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi**, 4(2) : 42-48.

Evans, C.M. ve Sparks D.L., 1983. On the chemistry and mineralogy of boron in pure and mixed systems: A Review. Com. in **Soil Sci. and Plant Anal**. 14: 827-846.

Goldberg, S., 1997. Reaction of boron with soils. **Plant and soil**, 193: 35–48.

Gupta, U.C., 1968. Relationship of total and hot-water soluble boron, and fixation of added boron, to properties of Podzol soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc**., 32, 45–48.

Günal, E., Erdem, H., Acir, Y., Gence, C.Ç., Polat, A., 2013. Suluova ve Merzifon Ovaları Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Bor Konsantrasyonlarının Mesafeye Bağlı Dağılımı. **III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi**, 23-24 Ekim.

Gürel, S., Başar, H., Keskin, E., Dirim, M.S., 2019. The determination of soil boron fractions, their relationships to soil properties and the availability to olive (*Olea europea L.*) trees. Communications in **Soil Science and Plant Analysis**. 50 (8) : 1044-1062.

Harmankaya, M. ve Gezgin S., 2005. Konya Ovası Topraklarında Bor Fraksiyonlarının Belirlenmesi. **S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi**, 19 (36), 93-105.

Hingston, F.J., 1964. Reaction between boron and clays. Aust. J. Soil Res. 2:83-95.

Hou, J., Evans L. J. ve Spiers G. A., 1994. Boron fractionation in soils. Comm. **Soil Sci. Plant Anal**., 25, 1841-1853.

Hou, J., Evans, L.J. ve Spiers, G.A., 1996. Chemical fractionation of soil boron: I. Method development. **Can. J. Soil Sci**., 76, 485-491.

Jin, J.Y., Martens, D.C., Zelazny, L.W. 1988. Plant availability of applied and native boron in soils with diverse properties. **Plant and Soil**. 105: 127-132.

Kacar, B. ve Fox R.L., 1967. Boron status of some Turkish soils. **University of Ankara Yearbook of the Faculty of Agriculture**, 1966, 99-111.

Kacar, B. ve Katkat A.V., 1998. Bitki Besleme. **Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları**, 595 s, Bursa.

Keren, R. ve Gast R.G., 1983. pH dependent boron adsorption by monmorillonite hydroxy-aluminum complexes. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Vol; 47, pp. 1116-1120.

Kumari, K., Nazir, G., Singh, A., Kumar, P., 2017. Studies on boron fracitons with different physico-chemical propertes of cultivated soils of Himachal Pradeesh. **International journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 6(6): 15477-1555.

Lucho-Constantino, C.A., Prieto-Garcia, F., Del Razo, L.M., Rodriguez-Vazquez, R., Poggi-Varaldo, H.M., 2005 Chemical fractionation of boron and heavy metals in soils irrigated with wastewater in central Mexico. Agriculture, **Ecosystems and Environment** 108: 57-71

Marschner, H., 1986. Mineral nutrition of higher plants, Academic Press, London. G.B.

Mengel, K and E. A. Kirkby. 2001**. Boron. In: Principles of Plant Nutrition**. 5th Edition, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/Boston/ London, Netherlands. pp. 621-638.

Padbhushan, R., Kumar, D., 2015 a. Distribution of boron in different fractions in some alkaline calcareous soils. **Communication in Soil Science and Plant analysis**, 46: 939-953.

Padbhushan, R., Kumar, D., 2015 b. Soil boron fractions and response of green gram in calcareous soils**. Journal of Plant Nutrition**. 38: 1143-1157.

Padbhushan, R., Kumar, D., 2017. Fractions of soil boron: a revive. **Journal of Agricultural Science,** 155: 1023-1032.

Padbhushan, R., Mandal, J., Kumar, S., Kumar, A., 2019. Chemical fractions and response of cauliflower (*Brassica oleracea var. botrytis*) to soil applied boron. **Journal of Plant Nutrition**. 42 (5): 491-500.

Raza, M., Mermut, A.R., Schoenau, J.J., Malhi, S.S. 2002. Boron fractions in some Saskatchewan soils. Can. **J. Soil Sci**. 82: 173-179.

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. **US Dep Agri. Handbook** 60:147.

Saltalı, K., Bilgili A.V. ve Durak A., 2005. Boron Adsorption in Soils with Different Characteristics. **Journal of Asian Chemistry**. Volume 17 (4), 2487-2494.

Saltalı, K., Güneş, E. ve Bilir, B. 2020. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Antep Fıstığı Yetiştirilen Bazı Alanların Toptraklarında Borun (B) K imyasal Fraksiyonları ve Toprak Özellikleri İle İlişkisi, **KSÜ Tarım ve Doğa Der**g., 23 (6): 1656-1662.

Schlichting, M., Blume, E., 1966. Bodenkundliches Prakticum. Paul Parey **Verlag, Hamburg und Berlin.**

Shuman, L.M., 1985. Fractionation method for microelements. **Soil Sci.,** 140, 11-22.

Sidhu, G.S., Kumar, D. 2018. Influence of soil boron on yield of berseem (*Trifolium alexandrium L.*) and soil boron fractions in calcareous soils. Journal of Plant Nutrition, 41 (8): 980-995.

Silanpaa, M., 1990. Micronutrient Assessment at the Country Level: An international study. **FAO Soils Bulletin**, Rome.

Taban, S., Alpaslan, M., Hashemi, A.G., Eken, D., 1997. Orta Anadolu'da çeltik tarımı yapılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. **Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi**. 3(3): 457-466.

Tessier, A., Campbell P.G.C., Bisson M., 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. **Anal. Chem**. 51:844-851.

Tsadilas, C.D., Yassoglou, N., Kosmas, C.S., Kallianou, C.H., 1994. The availability of soil boron fractions to olive trees and barley and their relationships to soil properties. **Plant and Soil**, 162: 211-217.

Uysal, E., Şen, O.F., Daşkılıç, Ö.B., Candan, N., Uzun, N., Üner, K., Albayrak, B., Bıyıklı, M., Üğlü, G., 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.

Uzun, E., 2017. Gaziantep ilinde antepfıstığı yetiştirilen alanlardan alınan topraklarda borun kimyasal fraksiyonlarının belirlenmesi. **KSÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi**, Kahramanmaraş. 24 S.

Wójcik, P., 2000. Availability of Soil Boron Fractions to M.26 Apple Rootstock. **Journal of Plant Nutrition**, 23 (7): 1025-1035.

Xu, J.M., Wang, K., Bell, R.W., Yang, Y.A., Huang, L.B., 2001. Soil boron fractions and their relationship to soil properties. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65: 133-138.

Yalçın, M., Çimrin, K.M., 2017. Hatay ili Kırıkhan-Reyhanlı Bölgesi Çayır-Mera Topraklarının Bor İçeriği ve Bazı Toprak Özellikleri İle İlişkilerinin Belirlenmesi. **Mesleki Bilimler Dergisi**, 6 (2) : 201-210.

Zhou, X. H., Obuchowski, N. A., McClish, D. K., 2011. Statistical methods in diagnostic medicine, **2nd Edition**. ISBN: 978-0-470-18314-4, 592 Page.