

PAPER DETAILS

TITLE: NEDEN BOR? BORUN ÇEVRE İLE İNSAN, HAYVAN VE BİTKİ SAĞLIĞI AÇISINDAN
ÖNEMİ

AUTHORS: Aise DELIBORAN

PAGES: 127-141

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1570711>

NEDEN BOR? BORUN ÇEVRE İLE İNSAN, HAYVAN VE BİTKİ SAĞLIĞI AÇISINDAN ÖNEMİ

Aiße DELİBORAN^{1*}

¹Dr., Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Bornova/İzmir; ORCID: 0000-0002-0816-9335
Geliş Tarihi / Recieved: 14.05.2020 Kabul Tarihi / Accepted: 09.10.2020

ÖZ

Geleceğin petrolü olarak nitelendirilen bor, Türkiye'nin en önemli yeraltı zenginliklerinden biridir. Bor, dünya bor rezervinin %63'ne sahip Türkiye'de maden ihraç ürünleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Bor minerali ham olarak kullanılabilirdi gibi genel olarak rafine bor bileşiklerine ve uç ürünlere dönüştürüldükten sonra da kullanım alanı bulmaktadır. Bor kirliliği Türkiye açısından önemli bir sorundur. Bor madenleri ve borik asit tesislerinden kaynaklanan atıklar kirliliğin esas kaynaklarıdır. Tesislerden yüksek bor içeren (yaklaşık 1500 mg L⁻¹) atık sular göletlere boşaltılmakta, bu bölgelerdeki topraklarda ve yetiştirilen bitkilerde yüksek düzeyde bor kirliliği görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre içme suyunun bor içeriği 0.1-0.3 mg L⁻¹ arasında değişmektedir ve gıda olarak bor beslenmesi 1.2 mg gün⁻¹ düzeyinde olmalıdır. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) içme sularının günlük bor beslenmesine 0.2-0.6 mg gün⁻¹ düzeyinde katkı yaptığını ifade etmektedir. Türkiye'de 1998 yılında yayınlanan Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde içme suları için verilen bor limiti 1 mg kg⁻¹'dir. Bitkiler için gerekli olan ancak 1 mg L⁻¹'den fazla bor içeriğine sahip suların sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda sorun yaratabilmektedir. İnsanlar yiyeceklerinden, içme sularından ve bazı tükettikleri ürünlerden (kozmetik, deterjan, sabun vs.) bora maruz kalmaktadır. Bu derlemede borun tarım için önemi, çevresel etkileri ile hayvan ve insan sağlığı üzerine etkileri irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor, sulama suyu, içme suyu, çevre

WHY BORON? IMPORTANCE OF BORON FOR ENVIRONMENT, HUMAN, PLANT AND ANIMAL HEALTH

ABSTRACT

Boron, defined as oil of the future, is one of the most important underground wealth of Turkey. Boron is ranked first among mining products in Turkey, which owns 63% of the world boron reserves. Boron mineral can be used as raw material, but it is generally used after being converted into refined boron compounds. Boron pollution is an important problem for Turkey. Wastes from boron mines, boric acid plants are the main sources of pollution. Wastewater containing high boron content (1500 mg L⁻¹) is discharged into the reservoirs, there is a high level of boron pollution. According to the World Health Organization, the boron content of drinking water varies between 0.1-0.3 mg L⁻¹, the boron feeding as food should be at the level of 1.2 mg day⁻¹. The European Food Safety Authority states that drinking water contributes 0.2 to 0.6 mg day⁻¹ to the daily feeding. According to the Water Pollution Control Regulation (1988) that published by Ministry of the Environment in Turkey, boron limit for drinking water is 1 mg kg⁻¹. Although it is necessary for plants, the use of water with a boron content of more than 1 mg L⁻¹ can cause problems in plants and soil. Humans are exposed to food from their food, drinking water and some products they consume (cosmetics, detergents, soaps, etc.). The obligation for people to the pipe has not yet been shown, but it is suggested that it is beneficial. However, when it is present in high concentrations, all these organisms show a toxic effect. The use of water with a boron content of more than 1 mg L⁻¹ which is necessary for plants, can cause problems in plants and soil. People are exposed to food from their food, drinking water and some products they consume (cosmetics, detergents, soaps, etc.). In this review, the importance of boron for agriculture, environmental, animal and human health are examined.

Keywords: Boron, irrigation water, drinking water, environment

*Sorumlu yazar / Corresponding author: aisedeliboran@gmail.com

GİRİŞ

Dünya ve özellikle Türkiye için stratejik öneme sahip olan bor, geleceğin petrolü olarak nitelendirilmekle birlikte, Türkiye'nin stratejik öneme sahip en önemli yer altı birisidir. Bu nedenle maden ihraç ürünleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Tabiatıta 230 çeşit bor minerali vardır. Bor doğada serbest olarak bulunmamakta, diğer elementlerin oksitleriyle birlikte B_2O_3 halinde bulunmaktadır [1]. Oksijenle bağ yapmaya yatkınlığı nedeniyle pek çok değişik bor-oksijen bileşiği bulunmaktadır. Metal-bor oksijen bileşiklerine genel olarak borat denilmektedir. Bor elementi doğada sodyum, kalsiyum ve magnezyum oksitlerine bağlı ve kristal suyu içeren mineraller halinde bulunmaktadır, bu minerallere bor madenleri veya bor tuzları adı verilmektedir [2]. Bor bileşiklerinin en basitleri bor oksit ve borik asittir. Kalsiyumla birlikte bulunan formu "kolemanit", kalsiyum-sodyumla bulunan formu "üleksit" ve sodyumla bağlı olan formu "boraks" olarak bilinmektedir. Biyolojik sıvılarda %96 oranında borik asit formunda bulunurken çok az bir kısmı borat anyonu olarak bulunmaktadır [3]. Bor mineralleri ve türevlerinin kendilerine özgü birçok özellikleri bunların yerlerinin doldurulmasını olanaksız kılmaktadır [4]. Suda hemen eriyen boratlar kokusuz beyaz kristal granüler ve toz halindedirler. Bor oksit aynı zamanda sık sık rastlanan bor bileşikleridir, özellikle okyanuslardan buharlaşarak havaya karışan borik asit, yağmur ve karla toprağa inip yeraltı ve yerüstü suları ile geniş alanlara yayılmakta ve doğal sular yoluyla da insanlara geçmektedir [5]. Bor ilk defa 1857'de *Maesa icta* tohumundan keşfedilmiştir ve 1800 ile 1900 yılları arasında borun ilk defa toksisitesi tanımlanmıştır. 1910 yılında ise borun fizyolojik önemi keşfedilmiş, birçok bitkide bulunduğu saptanmıştır. 1923 yılında Warington tarafından yapılan çalışmalar sonucunda bitki büyümesi ve gelişmesi için temel mikro besin elementlerinden olduğu ve borun fizyolojik önemi olduğu tanımlanmıştır. 1981 ise hayvan beslenmesindeki önemi aydınlatılmıştır [6]. Dünya bor rezervinin %63'üne sahip olan Türkiye'yi, sırasıyla ABD, Arjantin, Peru, Rusya ve Çin izlemektedir. Üretim açısından ise Türkiye bor üreten altı ülke içerisinde ABD'den sonra ikinci sırada

