



Armut (*Pyrus communis* L.) Bahçelerinde Toprakta Bulunan Bor Fraksiyonlarının Belirlenmesi^A

Serhat GÜREL^{1*}, Haluk BAŞAR²

Öz: Bu çalışma, armut ağaçlarının bulunduğu topraklarda çeşitli bor (B) fraksiyonlarının araştırılması amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla Türkiye'nin Bursa yöresindeki "Deveci" ve "Santa Maria" armut (*Pyrus communis* L.) çeşitleri bulunan bahçelerde yürütülmüş, toprak örnekleri 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikten alınmıştır. Ayrıca meyve ve yaprak örnekleme yapılmıştır. Bor fraksiyonları, yaprak, meyve kabuğu ve meyve etinin toplam B içerikleri ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Topraktaki toplam borun büyük bir kısmı rezidüel formda (% 94.28-94.51) bulunmuş olup bunu mangan (Mn) oksihidroksitler, amorf demir (Fe) ve alüminyum (Al) oksitler ile kristal Fe ve Al oksitler olmak üzere üç gruba ayrılan oksitlere bağlı B (% 2.13-2.97) takip etmiştir. Organik madde tarafından adsorbe edilen B (% 1.38-1.72), toprak kolloid yüzeylerinde spesifik olarak adsorbe edilen B (% 0.42-0.57) ve kolayca çözünen (bitki tarafından alınabilir) B değerleri (% 0.20 – 0.23) sırasıyla toplam B değerlerini oluşturmaktadır. Sıcak su > 0.01 M CaCl₂ > 1 M NH₄OAc > 0.1 M KCl > 0.005 M DTPA sırasına göre, kolay çözünen bor (KÇ-B) fraksiyonu beş farklı ekstraksiyon solüsyonu ile belirlenmiştir. Meyve B konsantrasyonu ve toprak B fraksiyonları, yaprak B konsantrasyonundan daha yakın korelasyonlar göstermiştir. Toprak ve bitki analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, bitkiler tarafından kolaylıkla kullanılabilen bor elementini temsil eden ve kolayca çözünen B fraksiyonunun belirlenmesinde sıcak su yöntemi en etkili yöntem olarak görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bor fraksiyonları, ekstraksiyon yöntemleri, toprak özellikleri, armut.

^A Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

* **Sorumlu yazar/Corresponding Author:** ¹ Serhat Gürel, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye, sgurel@uludag.edu.tr, OrcID 0000-0002-2971-8353

² Haluk Başar, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa, Türkiye, bhaluk@uludag.edu.tr, OrcID 0000-0001-9640-4832

Atf/Citation: Gürel, S. ve Başar, H. 2022. Armut (*Pyrus communis* L.) Bahçelerinde Toprakta Bulunan Bor Fraksiyonlarının Belirlenmesi. *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36(2) 377-400.

<https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.987388>

Determination of Boron Fractions in Soil in Pear (*Pyrus communis* L.) Orchards

Abstract: This study was carried out to investigate various boron (B) fractions in soils with pear trees. For this purpose, it was carried out in orchards with “Deveci” and “Santa Maria” pear (*Pyrus communis* L.) varieties in Bursa region of Turkey, soil samples were taken from 0-30 cm and 30-60 cm depths. In addition, fruit and leaf sampling has done. The relationships between boron fractions, total B content of leaves, fruit skin and fruit flesh and soil properties were investigated. Most of the total B in the soil is in the residual form (94.28-94.51%). This was followed by oxides bound B (2.13-2.97%), which were divided into three groups: manganese (Mn) oxyhydroxides bound, amorphous iron (Fe) and aluminum (Al) oxides bound, and crystalline Fe and Al oxides bound. The B adsorbed by organic matter (1.38-1.72%), The specifically adsorbed B on soil colloid surfaces (0.42-0.57%) and easily soluble (can be taken up by the plant) B values (0.20 - 0.23%) constitute the total B values, respectively. The easily soluble boron (KÇ-B) fraction was determined with five different extraction solutions, in the order of hot water > 0.01 M CaCl₂ > 1 M NH₄OAc > 0.1 M KCl > 0.005 M DTPA. Fruit B concentration and soil B fractions showed closer correlations than leaf B concentration. When the soil and plant analysis results are evaluated together, the hot water method seems to be the most effective method in determining the easily soluble B fraction, which represents the boron element that can be easily used by plants.

Keywords: Boron fractions, extracting methods, soil properties, pear.

Giriş

Armut (*Pyrus communis* L.), antik Yunan şair Homer tarafından “Tanrıların Hediyesi” olarak adlandırılır. Çünkü armut, kanser önleyici, diyabet dostu, antioksidan, yaşlanma geciktirici, antimikrobiyal, iltihap kurutucu, ateş düşürücü, öksürük giderici, ishal kesici, kalp ve damar hastalıklarına karşı koruyucu olmak gibi çeşitli tıbbi özelliklere sahiptir. Öte yandan besin değeri yüksek ve aynı zamanda tatlı, sulu meyveleri vardır (Parle ve Arzoo, 2016). Armut, yetiştirilen meyveler arasında beslenmede elmadan sonra ikinci sırada yer almakta ve dünyanın ılıman bölgelerinde kolaylıkla yetiştirilmektedir (Parle ve Arzoo, 2016). Armut, Türkiye’de çok uzun bir tarım geçmişine sahiptir (Gerçekçioğlu ve ark., 2008). Dünya armut üretimi 2017 yılında 24 milyon tona ulaşmıştır. Türkiye yıllık 530.723 ton üretim ile dünyanın 6. büyük üreticisidir (FAO, 2019). Türkiye’nin Güneydoğu Marmara Bölgesi, Türkiye’nin toplam armut mahsulünün % 25’ini üretmektedir (TÜİK, 2018). Türkiye’nin en yüksek üretim değerine sahip olan bu bölgede yetiştirilen ürünler arasında armut ekonomik ve geleneksel öneme sahiptir. Türkiye’de ve Marmara Bölgesinde armut üretimi, 'Deveci', 'Santa Maria' ve 'Williams' gibi çeşitlerle her yıl artmaktadır (Öztürk ve Öztürk, 2014).

Bor (B), ağaçların büyümesi ve verimliliği için temel unsurdur (Gupta ve Solanki, 2013). Hücre duvarı yapısında, üreme, büyüme ve gelişmesinde, bitki metabolizmasında, zar yapısında ve işlevinde hayati rol oynar (Brown ve ark., 2002). Ağaç verimini ve meyve kalitesini etkileyebilecek farklı metabolik fonksiyonlarda

önemli rollere sahiptir (Marschner, 1995). Armut, B gereksinimine duyarlı bir ürün olarak kabul edilmektedir (Wojcik ve Wojcik, 2003). Bor yeterli miktarda mevcut değilse, çiçekler tam çiçeklenme döneminden önce ölür ve sonuç olarak, armut meyve tutumu ve verimi düşer (Sánchez ve ark., 1998; Lee ve ark., 2009). Öte yandan bor toksisitesinin armutun fotosentetik kapasitesini azalttığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Wang ve ark., 2011). Bor, topraklarda borosilikatlar ve boratlar olarak doğal olarak bulunur (Gross ve ark., 2008). Suda çözündüğünde borik asit (H_3BO_3) veya borat $[B(OH)_4]^-$ iyonu olarak görünür (Epstein ve Bloom, 2005) ve bitkiler de bu iki bor formunu kullanırlar (Çelik ve ark., 2017).

Bor toksisitesi tüm dünyada kurak ve yarı kurak bölge topraklarında yaygın bir sorundur (Eraslan ve ark., 2016). Bitkisel üretimde B gübrelemesinin yönetimi çok zordur çünkü B eksikliği ve toksisite aralığı birbirine çok yakındır (Yau ve Ryan, 2008). Bor eksikliğini önlemek için bilinçsiz yapılan gübreleme uygulamaları toksisite sorunlarına yol açabilmektedir (Alloway, 2008). Bitkilerde bor gübrelemesinin daha iyi yönetimi, B fraksiyonlarının daha iyi tanımlanması ve bunların reaksiyonlarının, topraktaki hareketliliği ve bitki alım mekanizmalarının mevcudiyetinin anlaşılmasıyla sağlanabilir.

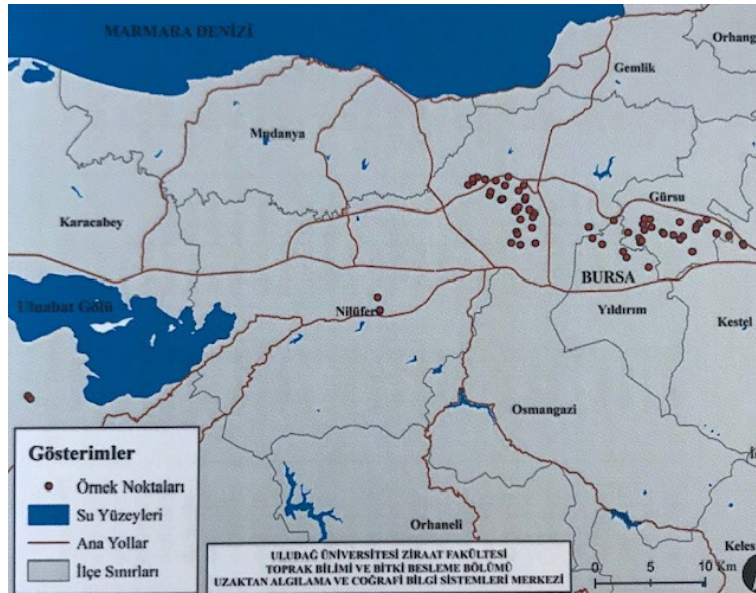
Bor fraksiyonasyonu ve miktar tayini ile ilgili bazı yeni araştırmalarda yapılmıştır. Bu araştırmalarda; topraklardaki bor; genellikle kolayca çözünür, spesifik olmayan ve spesifik olarak adsorbe edilmiş, oksitlere bağlı (Mn oksit, Fe-Al amorf ve kristalize), organik olarak bağlı, toprak silikatlarıyla ilişkili, kalıntı ve toplam B olarak ayırt edilmiştir (Sarkar ve Haldar, 2011; Sathya ve ark., 2013; Çolak, 2013; Barman ve ark., 2017; Kumari ve ark., 2017; Padbuhushan-Kumar, 2017).