yer almaktadır. Türkiye'de bor rezervleri Bursa-Mustafakemalpaşa-Kestelek, Balıkesir-Bigadiç, Kütahya-Emet, Eskişehir-Kırka'da bulunmaktadır. Toplam 800 milyon ton olan bu rezerv, dünyadaki toplam bor rezervinin %63'nü oluşturmaktadır. Türkiye bu rezerv ile dünya ham bor ihtiyacının %95'ini karşılamaktadır [7].

1861 yılında çıkartılan Maadin Nizamnamesi uyarınca 1865 yılında bir Fransız şirketine 20 senelik işletme imtiyazı verilmesiyle Türkiye'de ilk işletmenin çalışmaya başladığı bilinmektedir. 1950 yılında Bigadiç ve 1952 yılında Mustafakemalpaşa yöresindeki kolemanit yatakları bulunmuştur. 1956 yılında Kütahya-Emet kolemanit, 1961 yılında Eskişehir-Kırka boraks yataklarının bulunması ve işletilmeye başlanmasıyla Türkiye dünya bor üretimi içinde 1955 yıllarında %3 olan payını 1962'de %15, 1977'de %39 düzeyine yükseltmiş ve giderek artan üretimi sayesinde de günümüzde ABD'nin en önemli rakibi haline gelmiştir [8, 9].



Şekil 1. Borun kullanım alanları
Figure 1. Different using areas of boron

Bor minerali ham olarak kullanılabildiği gibi genel olarak rafine bor bileşiklerine ve uç ürünlere dönüştürüldükten sonra da kullanılmaktadır. Üretimin hemen hemen tamamına yakın kısmı işlendikten sonra ihraç edilmektedir [10, 11]. Bor başta cam ve deterjan endüstrileri olmak üzere sanayinin pek çok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca gübre ve tarımsal ilaçlardan alev dayanıklı malzemelere, elektronik ve uzay teknolojilerine, tarım ve hayvancılık sektörüne kadar uzanan geniş bir kullanım alanına sahiptir [8]. Örneğin insektisitlerde,

seramiklerde, nükleer reaktörlerde, biyolojik gelişim düzenleyicilerde, fotoğraf, plastik, tekstil endüstrilerinde, yangın söndürücülerde, yapıştırıcılarda, gofret üretiminde, makyaj malzemelerinde, elektrik yalıtımında, herbisitlerde ve dezenfektanlarda kullanılmaktadır [12, 10]. Sağlık alanında ise bor bileşiklerinin osteoporoz ve romatoid artrit tedavilerinde, Bor Nötron Yakalama Tedavisi (Boron Neutron Capture Therapy, BNCT) ile beyin tümörlerinin iyileştirilmesinde, yanık tedavilerinde, yara iyileşmesinde, antiseptik olarak lens solüsyonlarında, merhemlerde, gargaralarda ve göz damlalarında kullanıldığı görülmektedir [13, 14].

Türkiye’de bor yataklarının keşfedilmesinin ve üretime açılmasının ardından, bor ve çevreye olan olumsuz etkileri hakkında çıkan söylentiler nedeniyle özellikle yabancı ülkelerin sorunu gündeme getirmesi ile bor ve bileşikleri ile temasın insan sağlığı üzerine olan etkilerinin belirlenmesi konusundaki araştırmalar 1990’lı yılların ortalarında hız kazanmıştır. Bor’un insan ve hayvan beslenmesinde kullanımının oldukça yeni ve güncel bir konu olduğu dikkat çekicidir. Ancak günümüzde bor ile ilgili araştırmaların çok büyük bir bölümü endüstriyel amaçlarla yapıldığı, sağlık ve besleme alanındaki çalışmaların ise sınırlı düzeyde olduğu görülmektedir. Borun mikrobiyolojik sistemlerde, bitkilerde ve hayvanlarda pek çok fizyolojik ve metabolik olayda rol oynadığı düşünülmektedir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu ise tüm bu organizmalara toksik etki gösterdiği bilinmektedir [15]. Borun, bitkilerde nükleik asit metabolizmasında, karbonhidrat ve protein metabolizmasında, hücre duvarı sentezinde ve yapısında, membran bütünlüğünün korunmasında önemli roller oynadığı ileri sürülmektedir [16, 17]. Hayvanlarda embriyolojik gelişme esnasında borun gerekli olduğu ilk olarak zebra balığı ve alabalık embriyolarında gözlemlenmiştir [18, 19]. Borun hayvanlarda da çeşitli mekanizmaları etkilediği bilinmektedir. Bunlar arasında; karbonhidrat metabolizması, mineral metabolizması, enerji tüketimi, çeşitli enzimlerin aktivitelerinin düzenlenmesi, embriyonik gelişme sayılabilir. Ancak borun hayvanlardaki fonksiyonunun moleküler mekanizmaları henüz anlaşılamadığı dikkat

çekicidir [20]. İnsanlar yiyeceklerinden, içme sularından ve bazı tükettikleri ürünlerden (kozmetik, deterjan, sabun vs.) bora maruz kalmaktadır. Borun insanlar için zorunluluğu henüz gösterilmemiştir, ancak yararlı etkileri olduğu bir gerçektir. Hücre membranlarını etkilediği, steroid hormon metabolizmasında rol oynadığı ve sağlıklı kemik gelişimi için gerekli olduğu bildirilmektedir. Ayrıca yapılan klinik deneylerle, besinler ile bor alındığı zaman erkeklerde prostat kanserine yakalanma olasılığının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir [21].

Bu makalede borun tarım için önemi, çevresel etkileri ile hayvan ve insan sağlığı üzerine etkileri irdelenmiştir.

BORUN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Havada Bor

Bor, havaya doğal ve endüstriyel kaynaklardan yayılmaktadır [22]. Doğal kaynaklar okyanusları, volkanları ve jeotermal buharları içermektedir. Bor bileşikleri antropojenik (insan etkinlikleri sonucu) kaynaklar şeklinde havaya karışmaktadır [23]. Borun havaya karışımıyla ilgili hiçbir nicel çalışma bulunamamıştır. Genel olarak bor madenlerinde, bor tozundan dolayı hava yoluyla bora maruz kalınmaktadır. Borik asit ve reçine üretilen yerler ile bor madenlerinde bir metre küp havada 1.14 mg bor dozu rapor edilmiştir [24].

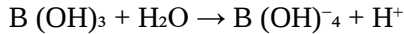
Toprakta Bor

Toprakların total B kapsamı 20-200 mg kg^{-1} , alınabilir B fraksiyonu ise 0.4-5 mg kg^{-1} arasında değişmektedir [25, 26]. Toprakların sıcak su ile ekstrakte edilebilir bor miktarı 0.5 mg kg^{-1} ’den düşük ise bitkiye elverişli bor miktarının yetersiz, 0.5-5 mg kg^{-1} arasında ise yeterli düzeyde olduğu belirtilmektedir [27]. Topraklarda borun dört farklı şekilde bulunduğu bilinmektedir (kayalar ve mineraller şeklinde, /killerin ve demir ile alüminyum sulu oksitlerin yüzeylerinde adsorbe olmuş şekilde/organik maddeye bağlı şekilde/Toprak çözeltisinde bağımsız iyonize olmamış borik asit (H_2BO_3) ve $\text{B}(\text{OH})_4$ iyonları şeklinde). Adsorbe edilmiş bor, toprak

çözültisindeki borun temel kaynağıdır ve bor içeriği yüksek alkalın topraklarda adsorbe edilmiş halde bulunur. Organik madde içeriği yüksek, ince tekstürlü topraklarda alkali pH'a sahip toprakların adsorbe edilmiş bor içerikleri yüksektir. Toprak pH'sı 8-10'na doğru arttıkça B adsorbsiyonunda artmaktadır. Kil mineralleri ile Fe ve Al oksitleri tarafından B'un adsorbe edilme mekanizmasının etkin yüzeylerdeki hidroksil gruplarıyla gerçekleştiği düşünülmektedir [28].

Topraklarda bitkiye yarayışlı borun önemli bir kısmı organik maddeye bağlanmış durumdadır. Organik madde içerikleri yüksek toprakların genellikle bor içerikleri de yüksektir. Mikrobiyal parçalanma sonucu borun toprakta yarayışlı hale geçtiği bilinmektedir. Toprak çözeltisinde bulunan bor bitkinin temel kaynağıdır. Toprakta çözünebilir borun önemli bir kısmı borik asit (H_2BO_3) şeklindedir. Borik asit, toprakların sahip olabilecekleri pH sınırları içerisinde dissosiyeye olmamaktadır. Bu yüzden diğer bitki besin elementlerinden farklı olarak, bor toprak çözeltisinde iyonize olmamış bir halde bulunmaktadır. İyon formunda bulunmadığından toprak koloitlerine bağlanmamakta ve kolayca yıkanarak alt toprak katlarına inmektedir. Kurak bölge topraklarında ise bor, üst toprak katlarında toksik düzeylere kadar yükselmektedir. Kurak bölge toprak çözeltilerindeki B miktarının 0.14 mmol L^{-1} ile 3.5 mmol L^{-1} arasında değiştiği bilinmektedir [28, 29].

Borik asit proton (H^+) verici olmaktan çok, OH^- alıcısı olarak davranmaktadır.



Bu reaksiyon sadece yüksek pH değerlerinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle $B(OH)_4^-$ (borat) anyonu yüksek pH'a sahip ortamlarda görülmekte ve borat anyonu kil mineralleri tarafından adsorbe edilmekte, yüksek pH'ya sahip topraklarda borat adsorbsiyonu artmaktadır. Bu durum diğer anyonların aksine bir durumdur, çünkü diğer anyon türlerinde pH yükseldikçe anyon adsorbsiyonu azalmaktadır. Maksimum B adsorbsiyonu pH 9 civarında gerçekleşmektedir. Kurak ve yarı kurak iklim bölgesi topraklarında sulama suyunun bor içeriğine bağlı olarak, toprakta bitki gelişmesini olumsuz düzeyde etkileyecek bor birikmesi görülebilmeye karşı özellikle

kireçli topraklarda fazla miktarlarda bulunan kalsiyumun bor ile suda çözünmez kalsiyum borat bileşikleri oluşturarak bitkilerin bor alımını olumsuz yönde etkilemektedir. Nitekim bazı araştırmacılar farklı bölgelerde yaptıkları çalışmalarda toprakta değişebilir kalsiyumun fazla olduğu zaman bitkinin bor alımının engellediğini belirlemişlerdir [30, 31].