Bor, armut bahçelerinde en kritik mikro besin maddesi olarak kabul edilmektedir (Wojcik ve Wojcik, 2003). Meyvede optimum toplam B konsantrasyonu 16 ila 20 mg B kg^{-1} arasında değişebilir (Raese, 1989). Bu nedenle, yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek için yeterli B gübrelemesi yapılmalıdır (Lee ve ark., 2009). Bu amaçla bor fraksiyonu üzerine sorpsiyon çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, borun farklı fraksiyonları içindeki dağılımını ve aralarındaki ilişkiyi anlamak, farklı B fraksiyonlarının toprak özellikleri ve bitki materyallerinin bor içerikleri ile arasındaki ilişkisini belirlemek ve armut bitkisinin tarımsal analizleri için en uygun yöntemin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Bursa kentinin Gürsu, Kestel, Osmangazi, Yıldırım, Nilüfer ve Karacabey ilçelerinde ($40^{\circ} 2' - 40^{\circ} 35' K$ enlemleri ve $28^{\circ} 35' - 32^{\circ} 2' D$ boylamları) ticari bahçelerin bulunduğu toplam 76 adet armut bahçesinde yürütülmüştür (Şekil 1). Türkiye'nin armut üretiminde bu bölge hâkimdir. Bahçeler, “Deveci” ve “Santa Maria” çeşidi armut ağaçları ile kurulmuştur. Ağaçların yaş ortalaması 13'tür. Toprak örnekleri erken ilkbahar döneminde Mart ayında, taç izdüşümünden, meyve ağaçları için önerilen 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikten alınmış (Chapman ve Pratt, 1961) ve analizler için hazırlanmıştır (Kacar, 2009). Toprak pH'sı, 1:2.5 toprak-saf su suspansiyonunda ölçülmüştür (Jackson, 1958). Elektriksel iletkenlik (EC), toprakların 1:2.5 toprak-saf su suspansiyonunda ölçülmüştür (Rhoades, 1982). Toprak bünyesi için tane boyutu belirlemesi, hidrometre yöntemi

(Bouyoucus, 1955) kullanılarak yapılmıştır ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Tarım Bakanlığı toprak taksonomisi (USDA, 2013) kullanılarak bünye sınıflandırması yapılmıştır. Toprak örneklerinin kalsiyum karbonat (CaCO_3) miktarı Nelson (1982) tarafından bildirildiği şekilde Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir. Toprak organik maddesi (O.M.), Walkley Black'in (1934) ıslak oksidasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Toplam azot (N), Bremner (1965) tarafından bildirilen Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir. Alınabilir katyonlar (Ca, Mg ve K) pH 7.0'da 1 M amonyum asetat (NH_4OAc) ile ekstraksiyondan sonra belirlenmiştir (Kacar, 2009). Alınabilir Ca ve K Eppendorf Elex 6361 model alev fotometresi ile ve alınabilir Mg ise PE 400 model atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) ile analiz edilmiştir. Yarıyıllı fosfor (P), pH 8.5'te (Olsen ve Dean, 1965) 0.5 M sodyum bikarbonat (NaHCO_3) ile ekstrakte edilmiştir. Askorbik asit ile mavi renk geliştirildikten sonra konsantrasyon kolorimetrik olarak ölçülmüştür. Toprakların alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn içerikleri, 0.005 M dietilen triamin penta asetik asit (DTPA) yöntemi ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978). Bahçelere ait bazı toprak özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Örnekleme yapılan armut bahçelerinin bulunduğu yerler

Yaprak örnekleri Temmuz ayında, her ağaçtan, tacının orta bölümünün farklı taraflarında bulunan yıllık sürgünlerin orta kısmından yaprak sapı ile birlikte tam boyutta alınmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Meyve örnekleri Eylül ayında, hasat olgunluğunda toplanmıştır. Yaprak ve meyve örnekleri sırasıyla musluk suyu, 0.01 M hidroklorik asit (HCl) solüsyonu ve deiyonize su ile yıkanmıştır. Meyve eti ve kabuğu üzerinde de analizler yapılmıştır. Armut kabukları havalı kurutma fırınında kurutulmadan önce paslanmaz çelik bıçakla ayıklanmıştır. 70 °C'de kurutulmuş ve paslanmaz çelik bıçaklı öğütücüde öğütüldükten sonra 0.5 mm'lik elekten elenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Yaprak ve meyve numunelerinin B konsantrasyonları kuru madde esasına göre belirlenmiştir. Bu amaçla, kuru yakma yöntemine göre 550 °C'de yakılan ve kalan külün 3 M HCl ile çözündürülmesi ile elde edilen süzükte belirlenmiş ve ekstrakt 5 mL deiyonize su ile seyreltilmiştir. 4 mL'lik bir kısım, 1 mL amonyum asetat ve Na-EDTA çözeltisi (asetik asit ile pH 5.8) ile tamponlanmış ve karıştırıldıktan

sonra 1 mL azometin-H çözeltisi ilave edilmiştir. Ayrıca standart bor çözeltileri serisi hazırlanmıştır. Absorbans, spektrofotometre ile 60 dakika sonra 420 nm'de okunmuştur (Wolf, 1971). Bahçelere ait bazı bitki örneklerin bor içerikleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Araştırmada, toprağın farklı bor fraksiyonlarının ekstraksiyonu yöntemleri, çeşitli araştırmacılar tarafından bildirildiği şekilde yapılmıştır ve yöntemler Çizelge 1' de verilmiştir. Kolay çözünen bor (KÇ-B) fraksiyonunu belirlemek için beş farklı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra spesifik, oksidatif ve organik bağlı, kalıntı ile toplam B fraksiyonları sırasız olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu yöntemler kullanılarak topraktan ekstrakt çözeltisine alınan bor miktarı, indüktif eşleşmiş plazma (ICP) - optik emisyon spektrometrisi (OES) (Perkin Elmer ICP-OES Optima 2100 DV) ile belirlenmiştir.

Analiz sonuçları Jump 6.0 programı ile istatistiksel analize tabi tutulmuştur. Toprak, yaprak, meyve eti ve meyve kabuğu örneklerinden elde edilen veriler arasında basit korelasyonlar incelenmiştir (Anonim, 2005).

Çizelge 1. Toprak örneklerinde farklı bor fraksiyonlarının ekstraksiyon işlemleri.

Bor fraksiyonları	Ekstraksiyon işlemi	Kaynak	
Kolay çözünen B (KÇ-B)	Sıcak CaCl ₂	20 g toprak örneği ve 40 mL 0.01 M kalsiyum klorür (CaCl ₂) çözeltisi 50 mL polipropilen santrifüj tüpüne konuldu. Karışım 24 saat süre ile benmari tipi orbital çalkalayıcı ile 100 °C (±1 °C) sıcaklıkta çalkalandı. Suspansiyon Whatman No. 42 filtre kâğıdından süzülmüştür.	Jin ve ark., 1987
	DTPA	20 g toprak örneği ile 40 mL 0.005 M DTPA, 0.01 M CaCl ₂ ve 0.1 M tri etanol amin (TEA) çözeltisi 50 mL polipropilen santrifüj tüpüne konuldu. 24 saat boyunca orbital çalkalayıcı ile çalkalandı. Suspansiyon Whatman No. 42 filtre kâğıdından süzülmüştür.	Handreck, 1990
	NH ₄ OAc	3 g toprak örneği ile 30 mL 1M amonyum asetat (NH ₄ OAc) (pH:7) çözeltisi 30 dakika süre ile çalkalandı ve ekstrakte edilmiştir.	Gupta ve Stewart, 1975
	KCl	15 g toprak örneği, 30 mL 0.01 M potasyum klorür (KCl) çözeltisi ile 24 saat boyunca 25°C sıcaklıkta benmari tipi orbital çalkalayıcı ile çalkalandı ve ekstrakte edilmiştir.	Chao ve Sanzolone, 1989
	Sıcak su	20 g toprak örneği ve 40 mL saf su 24 saat süre ile 100°C (±1 °C) sıcaklıkta benmari tipi orbital çalkalayıcı ile çalkalandı ve ekstrakte edilmiştir.	Berger ve Troug, 1945
Spesifik olarak adsorbe edilmiş B (Spa-B)	5 g toprak örneği ve 20 mL 0.05 M KH ₂ PO ₄ çözeltisi 1 saat çalkalandıktan sonra ekstrakte edilmiştir.	Hou ve ark., 1994	
Oksitlere bağlı B (Ox-B)	Mn oksihidroksitlere bağlı (MnOx-B)	1 g toprak örneği, 10 mL 0.01 M nitrik asit (HNO ₃) ve 0.1 M HCl çözeltisi ile 30 dakika çalkalandıktan sonra ekstrakte edilmiştir.	Jin ve ark., 1987
	Amorf Fe and Al oksitlere bağlı (AmOx-B)	1 g toprak örneği ve 40 mL 0.175 M amonyumoksalat (pH:3.5) çözeltisi ile 3 saat boyunca 85°C sıcaklıkta ve karanlıkta çalkalandıktan sonra ekstrakte edilmiştir.	Jin ve ark., 1987
	Kristal Fe and Al oksitlere bağlı (CrOx-B)	1 g toprak örneği, 40 mL 0.175 M amonyumoksalat (pH:3.5) çözeltisi ile 3 saat süresince benmari tipi orbital çalkalayıcı ile 85°C sıcaklıkta under the U.V. lambası ışığı altında olduğu halde çalkalandı daha sonra ekstrakte edilmiştir.	Jin ve ark., 1987
Organik bağlı B (Org-B)	1 g toprak örneği, 20 mL 0.02 M HNO ₃ ve % 30 hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) çözeltisi ile çalkalanıp ekstrakte edilmiştir.	Hou ve ark., 1994	
Rezidüel B (Res-B)	Toplam B miktarından B fraksiyonlarının toplamı çıkarılarak hesaplanmıştır.	Jin ve ark., 1987	
Toplam B (Tot-B)	0.5 g toprak örneğinin 10 mL. HNO ₃ + hidroflorik asit (HF) + HCl (5:4:1) asit karışımı ile mikrodalga yakma sisteminde yaş yakılması ile elde edilen çözeltide belirlenmiştir.	Shuman, 1985	

Bulgular ve Tartışma

Bor Fraksiyonları ve Birbirleri ile İlişkileri

Değişik yöntemler kullanılarak ekstratı çıkartılan B fraksiyonlarının sonuçları Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir. Beş farklı ekstraksiyon yöntemi ile belirlenen toprağın KÇ-B fraksiyonları 0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinliklerinde sırasıyla genel ortalama 0.37 ve 0.21 mg B kg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 5 ve 6). KÇ-B fraksiyonu belirlemek için sıcak CaCl₂ çözeltisi kullanıldığında, 0-30 cm derinlikte 0.19 - 1.33 (ortalama 0.65) mg B kg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 5). Sıcak CaCl₂ çözeltisi ile 30-60 cm toprak derinliğinde KÇ-B içeriği 0.04 – 1.47 (ortalama 0.40) mg B kg⁻¹ arasında ölçülmüştür (Çizelge 6). 0-30 cm derinlikteki toprak tabakasında DTPA çözeltisi (0.005 M) ile ekstrakte edilen KÇ-B konsantrasyonları eser miktar ile 0.46 (ortalama 0.10) mg B kg⁻¹ (Çizelge 5) arasında ve alt katman olan 30-60 cm derinlikte ise iz miktar ile 0.51 (ortalama 0.06) mg B kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 6). KÇ-B fraksiyonu NH₄OAc ile ekstrakte edildiğinde 0-30 cm'de ölçülen bor konsantrasyonu 0.01 – 0.66 (ortalama 0.25) mg B kg⁻¹ arasında (Çizelge 5) ve alt katman olan 30-60 cm'de KÇ-B fraksiyonu 0.01 – 0.74 (ortalama 0.14) mg B kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). Diğer yöntem, KCl çözeltisi ile toprakların ekstraksiyonudur ve KÇ-B içeriği 0-30 cm derinlikte 0.05 – 0.56 (ortalama 0.18) mg B kg⁻¹ (Çizelge 5) ve 30-60 cm derinlikte ise iz-0.59 (ortalama 0.09) mg B kg⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 6). Son olarak, sıcak su yöntemiyle belirlenen KÇ-B içeriği 0-30 cm derinlikte 0.25 -1.61 (ortalama 0.68) mg B kg⁻¹ (Çizelge 5), ve 30-60 cm derinlikte ise 0.05 -1.47 (ortalama 0.36) mg B kg⁻¹ arasında (Çizelge 6).