Suda Bor

Bor bileşikleri toprak, kaya, yeraltı suyu, deniz suyu, yüzeysel su, bitki ve hayvanlarda doğal olarak bulunmaktadır. Ancak genellikle deniz suyunda ve kaplıca sularında bulunan bir elementtir. Deniz suyundaki bor konsantrasyonu ortalama 4.5 mg L^{-1} , tatlı sularda ise $0.01-1.5 \text{ mg L}^{-1}$ aralığındadır. Yeraltı sularındaki konsantrasyonu bütün dünyada $0.3-100 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değişirken, kanalizasyon atık sularında ise bu oran $5-100 \text{ mg L}^{-1}$ arasında değişmektedir. Bor yeraltı suyunda doğal olarak, yüzey sularında endüstriyel kirlenici olarak veya tarımsal yüzey akışların ve çürüyen bitki materyallerinin bir ürünü olarak bulunabilmektedir [32]. Bor sulama sularını en çok kirlüten toksik elementlerin başında gelmektedir. Pek çok endüstride kullanım alanı bulan bor bileşiklerinin endüstriyel gelişmelere bağlı olarak yüzeysel sularda bulunan konsantrasyonunun artış gösterdiği görülmektedir. Deterjan ve temizleme ürünleri bakımından zengin evsel atık sular, özellikle tarımda kullanılan çeşitli kimyasalların üretildiği endüstrilerden kaynaklanan atıklar yüzeysel sularda bulunan borun temel kaynakları olarak dikkati çekmektedir [33, 34]. Türkiye'de içme suyu kaynağı olarak en çok kullanılan yer altı sularındaki bor genellikle doğal kaynaklıdır. Dünyadaki en fazla bor rezervine sahip ülke olan Türkiye'de de bazı yer altı sularında yüksek konsantrasyonda bor bulunduğu bilinmektedir ve bor kirliliğinin Türkiye açısından önemli bir sorun olduğu dikkat çekicidir. Bor madenleri ve borik asit tesislerinden kaynaklanan atıkların kirliliğin esas kaynakları olduğu görülmektedir. Özellikle Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesinde yüksek miktarda bor içeren jeotermal su kaynaklarının bulunduğu bilinmektedir [35]. Batı Anadolu'da bulunan akiferlerdeki bor konsantrasyonunun 163 mg

L^{-1} aralığında olduğu rapor edilmiştir [36]. Türkiye'deki çeşitli bor tesisleri önemli çevre sorunlarına neden olmakta, tesislerden yüksek bor içeren (yaklaşık $1500 \text{ mg } L^{-1}$) atık sular göletlere boşaltılmaktadır. Bu göletler bor tesis alanından daha geniş bir alanı işgal etmektedir [37]. Türkiye'de bor içeriği yüksek sular nedeniyle, Afyon, Aksaray, Bigadiç, Burdur, Konya-Ereğli, Eskişehir, Germencik, Ömerbeyli, Iğdır, Karasaz, Kayseri, Yüksekova ve Salihli yörelerindeki topraklarda yüksek düzeyde bor kirliliği görülmektedir. Bununla birlikte, bor mineralince zengin olan yeraltı sıcak su kaynaklarının, sulama sularına karışması önemli bir sorundur. Büyük Menderes Vadisi, jeotermal sıcak su kaynakları bakımından oldukça zengin bir bölgedir. Burada bulunan tesislerin birçoğunun atık sularını Büyük Menderes Nehrine boşalttığı için Büyük Menderes Nehri suyunda ve bu suyun kullanıldığı tarım alanlarında bor kirliliğinin giderek arttığı bilinmektedir [38]. Araştırmalara göre, bilhassa içme sularının düşük oranda bor içermesi insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. Sulama suyundaki bor konsantrasyonunun yüksek olması, bitkilerde de toksik semptomların görünmesine, bitkilerin fotosentez kapasitesinin ve üretkenliğinin azalmasına neden olmakta, bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyerek bitki ölümünü hızlandırmaktadır [39, 40]. İçme suları için, farklı bor sınır değerleri verilmiştir, 1968'de Su Kalitesi Kriterleri Komitesi (Committee on Water Quality Criteria) sınır olarak $1 \text{ mg } L^{-1}$ belirlemiştir. 1971'de İçme Suları Teknik Komitesi'nin (Drinking Water Standards Technical Review Committee) incelemeleri sonucunda $1 \text{ mg } L^{-1}$ sınırını gerektirecek kanıtların olmadığına, insan sağlığı yönünde $0.3 \text{ mg } L^{-1}$ 'nin güvenilir bir sınır olduğuna karar verilmiştir [41, 42]. Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) borun insan sağlığına etkileri nedeniyle içme sularındaki bor seviyesinin $1 \text{ mg } B \text{ } L^{-1}$ 'den $0.3 \text{ mg } B \text{ } L^{-1}$ düşürülmesi yönünde 1991 yılında başlattığı çalışmalarını 1993'de yayınlamıştır. Bu kararı gerekçe gösteren Avrupa Birliği (AB)'de, deterjanda kullanılan borun azaltılması, hatta giderek yasaklanması hususunda üyelerine, bağlayıcı bir yönetmelik çıkarma çalışmalarını başlatmıştır. Bu durumun dünya bor

rezervlerinin %63'den fazlasını elinde bulunduran Türkiye'nin uzun vadede madencilik ihracatını etkileyecek bir konu olarak görülmüştür. Bu nedenle ETİ Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü Ar-Ge Daire Başkanlığı, Çevre Müdürlüğü tarafından bor üretim alanlarında uzman tıp bilim adamlarına yaptırılan bilimsel araştırmalarda WHO'nun hiçbir bilimsel veriye dayandırılmayan bu tezini çürütecek, içme sularındaki $1 \text{ mg } B \text{ } L^{-1}$ seviyesinde kalmasını sağlayacak ve böylece Türkiye'nin dünya bor pazarındaki yerini korumak amacı ile birçok proje yürütülmüştür [5, 43]. İçme ve kullanma sularındaki sınır değerinin, USEPA ve WHO standartlarına göre $0.3 \text{ mg } L^{-1}$ olmasına karşın bor ve bor bileşiklerinin toksik olmadığı, özellikle borik asit ve sodyum boratların antiseptik özelliklere sahip oldukları bildirilmiştir [5, 44].

Türkiye'de 1998 yılında yayınlanan Çevre Bakanlığı Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre içme suları için bor limiti $1 \text{ mg } kg^{-1}$ olup, bu miktarın $0.1 \text{ mg } kg^{-1}$ düzeyini aşmamasının ideal olduğu bildirilmektedir. Buna göre Bigadiç-İskele kasabası, Bigadiç-Osmanca köyü ve Eskişehir-Seyitgazi'de tespit edilen değerlerin (İskele $674 \text{ mg } L^{-1}$, Osmanca $245 \text{ mg } L^{-1}$ ve Seyitgazi $149 \text{ mg } L^{-1}$) üst limiti oldukça aştığı, söz konusu yönetmeliğe göre içme suyu olarak kullanılmalarının sakıncalı olduğu tespit edilmiştir [11]. Türkiye'de sulama sularını en çok kirlüten toksik elementlerin başında bor gelmektedir. Doğal olarak sulama sularının tümünde bor bulunmaktadır ancak derişimi çok düşüktür. Sulama sularının bor konsantrasyonuna göre sınıflandırılması Çizelge 1'de verilmiştir. Bor, yeraltı suyunda doğal olarak, yüzey sularında endüstriyel kirleticiler olarak veya tarımsal yüzey akışların ve çürüten bitki materyallerinin bir ürünü olarak bulunmaktadır [45]. Bor, yeraltı suyunda ikincil çözünmüş bileşen olarak $0.01-10.0 \text{ mg } L^{-1}$ arasında bulunmaktadır [46].

Tarımsal sulamada uygulanan sulama yöntemi, sulama zamanı ve sulama suyu miktarı kadar kullanılan suyun kalitesi de son derece önemlidir. Tarımsal faaliyetlerle birlikte gelişen sanayi sektörü çevresel kirlenmelere neden olmaktadır. Bitkiler için gerekli olan ancak $1 \text{ mg } L^{-1}$ 'den fazla bor içeriğine sahip suların sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda soruna neden olmaktadır [47].

ABD Tuzluluk Laboratuvarında yapılan bir çalışmada bitkilerin, sulama suyundaki bora dayanıklılık sınırları ve sulama sularının bor

derişimine göre sınıflandırılması belirlenmiştir [48]. İlgili sınıflandırılma Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Sulama sularının bor konsantrasyonuna göre sınıflandırılması [48]

Table 1. Classification of irrigation water according to boron concentration [48]

Suyun Sınıfı Class of Water	Bor Konsantrasyonu (me L ⁻¹) / Boron Concentration (me L ⁻¹)		
	Duyarlı bitkiler Sensitive plants	Yarı duyarlı bitkiler Semi-sensitive plant	Dayanıklı bitkiler Resistant plants
I sınıf: Çok İyi / 1 st class: Very good	<0.33	<0.67	<1.0
II sınıf: İyi / 2 nd class: Good	0.33-0.67	0.67-1.33	1.0-2.0
III sınıf: Kullanılabilir / 3 rd class: Available	0.67-1.0	1.33-2.0	2.0-3.0
IV sınıf: Şüpheli / 4 th class: Suspicion	1.0-1.25	2.0-2.5	3.0-3.75
V sınıf: Uygun değil / 5 th class: Not available	>1-25	>2.5	>3.75

Çizelge 2. Bitkilerin sulama sularındaki bor’a nispi toleransları [48]

Table 2. The relative tolerance of plants to boron in irrigation water [48]

Duyarlı / Sensitive	Yarı Dayanıklı / Semi-Sensitive	Dayanıklı / Resistant
Sulama Suyunda / Irrigation Water 1 mg L ⁻¹	Sulama Suyunda / Irrigation Water 2 mg L ⁻¹	Sulama Suyunda / Irrigation Water 4 mg L ⁻¹
Ceviz / Walnut	Ayçiçeği / Sunflower	Ilgın / Tamarisk
Enginar / Artichoke	Patates / Potato	Kuşkonmaz / Asparagus
Kuru Fasulye / Bean	Pamuk / Cotton	Palmiye / Palm
Erik / Plum	Domates / Tomato	Hurma / Date
Armut / Pear	Bezelye / Pea	Şekerpancarı / Sugar Beet
Elma / Apple	Turp / Radish	Yem Pancarı / Fodder Beet
Üzüm / Grape	Zeytin / Olive	Yonca / Clover
İncir / Fig	Arpa / Barley	Bakla / Broad Beans
Kiraz / Cherry	Buğday / Wheat	Soğan / Onion
Şeftali / Peach	Mısır / Corn	Şalgam / Turnip
Kayısı / Apricot	Yulaf / Oat	Lahana / Cabbage
Portakal / Orange	Kabak / Pumpkin	Marul / Lettuce
Greyfurt / Grapefruit	Lima Fasulyesi / Lima Bean	Havuç / Carrot
Limon / Lemon	Biber / Pepper	

Bitkide Bor

Bitkiler bor’u temelde pasif absorbsiyon yoluyla borik asit B(OH)₃ veya az miktarda da olsa aktif absorbsiyon yoluyla borat iyonları B(OH)₄⁻ şeklinde almaktadır. Borun bitki bünyesinde immobil olması nedeniyle hareketinin sınırlı olduğu bilinmektedir. Transpirasyonun borun bitkide yukarı doğru taşınmasında etkili olduğu yıllar önce gösterilmiştir [49]. Pasif absorbsiyonla kökler tarafından alınan transpirasyona bağlı olarak bor ksilemde bitkinin tepe noktalarına kadar taşınmaktadır ve toprak pH’ı, nemi ve sıcaklığı alımını etkilemektedir [50]. Borun alımını, farklı organlara taşınması ve ksilemdeki hareketi bitkinin su alımı ile yakından ilişkilidir ve borun taşınmasında bitki türleri birbirinden farklılık gösterebilmektedir [51]. Bitkilerin bor elementinden optimum düzeyde yararlanabilmesi, toprakta ve bitki bünyesinde

belli miktar ve dengede bulunmasına bağlıdır. Toprakta ve bitki bünyesinde, iyonlar arasındaki olası dengesizlikler, bitkilerde yetersiz B beslenmesine neden olmakta ve noksanlık belirtileri gözlenmektedir [25].