Ekstraksiyon çözeltilerinin kullanılması sonucunda belirlenen KÇ-B değerleri 0-30 cm derinlikte toplam B'un % 0.06'sı ile % 0.43'ü arasında değişmiştir. 30-60 cm derinlikte, KÇ-B değerlerinin toplam B'un % 0.06'sı ile % 0.38'i arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 5 ve 6). Toprağın üst tabakasında (0-30 cm) KÇ-B ekstraksiyon yöntemleri arasında toplam B miktarı içerisinde en yüksek KÇ-B içeriği oranı % 0.43 ile sıcak su çözeltisi ile elde edilmiştir. Bu yöntemi sırasıyla % 0.40 ile sıcak CaCl₂ çözeltisi, % 0.15 ile NH₄OAc çözeltisi, % 0.11 ile KCl çözeltisi ve son olarak % 0.06 ile DTPA çözeltisi ile ekstraksiyon yöntemleri izlemiştir. Alt katmanda (30-60 cm derinlikte) sıcak su yöntemi ile belirlenen toplam B miktarı içerisinde KÇ-B oranı % 0.35 olarak belirlenmiştir. Bu değer, sıcak CaCl₂ çözeltisinde % 0.38 ile yakın orana sahiptir. Bunu % 0.13 oranı ile NH₄OAc çözeltisi ile ekstraksiyon yöntemi izlemiştir. KÇ-B miktarının toplam B miktarına oranı KCl çözeltisi ile % 0.09 ve son olarak DTPA çözeltisi ile % 0.06 olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). KÇ-B fraksiyonunun toplam B'un sadece küçük bir bölümünü temsil ettiği çarpıcı bir şekilde belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Hou ve ark. (1994), Tsadilas ve ark. (1994) ve Diana (2006) tarafından açıklanan sonuçlarla tutarlıdır. Brady (1999), toplam B'un % 3 ila % 5'inden azı bitkiler için uygun olduğunu bildirmiştir. Diana ve Beni (2006)'ye göre, bitkiler için mevcut olan toplam B % 0.66 ile % 1.21 arasında değişmektedir. Özet olarak, çalışmada en yüksek kolay çözünebilir B sırasıyla sıcak su > sıcak CaCl₂ > NH₄OAc > KCl > DTPA yöntemleriyle belirlenmiştir (Çizelge 5 ve 6). Benzer çalışmalarda, en fazla KÇ-B miktarlarının belirlendiği ekstraksiyon yöntemleri sırasıyla NH₄OAc > DTPA > sıcak CaCl₂ > sıcak su > KCl olarak belirlendiği bildirilmiştir (Harmankaya ve Gezgin, 2005). Raza ve ark. (2002) ise kolay çözünebilir B yöntemlerini sıcak su > sıcak CaCl₂ > NH₄OAc olarak sıralamıştır. Başka bir çalışmada, Datta ve ark. (2002) toprakların KÇ-B fraksiyonundaki B içeriklerini sırasıyla sıcak 0.01 M CaCl₂ > 0.1 M Salisilik asit > 0.05 M HCl > Tartarik asit > 1 M NH₄OAc (pH 4.8) > 0.01 M CaCl₂ + 0.05 M Mannitol > 1M NH₄OAc (pH 7) olarak belirlediklerini bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Bahçe topraklarının kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Birim	Özellik	En düşük		En yüksek		Ortalama		Standart hata	
		I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
mScm ⁻¹	pH	6.16	7.47	8.49	9.68	7.86	8.11	0.04	0.04
	EC	58.50	61.30	567.00	373.00	196.00	167.00	7.95	6.92
	CaCO ₃	0.77	0.77	22.28	29.58	5.28	6.69	0.48	0.50
	O.M.	0.22	0.07	5.10	3.70	2.34	1.26	0.11	0.08
%	Kil	5.97	4.67	69.51	76.14	26.80	25.01	1.50	1.69
	Silt	8.01	5.72	73.79	55.73	28.79	27.14	1.12	1.32
	Kum	1.76	6.68	84.09	89.61	44.37	47.80	1.87	2.19
mg kg ⁻¹	N	0.05	0.01	0.49	0.29	0.13	0.07	0.07	0.005
	P	3.60	0.01	117.80	36.80	29.06	5.13	2.19	0.70
cmol kg ⁻¹	K	0.09	0.02	1.38	1.04	0.50	0.25	12.45	9.02
	Ca	7.64	6.28	36.32	35.65	19.09	20.40	137.72	137.41
	Mg	0.56	0.31	8.64	9.82	2.92	2.93	23.23	27.22
mg kg ⁻¹	Fe	0.44	1.02	31.93	22.80	8.95	5.86	0.03	0.04
	Cu	0.69	0.39	23.87	15.59	9.24	2.39	1.51	0.98
	Zn	0.37	0.12	3.72	1.25	1.01	0.37	1.28	1.26
	Mn	4.86	2.57	53.17	30.42	14.67	11.96	11.18	16.27
I:	0-30 cm		II: 30-60 cm		n: 76				

Çizelge 3. Toprak örneklerinin toprak özellikleri yeterlilik sınır değerlerine göre oransal olarak gruplandırılması

Birim	Özellik	%										Kaynak
		I		II		I		II		I		
	pH	1.32	0	2.64	1.32	50.16	19.80	43.56	69.96	2.64	10.56	Richards (1954)
mScm ⁻¹	EC	Tuzsuz		Hafif tuzlu		Orta tuzlu		Tuzlu				Anonim (1988)
		100	100	-	-	-	-	-	-			
%	CaCO ₃	Düşük		Kireçli		Yüksek		Çok yüksek		Aşırı		Anonim (1988)
		26.40	15.84	25.08	23.76	43.56	50.16	6.60	11.88	-	-	
	O.M.	Çok az		Az		Orta		İyi		Yüksek		Anonim (1988)
		7.92	44.88	30.36	42.24	38.28	11.88	18.48	2.64	6.60	-	
Bünye	Kumlu tın		Siltli tın/Siltli kil		Kil / Killi tın		Tın		Kumlu killi tın		USDA (2013)	
	4.80	26.40	2.64	5.28	31.68	27.72	26.40	27.72	19.80	13.20		
N	Düşük		Orta		İyi		Yüksek				Anonim (1988)	
	-	30.36	27.72	59.40	43.56	3.96	29.04	6.60				
mg kg ⁻¹	P	Düşük		Orta		Yeterli						Olsen ve Dean (1965)
		2.64	68.64	6.60	15.84	91.08	15.84					
cmol kg ⁻¹	K	Noksan		Düşük		Orta		İyi		Yüksek		Pizer (1967)
		18.48	52.80	23.76	18.48	15.84	11.88	17.16	5.28	25.08	3.96	
	Ca	Çok düşük		Düşük		Orta		Yeterli				Loué,(1968)
		-	-	-	2.64	18.48	9.24	81.84	88.44			
Na	Sodik değil		Hafif sodik		Orta sodik		Yüksek sodik		Aşırı sodik		Anonim (1951)	
	100	100	-	-	-	-	-	-	-	-		
Mg	Düşük		Orta		İyi						Loué,(1968)	
	-	1.32	2.64	11.88	97.68	87.12						
mg kg ⁻¹	Fe	Noksan		Kritik		Yeterli						Lindsay ve Norvell (1978)
		6.60	9.24	7.92	35.64	85.80	55.44					
	Zn	Noksan		Kritik		Yeterli						Lindsay ve Norvell (1978)
		13.20	84.48	47.52	11.88	39.60	3.96					
Cu	Yetersiz		Yeterli								Lindsay ve Norvell (1978)	
	-	-	100	100								
Mn	Yetersiz		Yeterli								Lindsay ve Norvell (1978)	
	-	-	100	100								
I:	0-30 cm		II: 30-60 cm		n: 76							

Çizelge 4. Bitki örneklerinin bor içerikleri

Birim	Bitki organı	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart hata
mg kg ⁻¹	Yaprak	13.01	79.35	25.26	1.01
	Meyve kabuğu	1.01	60.32	13.94	1.07
	Meyve eti	0.61	71.87	13.66	1.32
	n	76			

Çizelge 5. Toprağın 0-30 cm tabakasındaki bor fraksiyonlarının konsantrasyonları (mg kg⁻¹).

	KÇ-B Fraksiyon Yöntemleri						Spa B	Oksitlere bağlı B					
	Sıcak CaCl ₂	DTPA	NH ₄ OAc	KCl	Sıcak su	Ortalama KÇ B		MnOx B	AmOx B	CrOx B	Org B	Ortalama Res B	Top B
Minimum	0.19	0.00	0.01	0.05	0.25	0.13	0.06	0.24	0.11	0.00	0.58	69.35	74.64
Maksimum	1.33	0.46	0.66	0.56	1.61	0.82	1.96	3.37	6.07	3.71	5.97	901.56	909.59
Ortalama	0.65	0.10	0.25	0.18	0.68	0.37	0.93	1.68	2.38	0.70	2.78	264.88	274.00
St. Sapma	0.26	0.09	0.13	0.08	0.25	0.13	0.37	0.69	1.219	0.79	1.05	232.15	231.39
St.Hata	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.04	0.08	0.14	0.09	0.12	26.63	26.54

Çizelge 6. Toprağın 30-60 cm tabakasındaki bor fraksiyonlarının bor konsantrasyonları (mg kg⁻¹).

	KÇ-B Fraksiyon Yöntemleri						Spa B	Oksitlere bağlı B					
	Sıcak CaCl ₂	DTPA	NH ₄ OAc	KCl	Sıcak su	Ortalama KÇ B		MnOx B	AmOx B	CrOx B	Org B	Ortalama Res B	Top B
Minimum	0.04	0.00	0.01	0.00	0.05	0.03	0.06	0.05	0.01	0.00	0.07	52.49	54.98
Maksimum	1.47	0.51	0.74	0.59	1.47	0.86	1.32	2.20	7.09	4.60	6.08	631.58	640.20
Ortalama	0.40	0.06	0.14	0.09	0.36	0.21	0.45	0.82	1.17	0.32	1.46	110.45	122.76
St. Sapma	0.25	0.08	0.12	0.08	0.22	0.14	0.27	0.52	1.18	0.73	0.98	79.34	96.69
St.Hata	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.03	0.06	0.14	0.08	0.11	9.10	11.09

Spa-B, MnOx-B, AmOx-B, CrOx-B, Org-B ve Res-B fraksiyonlarının B içerikleri de KÇ-B fraksiyonlarından sonra belirlenmiştir. 0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinliklerinde kil yüzeylerinde spesifik olarak adsorbe edilen B fraksiyonu (Spa-B) toplam borun sırasıyla ortalama % 0.57'sini ve % 0.42'sini oluşturmuştur (Çizelge 5 ve 6). Org-B fraksiyonunun miktarı, 0-30 cm derinlikte toplam B içeriğinin % 1.72'si olarak ölçülmüştür. Org-B fraksiyonunun toplam B içeriği içerisindeki oranı, toprağın 30-60 cm'lik kısmında ise % 1.38'dir (Çizelge 5 ve 6). Hou ve ark. (1994), toplam B'un % 6.32'sinin Org-B tarafından oluşturulduğunu bildirmiştir. Kalan bordan sonra toplam B'un en büyük kısmını Ox-B fraksiyonu oluşturmaktadır. Bu çalışmada toprağın AmOx-B, CrOx-B ve MnOx-B fraksiyonlarının toplam B içerisindeki payları sırasıyla % 1.46, % 1.06 ve % 0.44'tür (Çizelge 5). Hou ve ark. (1994) ayrıca, rezüdiyel B'dan sonra en fazla bulunan B fraksiyonları arasında, minerallerin oktahedral katmanlarında Al veya Fe'de izomorfik olarak ifade edilen ve B'un mineral yüzeyine sıkıca bağlı olan AmOx-B ve CrOx-B fraksiyonları olduğunu bildirmiştir. Beş farklı ekstraksiyon çözeltisi kullanılarak elde edilen kolay çözünür B fraksiyon değerleri için rezidüel fraksiyon (Res-B) ayrı ayrı hesaplanmış ve 0-30 cm derinlikte toplam borun % 90'ını, 30-60 cm derinlikte ise toplam B'un % 97'sini oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 5 ve 6). Birçok araştırmacı (Jin ve ark., 1987; Hou ve ark., 1994; Tsadilas ve ark., 1994; Xu ve ark., 2001; Datta ve ark., 2002; Raza ve ark., 2002; Kumari ve ark., 2017; Barman ve ark.,

2017) toplam B'un en büyük oranının rezidüel formda olduğunu belirtmektedir. Toprakların toplam B içeriği 0-30 cm derinlikte 74.64 - 909.59 (ortalama 274.00) mg B kg⁻¹ ve 30-60 cm'de 54.98 - 640.20 (ortalama 122.76) mg B kg⁻¹ arasında değişmektedir (Çizelge 5 ve 6). Belirlenen toplam B değerleri Mengel ve Kirkby (1987) tarafından bildirilen değerlerle uyumludur. Normal yağış alan bölgelerde toprakların toplam B içeriği 7-80 mg B kg⁻¹ arasında değişmektedir (Sillanpaa ve Vlek, 1985). Kurak bölge topraklarında toplam B içeriği 200 mg kg⁻¹'den fazladır (Sillanpaa, 1990). Diana (2006), toplam B konsantrasyonunun 2 - 200 mg B kg⁻¹ arasında olduğunu ve mevcut konsantrasyonlarının da topraktan toprağa büyük ölçüde değiştiğini bildirmiştir.