Birçok araştırma borun nükleik asit metabolizması, karbonhidrat biyosentezi, fotosentez ve protein metabolizması üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Karbonhidrat metabolizması ve taşınması üzerinde rol oynayan bor kök gelişimi, çiçek ve meyve oluşumu üzerinde fizyolojik rollere sahiptir [52]. Ayrıca oksin ve fenol metabolizmasında etkili olduğu, hücre zarı ve hücre duvarı yapısında, doku farklılaşmasında, membran permeabilitesinde, kök uzaması, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde, şekerlerin taşınmasında, yaprağın uzama ve genişlemesinde, solunum ve transpirasyonu düzenlenmesinde, virüs ve fungal hastalıklara karşı olduğu kadar böcek zararlarına karşı da

dayanıklılık kazanmalarında önemli rol oynadığı belirtilmektedir [25]. Borun bitkiler üzerindeki bu etkileri, elementin ortamdan çekildiği çalışmalarla ortaya konmuştur. Çalışmaların sonuçlarına göre, bor etkilerinin bitki türüne ve bor seviyelerine göre değiştiği rahatlıkla söylenebilir [53, 54, 55].

Bor noksanlığına en duyarlı bitkiler şeker pancarı, hayvan pancarı, kereviz ve ıspanaktır. Karnabahar, şalgam, lahana, brüksel lahanası, havuç, pırasa, marul, turp bitkileri de bor noksanlığına duyarlı bitkilerdir. Meyve ağaçlarından elma ve armut bor noksanlığına duyarlı bitkiler olarak bilinirler [55]. Bor noksanlığı öncelikle bitkilerin büyüme noktalarına zarar verdiğinden bitkilerde büyüme çok yavaşlar. Yapraklar ve dallar kolay kırılan gevrek bir yapı alır. Çok şiddetli noksanlıkta büyüme noktaları ölür ve büyüme tamamen durur. Yaprakta nekrotik lekeler, ardından morumsu koyu yeşil renk ve aşağı doğru eğilmeler görülür. Ayrıca yaprak içerisinde bulunan eriyebilen proteinler ve klorofil ile tepe reaksiyonlarının aktiviteleri azaldığından stomalarda küçülmeler gözlemlenir, böylece karbondioksit hareketi stoma içerisinde azalır [56]. Meyvelerde şekil bozuklukları, yaprak uçlarında sararmalar, sürgünlerde geriye doğru kuruma, meyve dökümü, kabuk dokusunda anormallikler, sürgün uçlarının ölmesi sonucu çalılışma bor noksanlığında görülen tipik belirtiler olarak sıralanabilir [57, 58]. Bor toksisitesi diğer pek çok elementin toksisitesinden daha önemlidir. Çünkü bitkiler için yeterli ve gerekli bor miktarı ile zararlı olacak toksik seviye arasındaki fark çok azdır. Toprakta alınabilir bor miktarı 1 ppm'den az ise bor noksanlığı, 5 ppm'den fazla ise bor fazlalığı görülmektedir. Bu nedenle bor gübrelemesi yaparken toksik etki ortaya çıkması olasılığı yüksektir ve bu nedenledir ki toprağa yapılacak bor gübrelemesinde çok dikkatli davranılmalıdır. Yaprak gübrelemesi ile bor verilmesi durumunda gübreleme sadece o bitkiyi yapıldığı için böyle bir risk söz konusu değildir. Bor toksisitesine en duyarlı bitkiler şeftali, asma, incir ve fasulyedir. Orta derecede duyarlı bitkiler arpa, bezelye, mısır, patates, yonca, tütün ve domatestir. Şalgam, şeker pancarı ve pamuk bor toksisitesine dayanıklı bitkilerdendir [25]. Normalin üzerinde bir bor beslenmesinin solunum şiddetini arttırdığı,

böylece net asimilasyonun azaldığı ifade edilmektedir [59]. Bitkilerde normal bor beslenmesi koşullarında asimilasyon organlarındaki bor miktarı genel olarak 2-100 mg kg⁻¹ arasında değişebilmektedir [52].

BORUN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİSİ

Bor, toprakta ortalama olarak 5-150 mg kg⁻¹, yer kabuğunda 10 mg kg⁻¹, deniz suyunda 4.6 mg L⁻¹ ve havada ise 20 ng m⁻³ miktarında bulunmaktadır [60]. Başlıca bor alımı besinler ve içme suyu ile gerçekleşmektedir. Ancak bor madeninin üretildiği veya işlendiği yerlerde insanlar bor bileşiklerine, solunum veya deriden temas yolu ile gaz veya toz halinde maruz kalmaktadır. Ayrıca sabun, deterjan gibi temizleyici ve beyazlatıcı ürünlerin ve kozmetik ürünlerinin üretildiği yerlerde çalışanlar veya bu ürünleri kullananlar da bor bileşiklerine maruz kalmaktadır [61]. Bor yatakları üzerinde binlerce yıldır yaşayan insanlar, gerek içme ve kullanma suları ile ve gerekse çevre yoluyla, yiyecek, içeceklerle ve daha birçok yolla bora maruz kalmaktadır. Böyle bir ortamda yaşayan ve özellikle maden ocağı veya fabrikasında çalışan kişiler bor ve bileşiklerine özellikle tozlara daha yakından maruz kalmaktadır. Buna karşılık bor yataklarından uzak veya bor bakımından fakir topraklar üzerinde yaşayan insanların ocak veya fabrikalarda çalışması sonucunda yine bora maruz kalmaları söz konusudur. Borun hemen her yerde bulunduğu düşünülürse insan grupları arasında sınır çekilemeyeceği kabul edilmektedir. Bor üretiminin uzun süre kendi kabuğu içinde kalmasından dolayı insan sağlığı üzerindeki etkileri çok fazla bilinmemekle birlikte bu konuda yapılan çalışmalar mevcuttur. Canlı beslenmesinde bor bir mikro besin elementidir. Mikro elementlerin çok yüksek etki katsayıları söz konusudur ve çok az miktarları dahi optimum tesiri sağlamak için yeterlidirler. Bu elementlerin az bir noksanlığı veya az bir fazlalığı zararlı olabilmektedir [62]. Yapılan araştırmalara göre bor, besinlerde borik asit ve bor formunda bulunmaktadır [63] ve bu nedenle borik asit birçok hayvan türü ve insanlarda oral yoldan alınmakta ve ardından kolaylıkla, hatta tamamıyla emilmektedir [64]. Sodyum borat ve borik asit formunda besinlerle, solunum ve deri yoluyla alınan

borun büyük bir kısmı yaklaşık %90-95 kadarı ilk 24 saatte değişikliğe uğramadan idrar ile atılmakta, çok az bir kısmı gastrointestinal sistemden emilip, insan ve hayvan doku ve organlarında (kemik, tırnak, saç, diş, yumuşak dokularda) değişen konsantrasyonlarda birirmektedir [65]. Tüketilen veya maruz kalınan bor miktarının artışına paralel olarak dokulardaki bor konsantrasyonunun arttığı bildirilmektedir [66]. Bitkisel kökenli yiyeceklerden özellikle meyvelerin, lifli sebzelerin, sap ve kabukların hayvansal ürünlere ve tahıllara (mısır, pirinç ve buğday vb.) oranla bor bakımından daha zengin olduğu ifade edilmektedir [67]. Kanatlı rasyonlarının büyük çoğunluğunun tahıllardan oluşması ve tahıl tanelerinin de bor bakımından yetersiz olması, kanatlıları yetersiz bor beslemesi ile karşı karşıya bırakmaktadır [68]. Türkiye’de bol miktarda bulunan kaliteli bor ve bileşiklerinin [69] kanatlı hayvan beslemede kullanılmasının verim artışı nedeniyle ülke ekonomisine büyük katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Hayvan Sağlığı Üzerine Etkisi

Bitkisel üretimde esansiyel bir element olduğu belirlenen borun, insanlar ve hayvanlar için esansiyel olup olmadığı henüz kesinlik kazanmamıştır. Ancak, seksenli yıllardan sonra besleyici bir mikro element olarak, insan ve hayvan metabolizmasında çeşitli biyokimyasal araştırmalarda yoğun olarak çalışılmıştır [69, 70]. Yapılan araştırmalar özellikle makro elementler, trigliserit, glikoz, amino asitler, proteinler ve östrojenli bileşiklerin metabolizmasını etkileyebilen bir iz element olduğunu [15] ve mineral [71], lipit [72], enerji metabolizmaları [73] ile enzim ve steroid hormon aktivitesinde rol aldığını göstermektedir [74, 75, 76]. Yapılan araştırmalar bor elementinin hayvan beslenmesinde özellikle kemik metabolizması üzerine olumlu etkilerinin olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalar doğrultusunda bor elementi hayvan rasyonlarına eklenmektedir. Ancak bor mineralinin biyolojik etkileri ile metabolizma üzerine olan etkilerinin saptanmasına dair çalışmalar devam etmektedir. Bor elementinin insan ve hayvan vücudundaki biyokimyasal mekanizması çok az bilinmesine rağmen cis-hidroksil grupları

içeren biyosubstratlarla (şekerler, polisakkaritler, adenosin-5 fosfat, piridoksin, riboflavin, dehidroaskorbik asit ve püridin nükleotidi) reaksiyona girerek hücre zarı fonksiyonları ve stabilitesinde, hormon reseptörleri ve transmembran sinyallerinde etkili olabileceği ileri sürülmektedir [77, 78]. Hayvanın türüne bağlı olarak değişen borik asitin öldürücü dozu, hayvanın her kg’ı için 1.2-3.45 g arasında değişmektedir. Hayvanın içme suyunda 2500 mg L⁻¹ borik asit bulunması büyümeyi engellemektedir. Yapılan bir araştırmaya göre 2000 mg L⁻¹ borik asit derişiminin alabalığa herhangi bir zarar vermediği, 5000 mg L⁻¹’nin ise balığın derisinde koyulaşmaya neden olduğu saptanmıştır [78]. Küçük deniz balıklarının 20°C’de 6 saat süreyle damıtık suda 18-19 g L⁻¹ veya sert suda 19.0-19.5 g L⁻¹ bor iyonu ile teması sonucu ölmeleri nedeniyle bu dozun öldürücü olduğu tespit edilmiştir. Süt ineğine 40 gün boyunca 16-20 g gün⁻¹ borik asit verilmesi durumunda herhangi bir etki gözlenmediği bildirilmiştir [79]. NRC tarafından 1984 yılında kanatlı hayvanların türü ve üretim tipi dikkate alınmadan rasyonlarında 2 mg kg⁻¹ düzeyinde bulunması gerektiği bildirilmiştir. Sonraki dönemlerde ise kanatlılar için bir düzey belirtmekten kaçınılmıştır [80, 81]. Kanatlı hayvanların genelde bazal rasyonlarının bor içeriği 0.16-0.45 mg kg⁻¹ arasında olmalıdır [82], özellikle kanatlılarda 0.30 veya 0.40 mg gün⁻¹ düzeyinde bor beslenmesinin mineral metabolizması için yararlı olabileceği düşünülmektedir [6]. Kanatlıların ihtiyaç duyduğu miktarlar oldukça düşüktür, normal şartlarda noksanlık belirtileri görülmemekte, hormonal veya hücre zarı stabilitesini olumsuz yönde değiştiren kalsiyum, fosfor, kolekalsiferol veya magnezyum yetersizliği gibi stres faktörlerinde bor yetersizliği çok daha bariz görülmektedir [83]. Bor broylerde gelişim ve mineral (Ca ve P) metabolizması üzerine etkilidir ve Vitamin D noksanlığına bağlı belirtilerin azaltılmasında rol almaktadır [84]. Yapılan diğer çalışmalara göre bor, broylerde makro mineral metabolizması üzerinde de önemli rol oynamaktadır [8, 66, 85]. Karma yemdeki bor’un yumurta verimi ile yumurta kabuk kalitesi ve Ca metabolizması üzerine etkilerini incelenmiş, bor katkısı ile yumurta veriminin