Toprak örneklerinde B fraksiyonları arasındaki ilişkiler incelendiğinde, Res-B dışında hem 0-30 cm hem de 30-60 cm toprak derinliklerinde fraksiyonlar arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişkiler olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6 ve 7). Özellikle, KÇ-B, Org-B, Spa-B, MnOx-B ve CrO-B fraksiyonları arasındaki ilişkiler % 1 düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Bu sonuçlar, Tsadilas ve ark. (1994) Yunanistan topraklarından elde ettiği sonuçlarıyla uyumlu olmakla birlikte, Xu ve ark. (2001)'nin Çin topraklarından elde ettiği sonuçlarla uyumlu değildir. Bunun farklı iklim koşullarından kaynaklandığı bildirilmektedir (Xu ve ark. 2001).

Bor Fraksiyonlarının Yaprak ve Meyve Bor İçeriği ile İlişkisi.

Araştırma bahçelerindeki armut bahçelerinden alınan yaprak ve meyve örneklerinin toplam B içerikleri ile toprak örneklerinin B fraksiyonları arasındaki bazı ilişkiler Çizelge 7 ve 8'de verilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, armut yaprak örneklerinin B konsantrasyonu ile KÇ-B fraksiyonunun (sıcak su, sıcak CaCl₂, NH₄OAc, DTPA ve KCl) belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve diğer B fraksiyonları (Org-B, Spa-B, MnOx-B, AmOx-B, CrOx-B ve Res-B) arasındaki ilişkiler 0-30 cm derinlik için değerlendirildiğinde (Çizelge 7); KCl çözeltilisiyle KÇ-B yöntemi ile yaprak ve B konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki (p < 0.05) belirlenmiştir. Yaprak B içeriği ile diğer tüm B fraksiyonları arasındaki ilişkiler 0-30 cm için önemli bulunmamıştır. Armut yaprak örneklerinin B konsantrasyonları ile 30-60 cm toprak derinliğindeki B fraksiyonları arasındaki ilişkiler incelendiğinde; 0.05 M DTPA ve 0.1 M KCl çözeltilileriyle KÇ-B ekstraksiyon yöntemleri ve Res-B fraksiyonunda belirlenen B konsantrasyonları ile armut yaprağı B konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 8).

Çizelge 7. 0-30 cm toprak tabakasında farklı fraksiyonların bor içerikleri ile yaprak ve meyve bor içerikleri arasındaki korelasyon katsayıları.

B fraksiyonu	0-30 cm									
	Yaprak B	Meyve		KÇ-B yöntemi	Org-B	Spa-B	MnO-B	AmO-B	CrO-B	Res-B
		et B	kabuk B							
0.01 M CaCl ₂	-0.031	0.052	0.184							
Org-B	-0.007	-0.011	-0.005	0.806**						
Spa-B	-0.095	0.032	0.061	0.794**	0.827**					
MnO-B	-0.096	-0.169	-0.055	0.667**	0.757**	0.727**				
AmO-B	-0.130	0.063	0.006	0.648**	0.734**	0.906**	0.639**			
CrO-B	-0.063	0.112	0.164	0.720**	0.655**	0.834**	0.474**	0.846**		
Res-B	0.204	0.211	-0.163	-0.162	-0.233*	-0.134	-0.273*	-0.139	-0.119	
Tot-B	0.203	0.212	-0.163	-0.148	-0.219	-0.118	-0.260	-0.124	-0.105	0.999**
0.05M DTPA	0.186	0.188	0.272*							
Org-B	-0.007	-0.011	-0.005	0.336*						
Spa-B	-0.095	0.032	0.061	0.577**	0.827**					
MnO-B	-0.096	-0.169	-0.055	0.325*	0.757**	0.727**				
AmO-B	-0.130	0.063	0.006	0.495**	0.734**	0.906**	0.639**			
CrO-B	-0.063	0.112	0.164	0.670**	0.655**	0.834**	0.474**	0.846**		
Res-B	0.204	0.211	-0.163	-0.023	-0.233*	-0.133	-0.272*	-0.139	-0.118	
Tot-B	0.203	0.212	-0.163	-0.014	-0.219	-0.118	-0.260*	-0.124	-0.105	0.999**
1 M NH ₄ OAc	-0.056	0.120	0.215							
Org-B	-0.007	-0.011	-0.005	0.573**						
Spa-B	-0.095	0.032	0.061	0.817**	0.827**					
MnO-B	-0.096	-0.169	-0.055	0.591**	0.757**	0.727**				
AmO-B	-0.130	0.063	0.006	0.693**	0.737**	0.906**	0.639**			
CrO-B	-0.063	0.112	0.164	0.779**	0.655**	0.834**	0.474**	0.846**		
Res-B	0.204	0.211	-0.163	-0.149	-0.233*	-0.133	-0.272*	-0.139	-0.118	
Tot-B	0.203	0.212	-0.163	-0.137	-0.219	-0.118	-0.260*	-0.124	-0.105	0.999**
0.1 M KCl	0.231*	0.228*	0.342*							
Org-B	-0.007	-0.011	-0.005	0.524**						
Spa-B	-0.095	0.032	0.061	0.718**	0.827**					
MnO-B	-0.096	-0.169	-0.055	0.481**	0.757**	0.727**				
AmO-B	-0.130	0.063	0.006	0.552**	0.734**	0.906**	0.639**			
CrO-B	-0.063	0.112	0.164	0.670**	0.655**	0.834**	0.474**	0.846**		
Res-B	0.203	0.211	-0.163	0.005	-0.233*	-0.133	-0.272*	-0.139	-0.118	
Tot-B	0.203	0.212	-0.163	0.015	-0.219	-0.118	-0.260*	-0.124	-0.105	0.999**
Sıcak su	0.156	0.181	0.239*							
Org-B	-0.007	-0.011	-0.005	0.646**						
Spa-B	-0.095	0.032	0.061	0.612**	0.827**					
MnO-B	-0.096	-0.169	-0.055	0.430*	0.757**	0.727**				
AmO-B	-0.130	0.063	0.006	0.479**	0.734**	0.906**	0.639**			
CrO-B	-0.063	0.112	0.164	0.490**	0.655**	0.834**	0.474**	0.846**		
Res-B	0.203	0.211	-0.163	-0.152	-0.233*	-0.133	-0.272*	-0.139	-0.118	
Tot-B	0.203	0.212	-0.163	-0.142	-0.219	-0.118	-0.260*	-0.124	-0.105	0.999**

** % 1 düzeyinde önemli, * % 5 düzeyinde önemli

Çizelge 8. 30-60 cm toprak tabakasında farklı fraksiyonların bor içerikleri ile yaprak ve meyve arasındaki korelasyon katsayıları.

30-60 cm										
B fraksiyonu	Yaprak B	Meyve		KÇ-B yöntemi	Org-B	Spa-B	MnO-B	AmO-B	CrO-B	Res-B
		et B	kabuk B							
0.01 M CaCl ₂	0.091	0.065	0.106							
Org-B	0.123	0.151	0.083	0.899**						
Spa-B	0.064	0.107	0.072	0.881**	0.901**					
MnO-B	0.176	0.040	-0.015	0.778**	0.825**	0.848**				
AmO-B	-0.062	0.092	-0.031	0.662**	0.732**	0.802**	0.666**			
CrO-B	0.016	0.174	0.185	0.734**	0.757**	0.767**	0.449**	0.687**		
Res-B	0.522**	0.499**	-0.027	0.136	0.170	0.238*	0.194	0.438**	0.204	
Tot-B	0.453**	0.360*	-0.106	0.112	0.158	0.208	0.194	0.355*	0.157	0.813**
0.05M DTPA	0.242*	0.259*	0.357*							
Org-B	0.123	0.151	0.083	0.460**						
Spa-B	0.064	0.107	0.072	0.610**	0.901**					
MnO-B	0.176	0.040	-0.015	0.392*	0.825**	0.848**				
AmO-B	-0.062	0.092	-0.031	0.394*	0.732**	0.802**	0.666**			
CrO-B	0.016	0.174	0.185	0.663**	0.757**	0.767**	0.449**	0.687**		
Res-B	0.451**	0.363*	-0.116	0.259*	0.133	0.181	0.166	0.330*	0.139	
Tot-B	0.453**	0.360*	-0.106	0.263	0.158	0.208	0.194	0.355*	0.157	0.999**
1 M NH ₄ OAc	0.176	0.283*	0.303*							
Org-B	0.123	0.151	0.083	0.694**						
Spa-B	0.064	0.107	0.072	0.810**	0.901**					
MnO-B	0.176	0.040	-0.015	0.594**	0.825**	0.848**				
AmO-B	-0.062	0.092	-0.031	0.628**	0.732**	0.802**	0.666**			
CrO-B	0.016	0.174	0.185	0.761**	0.757**	0.767**	0.449**	0.687**		
Res-B	0.454**	0.359*	-0.108	0.310*	0.132	0.182	0.170	0.331*	0.136	
Tot-B	0.176	0.360*	-0.106	0.329*	0.158	0.208	0.194	0.355*	0.157	0.999**
0.1 M KCl	0.281*	0.290*	0.386*							
Org-B	0.123	0.151	0.083	0.574**						
Spa-B	0.064	0.107	0.072	0.697**	0.901**					
MnO-B	0.176	0.040	-0.015	0.522**	0.825**	0.848**				
AmO-B	-0.062	0.092	-0.031	0.458**	0.732**	0.802**	0.666**			
CrO-B	0.016	0.174	0.185	0.667**	0.757**	0.767**	0.449**	0.687**		
Res-B	0.522**	0.498**	-0.027	0.378*	0.172	0.242*	0.199	0.442**	0.205	
Tot-B	0.453**	0.360*	-0.106	0.307*	0.158	0.208	0.194	0.355*	0.157	0.813**
Sıcak su	0.221	0.235*	0.337*							
Org-B	0.123	0.151	0.083	0.816**						
Spa-B	0.064	0.107	0.072	0.869**	0.901**					
MnO-B	0.176	0.040	-0.015	0.718**	0.825**	0.848**				
AmO-B	-0.062	0.092	-0.031	0.625**	0.732**	0.802**	0.666**			
CrO-B	0.016	0.174	0.185	0.762**	0.757**	0.767**	0.449**	0.687**		
Res-B	0.454**	0.359*	-0.109	0.232*	0.131	0.181	0.169	0.330*	0.136	
Tot-B	0.221	0.360*	-0.106	0.254*	0.158	0.208	0.194	0.355*	0.157	0.999**

** % 1 düzeyinde önemli, * % 5 düzeyinde önemli

Armut meyve örneklerinin B konsantrasyonu ile topraktaki B fraksiyonları arasındaki ilişki değerlendirildiğinde (Çizelge 7 ve 8); toprak tabakasının 0-30 cm derinliğinde, armut meyvesi B içeriği ile DTPA, KCl ve sıcak su yöntemleri ile belirlenen KÇ-B fraksiyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyonlar ($p < 0.05$) bulunmuştur (Çizelge 7). Armut meyve örneklerinin B konsantrasyonu ile 30-60 cm derinlikteki B fraksiyonları arasındaki ilişki incelenmiştir. DTPA, NH_4OAc , KCl ve sıcak su yöntemleri ve Res-B fraksiyonları ile meyve B konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif korelasyonlar üretmiştir (Çizelge 8).

Armut; elma, şeftali, kiraz, ayva, kayısı, erik, ahududu ve yenidünya gibi ekonomik açıdan önemli birçok meyve ağacını içeren *Rosaceae* familyasının bir üyesidir (Yamamoto ve Terakami, 2016). Bor, *Rosaceae* familyasının ağaçlarında hareketlidir (Brown ve ark., 1999). En uygun uygulama dönemi, B'un organlarda kalıcı olarak depolandığı ve sonraki baharda gelişen meyvelere mobilize edilebildiği yaz sonudur (Sánchez ve ark., 1998). Aynı şekilde zeytin ağaçlarında da bor olgun organlardan büyüyen dokulara serbestçe taşınır (Brown ve Shelp, 1997; Liakopoulos ve ark., 2005). Delgado ve ark. (1994), çiçeklerin ve genç meyvelerin ihtiyaçlarını karşılamak için çiçeklenme sırasında borun genç yapraklardan harekete geçtiğini bildirmiştir. Bu nedenle meyve örneklerindeki B konsantrasyonu, meyve ağaçlarının B beslenme düzeyinin değerlendirilmesinde daha açıklayıcı olabilir. Tarihsel olarak, topraktaki B testleri, B eksikliği olan toprakları tahmin etmek için geliştirilmiştir ve genellikle bitkilerde B toksisite etkileri üreten toprak koşullarını tahmin etme yetenekleri açısından değerlendirilmemiştir. Yüksek düzeyde B meyve tutumunu tamamen engeller ve çiçeklenme dönemi gecikir. Kuru madde içeriği azalmış ve pazarlanabilir meyveler zarar görür (Muntean, 2009; Sheng ve ark., 2009; Öztürk ve ark., 2010). Crandall ve ark. (1981) tarafından armut ağaçlarında da benzer etkiler gözlemlenmiştir. Goldberg ve Su (2007), toprak örneklerini, 1 M NH_4OAc , 0.005 M DTPA ve 0.01 M CaCl_2 ile ekstrakte ederek kavun yaprakları, sapları ve meyvelerinin bu ekstraktlardaki toprak B içerikleri arasında bir korelasyon belirlemiş ve özellikle B'un meyve ile olan korelasyonlarının yüksek ($r > 0.99^{**}$) olduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar, hem sera hem de arazi çalışmalarında test edilen bitki B içeriği ile toprak B ekstraktları arasında olumlu bir korelasyon elde ettiklerini bildirmişlerdir. Tsadilas ve Kazai (2005), elma ağaçlarının toprakta kullanabileceği B belirlenmesinin sıcak su ekstraksiyon yöntemi olduğunu bildirmiştir. Tsadilas ve ark. (1994), zeytin B konsantrasyonu ile sıcak su, Spa-B, MnOx-B ve FeOx-B arasında bir ilişki olduğunu bildirmiştir. Rahmatullah ve ark. (1999), kalkerli alkali topraklarda bitki B içeriği ile en önemli ilişkinin CaCl_2 çözültisi ile olduğunu bildirmiştir (% 1.2 CaCl_2 , %17.4 Spa-B, %5.9 MnOx-B, %19 AmOx-B, % 44 CrOx-B, % 14 Res-B).

Bor Fraksiyonlarının Toprak Özellikleri ile İlişkisi

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri yeterlilik sınır değerlerine göre gruplanarak oransal olarak (%) Çizelge 3'te gösterilmiştir. Armut bahçelerinin toprakları genellikle orta bünyelidir. Örneklerin 0-30 cm'lik toprak derinliğinde yaklaşık % 32'si kil/killi tın, % 26'sı tın ve % 20'si de kumlu killi tın bünyede iken 30-60 cm toprak derinliğinde bu oranlar % 28 kil/killi tın, % 28 tın ve % 13 kumlu killi tın şeklinde sıralanmaktadır. Toprak reaksiyonları 0-30 cm derinlikte yaklaşık % 50 hafif alkali, % 44 orta alkali, % 3 alkali ve % 3 nötr oranında dağılım gösterirken, 30-60 cm'de toprakların yaklaşık % 20'si hafif alkali, % 70'i orta alkali ve % 11'i

de alkali reaksiyon göstermektedir. Her iki derinlikte de tuzsuz olan toprak örneklerinin farklı oranlarda kireç içerdikleri belirlenmiştir. 0-30 cm toprak tabakasının % 26'sı düşük kireç içeriğine sahipken %74'ü kireçli ve yüksek kireçlidir. Benzer şekilde 30-60 cm toprak derinliğinde kireç oranı daha da artmaktadır. Organik madde içeriği, 0-30 cm'lik toprak derinliğinde yeterlilik aralıkları için örneklerin yaklaşık % 38'i orta, % 18'i iyi ve % 6'sı yüksek durumda iken, 30-60 cm'de toprakların % 15'i orta ve iyi düzeydedir. Toprak örneklerinin toplam N, alınabilir P ve değişebilir K içerikleri 0-30 cm toprak derinliğinde iyi ve yeterli düzeyde iken 30-60 cm toprak derinliğinde düşük seviyede olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Sodik olmayan toprakların Ca, Mg, Fe, Cu ve Mn içerikleri yönünden her iki toprak derinliğinde yeterli oldukları belirlenirken Zn içeriklerinin toprağın alt katmanında noksan olduğu, birinci derinlikte ise noksanlık gösterebilecek düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bor fraksiyonları arasındaki ilişkiler Çizelge 9 ve 10'da verilmiştir.

Toprak pH'ı ile B fraksiyonları arasında önemli bir ilişki bulunmamıştır. 0-30 cm derinlikte sadece pH ile DTPA yöntemi arasında ilişki vardır (Çizelge 9). 30-60 cm'de korelasyon yoktu. Ancak toprak pH'ı, B'un topraklardaki mevcudiyetini etkileyen en önemli faktörlerden biridir (Keren ve Bingham, 1985; Xu ve ark., 2001; Sandobe ve Mohammed, 2011; Ahmad ve ark., 2012). Çeşitli çalışmalarda (Goldberg ve Glaubig, 1986; Shafiq ve ark., 2008), B'un toprak tarafından adsorpsiyonunun toprak çözeltisinin pH'ına çok bağlı olduğunu bildirmiştir.

Kum içerikleri ile birçok B fraksiyon içeriği arasında istatistiksel olarak negatif bir ilişki saptanmıştır (Çizelge 9 ve 10). 30-60 cm toprakların kil içeriği ile Org-B, Spa-B, AmOx-B ve MnOx-B arasında bazı önemli ilişkiler bulunmuştur. Ayrıca KÇ-B'un kil içeriği ile bor konsantrasyonları arasındaki ilişki, CaCl₂ ve sıcak su yöntemleri ile belirlenmiştir (Çizelge 10). Adsorpsiyon kompleksi, toprak çözeltisi B konsantrasyonlarının kontrolünde kritik öneme sahiptir (Goldberg ve ark., 2005). Kaba dokulu topraklar, küçük adsorpsiyon kapasiteleri nedeniyle genellikle ince dokulu topraklardan daha az kullanılabilir B içerir (Raza ve ark., 2002; Niaz ve ark., 2002; Malhi ve ark., 2003). Alüminyum ve demir oksitler, kalsiyum karbonat, organik madde ve kil mineralleri topraktaki birincil B adsorplayıcı yüzeyler arasında sayılmaktadır (Goldberg, 1997). Öte yandan bu çalışmada, CaCO₃ içeriği ve bağlı Fe-Al oksitler (AmOx-B ve CrOx-B) bor ile Spa-B arasında da önemli korelasyonlar bulunmuştur (Çizelge 9 ve 10). Kalsiyum karbonat, kireçli topraklarda bor adsorplama yüzeyi olarak önemli bir rol oynar (Elseewi, 1974; Elseewi ve Elmamalky, 1979; Goldberg ve Foster, 1991) ve yüksek kalsiyum karbonat içeriğine sahip topraklarda bor adsorpsiyonu daha fazladır (Elseewi, 1974; Elrashidi ve Elseewi, 1974 O'Connor, 1982; Tsadilas ve Kassioti, 2005). Elrashidi ve O'Connor (1982), CaCO₃ ile kolayca çözünür bor içeriği arasında bir ilişki olmadığını, dolayısıyla bor sorpsiyonu ile toprak CaCO₃ içeriği arasında herhangi bir ilişki bulamadıklarını bildirmişlerdir. Ranjbar ve Jalali (2014), Al-Fe oksitler, kil mineralleri ve CaCO₃ dâhil olmak üzere çeşitli B adsorpsiyon kapasiteleri olduğunu bildirmiştir. Rahmatullah ve ark. (1999) tarafından bildirilen ve alkali reaksiyondaki, ince bünyeli ve kireçli toprakta belirledikleri B miktarları ile bu çalışmanın sonuçları uyumludur.

Kolayca çözünen bor yöntemleri ile belirlenen B içerikleri ile bazı besin elementlerinin korelasyonları arasındaki ilişkiler incelendiğinde, ikisi dramatiktir. Bunlar sıcak CaCl₂ ve sıcak su yöntemleridir. Sıcak CaCl₂

yöntemi ile belirlenen B içerikleri ile 0-30 cm derinlikteki toplam N ve alınabilir P, K ve Ca içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı pozitif bir ilişki tespit edildi (Çizelge 9). Bununla birlikte 30-60 cm'de toplam N, alınabilir P, K, Ca ve Mg içerikleri ile sıcak su yöntemi ile belirlenen B içerikleri arasında da önemli pozitif ilişkiler bulundu (Çizelge 10). Toprağın besin elementi içerikleri ile diğer fraksiyon yöntemleri ile belirlenen B içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon katsayıları bulunmuştur (Çizelge 9 ve 10). Örneğin, 0-30 cm derinlikte, Org-B fraksiyonu ile toplam N, alınabilir K, Ca, Mg, Fe ve Zn içerikleri arasında (Çizelge 9), ve 30-60 cm derinlikte Org-B fraksiyonu ile toplam N, alınabilir K, Ca, Mg ve Mn arasında önemli pozitif korelasyonlar ürettiği belirlenmiştir (Çizelge 10). Toprak organik maddesi ile 0-30 cm derinlikte DTPA yöntemi arasında anlamlı negatif ilişkiler ve 30-60 cm derinlikte ise sıcak CaCl₂ yöntemi ile anlamlı pozitif ilişkiler belirlendi (Çizelge 9 ve 10). Bu KÇ-B yöntemleri arasında en fazla pozitif korelasyon katsayısı olanlar; her iki toprak derinliğinde sıcak 0.01 M CaCl₂ ve 30-60 cm toprak derinliğinde sıcak su yöntemleridir. Sandabe ve Mohammed (2011), yarı kurak topraklar için 0.01 M CaCl₂ yöntemini kullanmışlardır.

Sonuç

Bu çalışmada, Bursa bölgesindeki armut dikili topraklarının 0-30 cm derinlikte toplam B konsantrasyonunun 74.64 - 909.59 mg B kg⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama konsantrasyonun 274.00 mg B kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Toprak borunun en büyük oranı rezidüel formda bulunmuştur. Bunu sırasıyla Org-B, AmOx-B, MnOx-B, Spa-B, CrOx-B ve KÇ-B takip etmektedir. En küçük B oranı KÇ-B fraksiyonları takip etmiştir. KÇ-B fraksiyonundaki B miktarını belirlemek için kullanılan yöntemlerde en fazla B miktarı sırasıyla sıcak su, 0.01 M CaCl₂, 1M NH₄OAc, 0.1M KCl ve 0.05 M DTPA ekstraksiyon çözeltileri ile belirlenmiştir. Toprakların 30-60 cm derinlikte toplam B konsantrasyonu 54.98 ile 640.20 mg B kg⁻¹ arasında değişmekte ve ortalama 122.76 mg B kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. İkinci derinlikte de, borun çoğu rezidüel fraksiyonda bulunmaktadır. 30-60 cm derinlikte topraktaki diğer B fraksiyonları Org-B, AmOx-B, MnOx-B, Spa-B, CrOx-B ve KÇ-B olarak sıralanmıştır. En düşük B konsantrasyonu da KÇ-B fraksiyonunda bulunmaktadır. 30-60 cm derinlikte toprağın KÇ-B içeriğini belirlemek için araştırılan yöntemlere göre B elementi çoğunlukla 0.01 M CaCl₂ yöntemi ile belirlenmiş ve bunu sırasıyla, sıcak su, NH₄OAc, KCl ve DTPA yöntemleri izlemiştir. Sonuç olarak, Sıcak CaCl₂ yöntemi ile belirlenen B içeriği ile 0-30 cm ve 30-60 cm derinlikteki birçok toprak özelliği arasında önemli ilişkiler ortaya konulmuştur. Öne çıkan diğer yöntem ise özellikle 30-60 cm derinlikte sıcak su yöntemi olmuştur.

Bu araştırmanın sonuçlarına göre, armut meyve ve yaprak örneklerinin toplam B içerikleri KCl, DTPA ve sıcak su yöntemleri ile istatistiksel olarak anlamlı korelasyon katsayıları üretmiştir. Toprak ve bitki analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, bitkiler tarafından kolaylıkla kullanılabilen B elementini temsil eden ve kolayca çözünen B fraksiyonunun belirlenmesinde “sıcak su” yöntemi en etkili yöntem olarak görülmektedir.

Çizelge 9. 0-30 cm derinlikte bor (B) fraksiyonları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler.

B fraksiyonları	µS cm ⁻¹			%			mgkg ⁻¹			cmol kg ⁻¹			mg kg ⁻¹			
	pH	EC	CaCO ₃	O.M.	Kil	Silt	Kum	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
0.01 M CaCl ₂	0.02	0.30*	0.14	0.19	0.34*	0.03	-0.29*	0.36*	0.30*	0.42*	0.27*	0.07	0.08	0.13	0.21	0.14
Org-B	-0.02	0.35*	0.17	0.29*	0.47**	0.24*	-0.52**	0.44**	0.19	0.44**	0.45**	0.33*	0.26*	0.12	0.23*	0.22
Spa-B	0.21	0.29*	0.40*	0.12	0.15	0.21	-0.24*	0.19	0.17	0.36*	0.32*	-0.04	0.16	0.10	0.24*	0.34*
MnOx-B	-0.07	0.11	-0.16	0.28*	0.21	0.27*	-0.33*	0.42**	0.26*	0.43*	0.23*	0.13	0.30*	0.33*	0.33*	0.18
AmOx-B	0.20	0.22	0.51**	0.02	0.07	0.16	-0.15	0.13	0.18	0.32*	0.30*	-0.09	0.11	0.05	0.16	0.33*
CrOx-B	0.19	0.25*	0.54**	-0.03	0.07	-0.05	-0.02	0.07	0.11	0.32*	0.24*	-0.11	-0.10	-0.06	0.06	0.16
Res-B	0.20	0.12	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.06	-0.05	-0.01	0.03	0.10
Top-B	0.21	0.13	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.05	-0.05	-0.01	0.03	0.10
0.05 M DTPA	0.24*	-0.04	0.19	-0.31*	-0.13	-0.13	0.18	-0.15	-0.01	0.07	-0.02	-0.16	-0.20	-0.11	-0.04	-0.06
Org-B	-0.02	0.35*	0.17	0.29*	0.47**	0.24*	-0.52**	0.44**	0.19	0.44**	0.45**	0.33*	0.26*	0.12	0.23*	0.22
Spa-B	0.21	0.29*	0.40*	0.12	0.15	0.21	-0.24*	0.19	0.17	0.36*	0.32*	-0.04	0.16	0.10	0.24*	0.34*
MnOx-B	-0.07	0.11	-0.16	0.28*	0.21	0.27*	-0.33*	0.42**	0.26*	0.43*	0.23*	0.13	0.30*	0.33*	0.33*	0.18
AmOx-B	0.20	0.22	0.51**	0.02	0.07	0.16	-0.15	0.13	0.18	0.32*	0.30*	-0.09	0.11	0.05	0.16	0.33*
CrOx-B	0.19	0.25*	0.54**	-0.03	0.07	-0.05	-0.02	0.07	0.11	0.32*	0.24*	-0.11	-0.10	-0.06	0.06	0.16
Res-B	0.20	0.12	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.06	-0.05	-0.01	0.03	0.10
Top-B	0.21	0.13	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.05	-0.05	-0.01	0.03	0.10
1 M NH ₄ OAc	0.17	0.06	0.31*	0.11	-0.07	0.13	-0.01	0.18	0.18	0.13	0.10	-0.31*	0.09	0.16	0.26*	0.16
Org-B	-0.02	0.35*	0.17	0.29*	0.47**	0.24*	-0.52**	0.44**	0.19	0.44**	0.45**	0.33*	0.26*	0.12	0.23*	0.22
Spa-B	0.21	0.29*	0.40*	0.12	0.15	0.21	-0.24*	0.19	0.17	0.36*	0.32*	-0.04	0.16	0.10	0.24*	0.34*
MnOx-B	-0.07	0.11	-0.16	0.28*	0.21	0.27*	-0.33*	0.42**	0.26*	0.43*	0.23*	0.13	0.30*	0.33*	0.33*	0.18
AmOx-B	0.20	0.22	0.51**	0.02	0.07	0.16	-0.15	0.13	0.18	0.32*	0.30*	-0.09	0.11	0.05	0.16	0.33*
CrOx-B	0.19	0.25*	0.54**	-0.03	0.07	-0.05	-0.02	0.07	0.11	0.32*	0.24*	-0.11	-0.10	-0.06	0.06	0.16
Res-B	0.20	0.12	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.06	-0.05	-0.01	0.03	0.10
Top-B	0.21	0.13	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.05	-0.05	-0.01	0.03	0.10

**% 1 düzeyinde önemli, * % 5 düzeyinde önemli

Çizelge 9. Devam

	μS cm ⁻¹			%			mgkg ⁻¹			cmol			mg kg ⁻¹			
	pH	EC	CaCO ₃	O.M.	Kil	Silt	Kum	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
0-30 cm	0.21	0.03	0.15	-0.17	-0.11	-0.05	0.12	-0.03	0.06	0.05	-0.03	-0.13	-0.01	-0.05	0.06	0.01
0.1 M KCl																
Org-B	-0.02	0.35*	0.17	0.29*	0.47**	0.24*	-0.52**	0.44**	0.19	0.44**	0.45**	0.33*	0.26*	0.12	0.23*	0.22
Spa-B	0.21	0.29*	0.40*	0.12	0.15	0.21	-0.24*	0.19	0.17	0.36*	0.32*	-0.04	0.16	0.10	0.24*	0.34*
MnOx-B	-0.07	0.11	-0.16	0.28*	0.21	0.27*	-0.33*	0.42**	0.26*	0.43*	0.23*	0.13	0.30*	0.33*	0.33*	0.18
AmOx-B	0.20	0.22	0.51**	0.02	0.07	0.16	-0.15	0.13	0.18	0.32*	0.30*	-0.09	0.11	0.05	0.16	0.33*
CrOx-B	0.19	0.25*	0.54**	-0.03	0.07	-0.05	-0.02	0.07	0.11	0.32*	0.24*	-0.11	-0.10	-0.06	0.06	0.16
Res-B	0.20	0.12	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.06	-0.05	-0.01	0.03	0.10
Top-B	0.21	0.13	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.05	-0.05	-0.01	0.03	0.10
Sıcak su	0.10	0.24*	0.11	-0.04	0.17	0.09	-0.18	0.02	-0.01	0.23*	0.19	0.20	-0.03	-0.05	-0.02	0.03
Org-B	-0.02	0.35*	0.17	0.29*	0.47**	0.24*	-0.52**	0.44**	0.19	0.44**	0.45**	0.33*	0.26*	0.12	0.23*	0.22
Spa-B	0.21	0.29*	0.40*	0.12	0.15	0.21	-0.24*	0.19	0.17	0.36*	0.32*	-0.04	0.16	0.10	0.24*	0.34*
MnOx-B	-0.07	0.11	-0.16	0.28*	0.21	0.27*	-0.33*	0.42**	0.26*	0.43*	0.23*	0.13	0.30*	0.33*	0.33*	0.18
AmOx-B	0.20	0.22	0.51**	0.02	0.07	0.16	-0.15	0.13	0.18	0.32*	0.30*	-0.09	0.11	0.05	0.16	0.33*
CrOx-B	0.19	0.25*	0.54**	-0.03	0.07	-0.05	-0.02	0.07	0.11	0.32*	0.24*	-0.11	-0.10	-0.06	0.06	0.16
Res-B	0.20	0.12	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.06	-0.05	-0.01	0.03	0.10
Top-B	0.21	0.13	0.01	-0.30*	-0.14	-0.17	0.21	-0.20	-0.14	-0.11	-0.09	-0.05	-0.05	-0.01	0.03	0.10

** % 1 düzeyinde önemli, * % 5 düzeyinde önemli

Çizelge 10. 30-60 cm derinlikte bor (B) fraksiyonları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler.

B fraksiyonları	μS cm ⁻¹			%			mg kg ⁻¹			cmol kg ⁻¹			mg kg ⁻¹			
	pH	EC	CaCO ₃	O.M.	Kil	Silt	Kum	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
0.01 M CaCl ₂	-0.04	0.45**	0.28*	0.24*	0.45**	0.04	-0.37*	0.50**	0.22	0.42*	0.33*	0.43*	0.22	0.18	0.10	0.35*
Org-B	-0.05	0.55**	0.29*	0.28*	0.60**	0.04	-0.49**	0.54**	0.21	0.57**	0.46**	0.51**	0.14	0.15	0.13	0.36*
Spa-B	0.04	0.44**	0.35*	0.15	0.36*	0.12	-0.35*	0.46*	0.26*	0.42*	0.41*	0.31*	0.22	0.20	0.14	0.30*
MnOx-B	-0.05	0.39*	-0.02	0.19	0.47**	0.04	-0.38*	0.40*	0.28*	0.52**	0.37*	0.34*	0.21	0.27*	0.17	0.21
AmOx-B	0.05	0.37*	0.43**	0.17	0.27*	0.12	-0.28*	0.42*	0.23*	0.34*	0.34*	0.19	0.09	0.10	0.07	0.24*
CrOx-B	0.05	0.34*	0.60**	0.19	0.22	-0.08	-0.11	0.29*	0.14	0.25*	0.27*	0.25*	-0.10	-0.08	-0.09	0.25*
Res-B	0.08	0.03	-0.02	-0.15	-0.15	-0.09	0.17	0.01	0.13	-0.02	-0.01	-0.06	-0.19	-0.10	-0.01	-0.14
Top-B	0.06	0.02	-0.07	-0.17	-0.11	-0.04	0.11	0.04	0.09	-0.03	0.03	-0.06	-0.15	-0.06	-0.01	-0.07
0.05 M DTPA	0.12	0.12	0.21	-0.12	-0.15	-0.11	0.18	0.06	0.19	0.01	0.01	0.07	-0.16	-0.17	-0.16	-0.09
Org-B	-0.05	0.55**	0.29*	0.28*	0.60**	0.04	-0.49**	0.54**	0.21	0.57**	0.46**	0.51**	0.14	0.15	0.13	0.36*
Spa-B	0.04	0.44**	0.35*	0.15	0.36*	0.12	-0.35*	0.46*	0.26*	0.42*	0.41*	0.31*	0.22	0.20	0.14	0.30*
MnOx-B	-0.05	0.39*	-0.02	0.19	0.47**	0.04	-0.38*	0.40*	0.28*	0.52**	0.37*	0.34*	0.21	0.27*	0.17	0.21
AmOx-B	0.05	0.37*	0.43**	0.17	0.27*	0.12	-0.28*	0.42*	0.23*	0.34*	0.34*	0.19	0.09	0.10	0.07	0.24*
CrOx-B	0.05	0.34*	0.60**	0.19	0.22	-0.08	-0.11	0.29*	0.14	0.25*	0.27*	0.25*	-0.10	-0.08	-0.09	0.25*
Res-B	0.06	0.01	-0.08	-0.19	-0.12	-0.05	0.13	0.03	0.10	-0.05	0.01	-0.06	-0.15	-0.05	0.00	-0.07
Top-B	0.06	0.02	-0.07	-0.17	-0.11	-0.04	0.11	0.04	0.09	-0.03	0.03	-0.06	-0.15	-0.06	-0.01	-0.07
1 M NH ₄ OAc	0.01	0.28*	0.27*	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.26*	0.28*	0.14	0.11	0.14	-0.02	0.07	0.05	0.09
Org-B	-0.05	0.55**	0.29*	0.28*	0.60**	0.04	-0.49**	0.54**	0.21	0.57**	0.46**	0.51**	0.14	0.15	0.13	0.36*
Spa-B	0.04	0.44**	0.35*	0.15	0.36*	0.12	-0.35*	0.46*	0.26*	0.42*	0.41*	0.31*	0.22	0.20	0.14	0.30*
MnOx-B	-0.05	0.39*	-0.02	0.19	0.47**	0.04	-0.38*	0.40*	0.28*	0.52**	0.37*	0.34*	0.21	0.27*	0.17	0.21
AmOx-B	0.05	0.37*	0.43**	0.17	0.27*	0.12	-0.28*	0.42*	0.23*	0.34*	0.34*	0.19	0.09	0.10	0.07	0.24*
CrOx-B	0.05	0.34*	0.60**	0.19	0.22	-0.08	-0.11	0.29*	0.14	0.25*	0.27*	0.25*	-0.10	-0.08	-0.09	0.25*
Res-B	0.06	0.01	-0.08	-0.19	-0.12	-0.05	0.13	0.03	0.10	-0.05	0.01	-0.06	-0.15	-0.05	0.00	-0.07
Top-B	0.06	0.02	-0.07	-0.17	-0.11	-0.04	0.11	0.04	0.09	-0.03	0.03	-0.06	-0.15	-0.06	-0.01	-0.07

***% 1 düzeyinde önemli, **% 5 düzeyinde önemli

Çizelge 10. Devam

	µS cm ⁻¹		%					mgkg ⁻¹			mg kg ⁻¹					
	pH	EC	CaCO ₃	O.M.	Kil	Silt	Kum	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
30-60cm																
0.1 M KCl	0.03	0.19	0.15	-0.06	-0.04	-0.06	0.07	0.14	0.24*	0.07	0.05	0.16	-0.05	-0.02	-0.06	0.00
Org-B	-0.05	0.55**	0.29*	0.28*	0.60**	0.04	-0.49**	0.54**	0.21	0.57**	0.46**	0.51**	0.14	0.15	0.13	0.36*
Spa-B	0.04	0.44**	0.35*	0.15	0.36*	0.12	-0.35*	0.46*	0.26*	0.42*	0.41*	0.31*	0.22	0.20	0.14	0.30*
MnOx-B	-0.05	0.39*	-0.02	0.19	0.47**	0.04	-0.38*	0.40*	0.28*	0.52**	0.37*	0.34*	0.21	0.27*	0.17	0.21
AmOx-B	0.05	0.37*	0.43**	0.17	0.27*	0.12	-0.28*	0.42*	0.23*	0.34*	0.34*	0.19	0.09	0.10	0.07	0.24*
CrOx-B	0.05	0.34*	0.60**	0.19	0.22	-0.08	-0.11	0.29*	0.14	0.25*	0.27*	0.25*	-0.10	-0.08	-0.09	0.25*
Res-B	0.08	0.03	-0.02	-0.15	-0.15	-0.09	0.17	0.01	0.14	-0.02	-0.01	-0.01	-0.19	-0.10	-0.01	-0.14
Top-B	0.06	0.02	-0.07	-0.17	-0.11	-0.04	0.11	0.04	0.09	-0.03	0.03	-0.06	-0.15	-0.06	-0.01	-0.07
Sıcak su	0.02	0.39*	0.18	0.06	0.23*	-0.03	-0.16	0.33*	0.27*	0.36*	0.24*	0.34*	-0.01	0.02	-0.00	0.14
Org-B	-0.05	0.55**	0.29*	0.28*	0.60**	0.04	-0.49**	0.54**	0.21	0.57**	0.46**	0.51**	0.14	0.15	0.13	0.36*
Spa-B	0.04	0.44**	0.35*	0.15	0.36*	0.12	-0.35*	0.46*	0.26*	0.42*	0.41*	0.31*	0.22	0.20	0.14	0.30*
MnOx-B	-0.05	0.39*	-0.02	0.19	0.47**	0.04	-0.38*	0.40*	0.28*	0.52**	0.37*	0.34*	0.21	0.27*	0.17	0.21
AmOx-B	0.05	0.37*	0.43**	0.17	0.27*	0.12	-0.28*	0.42*	0.23*	0.34*	0.34*	0.19	0.09	0.10	0.07	0.24*
CrOx-B	0.05	0.34*	0.60**	0.19	0.22	-0.08	-0.11	0.29*	0.14	0.25*	0.27*	0.25*	-0.10	-0.08	-0.09	0.25*
Res-B	0.06	0.01	-0.08	-0.18	-0.12	-0.05	0.13	0.02	0.09	-0.04	0.02	-0.07	-0.16	-0.06	-0.01	-0.08
Top-B	0.06	0.02	-0.07	-0.17	-0.11	-0.04	0.11	0.04	0.09	-0.03	0.03	-0.06	-0.15	-0.06	-0.01	-0.07

**% 1 düzeyinde önemli, *% 5 düzeyinde önemli

Teşekkür

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenen KUAP(Z)-2013/90 No'lu Proje'nin bir parçasıdır. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış ve aralarında hiçbir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Ahmad, W., Zia, M.H., Malhi, S.S., Niaz, A. and Saifullah. 2012. Boron deficiency in soils and crops: Crop Plant, Ed.: Goyal, A., London: Intechopen Limited. ISBN 978-953-51-0527-5, pp 77-114.
- Alloway, B.J., 2008. *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*. New York: Springer. 352p.
- Anonim, 1951. Anonim, 1951. *Soil Survey Manual*. U.S. dept. of Agric. Handbook No: 18U.S. Gout Print Office Washington D.C., 209 p.
- Anonim, 1988. Türkiye gübreler ve gübreleme rehberi. T.C. T.O.K.B. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü. Genel Yayın No: 151, Teknik Yayın No: T-50, Ankara, 182s.
- Anonim, 2005. Jump 6.0 Statistical discovery from SAS. SAS Institute Inc. SAS Campus Drive, Cary, NC, 27513, USA. Available at: <http://www.jmpin.com> (Accessed April 09, 2017).
- Barman, P., Sen, A., Phonglosa, A. and Bhattacharyya, K. 2017. Depth wise distribution of boron in some soils of red and laterite zone of West Bengal, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (12): 4126-4137. doi: 10.20546/ijcmas.2017.612.474.
- Berger, K.C. and Troug, E. 1945. Boron Availability in Relation to Soil Reaction and Organic Matter Content. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 10:113-116.
- Bouyoucus, G.J. 1955. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 4 (9): 434p.
- Brady, N.C. 1999. *The nature and properties of soils*. Mac Millan Publishing Company, New York, 332 pp.
- Bremner, J.M. 1965. Nitrogen: *Method of Soil Analysis Part II*, Ed: C, A, Black, Chemical and Microbiological Properties Agronomy Series, No: 9, Agron, Inc., Madison, Wisconsin, USA, p.1149-1178.
- Brown, P.H. and Shelp, B.J. 1997. Boron mobility in plants. *Plant and Soil*, 193(2):85-101. doi:10.1023/A:1004211925160.
- Brown, P.H., Hu, H.U. and Roberts, W.J. 1999. Occurrence of sugar alcohols determines boron toxicity symptoms of ornamental species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, 124 (4): 347-352.
- Brown, P.H., Bellaloui, N., Wimmer, M.A., Bassil, E.S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeffer, H., Dannel, F. and Römheld, V. 2002. Boron in plant biology. *Plant Biology*, 4 (2): 205-223. doi: 10.1055/s-2002-25740.

- Chapman, H.D. and Pratt, P.F. 1961. *Methods of analysis of soils, plants and waters*, 1-6. Division of Agricultural Sciences, University of California, Los Angeles, USA. pp 150-179.
- Çelik, H., Öztüfekçi, S., Turan, M.A., Aşık, B.B. and Katkat, A.V. 2017. Effects of Increasing Application Doses of Borax and Boric acid on Nutrient Element Uptake of Maize (*Zea mays* L.). *Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 31(2): 45-46.
- Çolak, B., Korkmaz, A. and Horuz, A. 2013. Boron status, boron fractions and its availability in sugar beet grown soils. *Anadolu Journal Agricultural Sciences*, 28 (3): 157-167.
- Chao, T. T. and Sanzolone, R. F. 1989. Fractionation of soil selenium by sequential partial dissolution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 385-392.
- Crandall, P.C., Chamberlain, J.D. and Garth, J.K.I. 1981. Toxicity symptoms and tissue levels associated with excess boron in pear trees. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 12 (10): 1047-1057.
- Datta, S.P., Rattan, R.K., Suribabu, K. and Datta, S.C. 2002. Fractionation and colorimetric determination of boron in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 165:179-184. doi:10.1002/1522-2624 (200204)165.
- Delgado, A., Benlloch, M. and Fernández-Escobar, R. 1994. Mobilization of Boron in Olive Trees during Flowering and Fruit Development. *HortScience*, 29 (6): 616-618.
- Diana, G. 2006. Boron in soil, from deficit to toxicity. *Informatore Agrario*, 62: 54-58.
- Diana, G. and Beni, C. 2006. Effect of organic and mineral fertilization on soil boron fractions. *Agricoltura Mediterranea*, 136: 70-78.
- Elrashidi, M.A. and O'Connor, G.A. 1982. Boron sorption and desorption in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 46: 27-31.
- Elsewi, A.A. 1974. Some observations on boron in water, soils and plants at various locations in Egypt. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 22: 463-473.
- Elsewi, A.A. and Elmalky, A.E. 1979. Boron distribution in soils and waters of Egypt. *Soil Science Society of America Journal*, 43: 297-300.
- Epstein, E. and Bloom. A.J. 2005. *Mineral Nutrition of Plants. Principles and Perspectives* (No. Ed. 2). Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates. 390p.
- Eraslan, F., Polat, M., Yıldırım, A. and Kucukyumuk, Z. 2016. Physiological and Nutritional Responses of Two Distinctive Quince (*Cydonia Oblonga* Mill.) Rootstocks to Boron Toxicity. *Pakistan Journal of Botany*, 48(1): 75-80.
- FAO, 2019. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/data/QC>. (Erişim tarihi: 20.01.2020).
- Gerçekçioğlu, R., Bilginer, Ş. and Soylu, A. 2008. *Principles of fruit growing: Generally Fruit Production*. Nobel PRes. No: 1280, Ankara, Turkey, 480p.

- Goldberg, S. and Glaubig, R.A. 1986. Boron Adsorption on California Soils. *Soil Science Society America Journal*, 50: 1173-1176.
- Goldberg, S. and Foster, H.S. 1991. Boron sorption on calcareous soils and reference calcites. *Soil Science*, 152: 304-310.
- Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils. *Plant and Soil*, 193: 35-48.
- Goldberg, S., Corwin, D.L., Shouse, P. J. and Suarez, D. L. 2005. Prediction of Boron Adsorption by Field Samples of Diverse Textures. *Soil Science Society of America Journal*, 69: 1379-1388.
- Goldberg, S. and Su, C. 2007. New advances in boron soil chemistry: *Advances in Plant and Animal Boron Nutrition*, Ed.: F. Xu ve ark., Springer, Dordrecht, pp: 313-330.
- Gross, A., Bernstein, A., Vulkan, R., Tarchitzky, J., Ben-Gal, A. and Yermiyahu, U. 2008. Simple digestion procedure followed by the azomethine-H method for accurate boron analysis and discrimination between its fractions in wastewater and soils. *Chemosphere*, 72: 400-406.
- Gupta, U. and Solanki, H. 2013. Impact of boron deficiency on plant growth. *International Journal of Bioassays*, 2 (7): 1048-1050. doi:10.1.1.879.4132.
- Gupta, S.R. and Stewart, J.W.B. 1975. The extraction and determination of plant available B in soils. *Schweiz. Land Wirtsch. Forsch.* 14, 153-169.
- Handreck, K. A. 1990. Methods of assessing boron availability in potting media with special reference to toxicity. *Commun. In Soil Sci. Plant Anal.*, 21: 2265- 2280.
- Harmankaya, M. and Gezgin, S. 2005. Determination of boron fractions in Konya plain soils. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19 (36): 93-105.
- Hou, J., Evans, L.J. and Spiers, G. A. 1994. Boron fractionation in soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 25: 1841-1853. doi:10.1080/00103629409369157.
- Jackson, M. L. 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., New Jersey, USA. pp. 38-226.
- Jin, J., Martens, D.C. and Zelazny, L.W. 1987. Distribution and plant availability of soil boron fractions. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 1228-1231.
- Kacar, B. 2009. *Toprak analizleri*. Nobel Yayınevi No. 1387. Ankara, Türkiye.
- Kacar, B. ve İnal, A. 2008. *Bitki analizleri*. Nobel Yayınevi No. 892. Ankara, Türkiye.
- Keren, R. and Bingham, F.T. 1985. *Boron in water, soil and plants* : Advances in Soil Science, ED.: Steward, B.A., Springer-Verlog, New York, pp: 229-276.
- Kumari, K., Nazir, G., Singh, A. and Kumar, P. 2017. Studies on boron fractions with different physico-chemical properties of cultivated soils of Himachal Pradesh, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (6): 1547-1555. doi: 10.20546/ijcmas.2017.606.182.

- Lee, S.H., Kim, W.S. and Han, T.H. 2009. Effects of postharvest foliar boron and calcium applications on subsequent season's pollen germination and pollen tube growth of pear (*Pyrus pyrifolia*). *Scientia Horticulturae*, 122 (1): 77-82.
- Liakopoulos, G., Stavrianakou, S., Filippou, M., Fasseas, C., Tsadilas, C., Drossopoulos, I. and Karabourniotis, G. 2005. Boron remobilization at low boron supply in olive (*Olea europaea*) in relation to leaf and phloem mannitol concentrations. *Tree Physiology*, 25: 157-165.
- Lindsay, W. L. and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-8.
- Loué, A. 1968. Dignostic petiolaire de prospection etudes sur la nutrition et l fertilisation potassiques de la vigne, societe commerciale des potassiques. *d'Alsae Services Agronomiques*, 31-41 p.
- Malhi, S.S., Raza, M., Schoenau, J.J., Mermut, A.R., Kutcher, R., Johnston, A.M. and Gill, K.S. 2003. Feasibility of B fertilization for yield, seed quality and B uptake of canola in North eastern Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science*, 83: 99-108.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London. 897 p.
- Mengel, K. and Kirkby, E.A. 1987. *Principles of plant nutrition* (No. Ed. 4). International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Switzerland.
- Muntean, D.W., 2009. Boron, the Overlooked Essential Element. Soil and Plant Laboratory Inc., Bellevue, WA 98009. P.O Box 1648.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.: Page, A.L., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No. 9, Madison, Wisconsin, USA. Pp 539-579.
- Niaz, A., Ibrahim, M., Nisar, A. and Anwar, S.A. 2002. Boron contents of light and medium textured soils and cotton plants. *International Journal of Agricultural Biology*, 4: 534-536.
- Olsen, S. R. and Dean, L.A. 1965. Phosphorus: *Methods of Soil Analysis*. Part II, Ed.: Black, C. A., Madison, Wisconsin: Am Soc Agron Inc. pp1035-1049.
- Öztürk, Ö., Soylu, S., Ada, R., Gezgin, S., and Babaoğlu, M. 2010. Studies on differential response of spring canola cultivars to boron toxicity. *Journal of Plant Nutrition*, 33: 1141-1154.
- Öztürk, A. and Öztürk, B. 2014. The rootstock influences growth and development of "Deveci" pear. *Turkish Journal of Agriculture and Natural Science*, 1: 1049-1053.
- Padbuhushan, R. and Kumar, D. 2017. Fractions of soil boron: a review. *Journal of Agricultural Science*, 155 (7): 1023-1032. doi: 10.10107/S0021859617000181.
- Parle, M. and Arzoo, A. 2016. Why is pear so dear. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy (IJRAP)*, 7(1): 108-113.
- Pizer, N. H. 1967. *Some Advisory Aspects, soil potassium and magnesium*, Tech. Bull. No: 14: 184 p.

- Raese, J.T. 1989. Physiological disorders and maladies of pear fruits. *Horticultural Reviews*, New York, 11: 354-411.
- Rahmatullah, Badr-uz-Zaman. and Salim, M. 1999. Plant utilization and release of boron distributed in different fractions in calcereous soils. *Arid Soil Research and Rehabilitation (USA)*, 13 (3): 5-16.
- Ranjbar, F. and Jalali, M. 2014. Surface complexation model of boron adsorption by calcareous soils. *International Journal of Environmental Science Technology*, 11: 1317-1326.
- Raza, M., Mermut, A.R., Schoenau, J.J. and Malhi, S.S. 2002. Boron fractionation in some Saskatchewan soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 82: 173-179. <https://doi.org/10.4141/S01-027>.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvements of saline and alcali soils. Agriculture Handbook. No: 60-160p
- Rhoades, J. D. 1982. Soluble Salts: *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Chemical and microbiological properties, Ed.: Page, A. L., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No. 9, Madison, Wisconsin, USA. pp 167-178.
- Sánchez, E., Righetti, T. and Sugar, D. 1998. Partitioning and recycling of fall applied boron in Comice pears. *Acta Horticulturae*, 475 (41): 347-354.
- Sandobe, M. K. and Mohammed, S. 2011. Boron Adsorption by Some Semi-Arid Soils of North Eastern Nigeria. *International Journal of Applied Agricultural Research (IJAAR)*, 6: 71-76.
- Sarkar, D. and Haldar. A. 2011. Extraction of boron using different extractants in soils of two agro-ecological sub-regions, West Bengal-A comparative study. *Agropedology*, 21(1): 40-43.
- Sathya, S., Mahendran, P.P. and Arulmozuhiselvan, K. 2013. Influence of soil and foliar application of borax on fractions of under tomato cultivation in boron deficient soil of typic haplustalf. *African Journal of Agricultural Research*, 8 (21): 2567-2571. doi: 10.5897/AJAR2013.6947.
- Shafiq, M., Ranjha, A.M., Yaseen, M., Mehdi, S.M. and Hannan, A. 2008. Comparison of freundlich and Langmuir adsorption equations for boron adsorption on calcareous soils. *Journal of Agricultural Research*, 46: 141-148.
- Sheng, O., Song, S.S., Chen, Y.J., Peng, S.A., and Deng, X.X. 2009. Effects of exogenous B supply on growth, B accumulation and distribution of two navel orange cultivars. *Trees*, 23: 59-68.
- Shuman, L. M. 1985. Fractionation method for soil microelements. *Soil Sci.* 140: 11-12.
- Sillanpaa, M., and Vlek, P. Micronutrients and the agroecology of tropical and Mediterranean regions. *Fertilizer Research*, 7: 151-167.
- Sillanpaa, M. 1990. Micronutrient Assessment at the Country Level: An international study. FAO Soils Bulletin, Rome.
- Takano, J., Wiwa, K. and Fujiwara, T. 2008. Boron transport mechanisms: collaboration of channels and transporters. *Trends Plant Science*, 13 (8): 451-457. doi: 10.1016/j.tplants.2008.05.007.

- Tsadilas, C.D., Yassoglou, N., Kosmas, C.S. and Kallianou, Ch. 1994. The availability of soil boron fractions to olive trees and barley and their relationships to soil properties. *Plant and Soil*, 162: 211-217. doi:10.1007/BF01347708.
- Tsadilas, C.D. and Kassioti, T. 2005. Influence of liming and nitrogen forms on boron uptake by tobacco. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 701-708. doi: 10.1081/CSS-200043348.
- Tsadilas, C.D. and Kazai, P. 2005. Evaluation of methods for determination of soil boron available trees. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 695-700. doi: 10.1081/CSS-200043344.
- TÜİK, 2018. Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.turkstat.gov.tr> (Erişim tarihi: 20.01.2020)
- USDA, 2013. U.S. Dept. Of Agriculture Soil Taxonomy. Available at: <http://www.soils.usda.gov/technical/classification/osd/index.html>. (Erişim tarihi: 14.11. 2013)
- Walkley, A. and Black, L.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soils organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38. doi: 10.1097/00010694-193401000-00003.
- Wang, J.Z., Tao, S.T., Qi, K. J., Wu, J., Wu, H.Q. and Zhang, L. 2011. Changes in photosynthetic properties and antioxidative system of pear leaves to boron toxicity. *African Journal of Biotechnology*, 10 (85): 19693-19700. doi: 10.5897//AJB11.2608.
- Wang, N., Yang, C., Pan, Z., Liu, Y. and Peng, S. 2015. Boron deficiency in woody plants: various Responses and tolerance mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, 6: 916. doi: 10.3389/fpls.2015.00916.
- Wojcik, P. 2000. Availability of soil boron fractions to m.26 apple rootstock. *Journal of Plant Nutrition*, 23 (7): 1025-1035. doi:10.1080/01904160009382078.
- Wojcik, P. and Wojcik, M. 2003. Effects of boron fertilization on Conference pear tree vigor, nutrition, and fruit yield and storability. *Plant and Soil*, 256: 413-421.
- Wolf, B. 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manuRes, water and nutrient solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2(5): 363-74. doi: 10.1080/00103627109366326.
- Yau, S.K. and Ryan, J. 2008. Boron toxicity tolerance in crops: A vizable alternative to soil amelioration. *Crop Science*, 48 (3): 854-865. doi: 10.2135/cropsci2007.10.0539.
- Xu, J.M., Wang, R.W., Yang, Y.A. and Huang, L.B. 2001. Soil boron fractions and their ics of pear and other relationship to soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 65: 133-138. doi:10.2136/sssaj2001.651133x
- Yamamoto, T. and Terakami, S. 2016. Genomics of pear and other Rosaceae fruit trees. *Breeding Science*, 66 (1): 148-159. doi: 10.1270/jsbbs.66.148.