azaldığı, yumurta kabuk kalitesinin etkilenmediği, tibia kemik külünün arttığı ifade edilmiştir [86]. Karma yemde borik asit ve sodyum tetra borat-borax ile yapılan çalışmada canlı ağırlık, yumurta ağırlığı, ölüm oranı ve kabuk ağırlığının uygulamalardan etkilenmediği, yumurtadan çıkış gücü ve kuluçka randımanının kontrol grubuna göre daha yüksek bulunduğu ifade edilmektedir [87]. Etlik civcivlerde bor ve riboflavin etkilerinin incelendiği çalışmada 21. gündeki canlı ağırlık, yem tüketimi ve ölüm oranının 320 mg kg^{-1} bor katkılı yemle beslenen deneme grubunda düşük çıktığını tespit edilmiştir [66]. Vitamin D bakımından yetersiz olarak beslenen civcivlerin yemlerine yapılan bor katkısı eksiklik belirtilerini azaltmaktadır [88].

İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

Bor insan vücuduna doğal olarak yiyecek ve içeceklerle, solunum ve deri yolu ile alınmaktadır. Dünya Sağlık Örgütüne tarafından bor için çevresel sağlık ölçütü oluşturulmuş, buna göre havadan $0.44 \text{ } \mu\text{g gün}^{-1}$, içme suyundan $0.2\text{-}0.6 \text{ mg gün}^{-1}$ ve diyetle $1\text{-}2 \text{ mg gün}^{-1}$ alınması normal sınırlar içinde kabul edilmiştir [61]. Sindirim ve solunum sistemi yoluyla %100'e yakın bir oranda emilen bor, organizmaya alındıktan sonra büyük bir kısmı borik asit B(OH)_3 ve çok az bir kısmı da borat anyonlarına B(OH)_4 dönüşmektedir. Emilen bor bileşiklerinin, 24 saat veya daha az sürede yarılanıp, birkaç gün içinde %90'dan fazlasının hızlı bir şekilde üriner yolla atıldığı, çok az bir kısmının kemik, tırnak, saç, kıl, karaciğer ve dalak gibi organlarda biriktiği bilinmektedir [8, 65, 89]. Borun yumuşak dokularda birikmediği, kemik dokusunda eser miktarda biriktiği bilinmektedir. 1980'li yıllarda iz element olarak tanımlanan bor, 1996 yıllarında Dünya Sağlık Örgütü tarafından insan sağlığı açısından olası temel elementler sınıfına alınmıştır. İnsan ve hayvanlar için esansiyel bir iz element olduğu bildirilen bor'un mineral metabolizması, lipid metabolizması ve enerji metabolizmasında, immun ve endokrin sistem ile birlikte beyinde önemli fonksiyonları olduğu, performansı olumlu etkilediği, osteoporoz, osteoartrit ve artrit önlenmesinde etkili olabildiği ileri sürülmektedir [8, 15]. Bor elementi vücudumuzda özellikle kemiklerdeki

kalsiyum, magnezyum ve fosforun korunması için gereklidir. Ayrıca bu üç mineralin vücutta maksimum düzeyde kullanılmasını ve korunmasını da sağlamaktadır. Bunun dışında bor beyin fonksiyonlarında, immun sistemde, kan hücrelerinin kompozisyonunda da rol oynamaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar üreme sisteminde ve embriyo gelişiminde de rol aldığını ortaya koymuştur. Kemik metabolizması açısından önemi bulunan vitamin D, kalsiyum ve magnezyum ile olan düzenleyici ilişkisinin yanı sıra, menopoz sonrası kadınlarda antioksidan etkileri saptanmıştır [70]. İnsan diyetinin içerisinde bor yükseltildiği zaman östrojen, testosteron ve plazma iyonize kalsiyum düzeylerinin yükseldiği ve kalsiyum, D vitamini ve magnezyum eksikliğinin negatif etkilerinin azaldığı gösterilmiştir [90]. Bu özellikleri nedeniyle, bor içeren preparatlar, dünyada ve Türkiye'de menopoz sonrası osteoporozu (kemik erimesini) önlemek amacıyla besin desteği olarak kullanılmaktadır. Diyetle alınan borun plazma lipidlerinin düşürülmesinde rol oynadığı ve koroner arter hastalığı (kalp krizi) riskini azalttığı, bağışıklık sistemi üzerine olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir. Son yıllarda, özellikle bazı kanser türleri üzerinde koruyucu ve tedavi edici etkileri saptanmış, gerek epidemiyolojik ve gerekse hayvan laboratuvar çalışmalarında ümit verici sonuçlar ortaya çıkmıştır [91, 92, 93].

Araştırmalara göre kabuklu yemişler, kuru baklagiller ($10\text{-}45 \text{ mg kg}^{-1}$), meyve ve sebzeler ($1\text{-}6 \text{ mg kg}^{-1}$) bor içeriği bakımından zengin gıdalardır (Şekil 2). Tahılların ve patatesin bor içeriği ise daha düşüktür, et ve et ürünleri, süt ve süt ürünleri ile yumurta ($<0.6 \text{ ppm}$) ise bor açısından fakir gıdalar arasında yer almaktadır [60]. Türkiye'de gıdalardaki bor konsantrasyonunu belirlemek amacıyla yapılmış çalışmalarda bor miktarının çayda ortalama 1.05 mg kg^{-1} , Türk kahvesinde 14.33 mg kg^{-1} ve kırmızı şarap örneklerinde 9.33 mg L^{-1} olduğu tespit edilmiştir [94, 95]. Fındık çeşitlerinde ise bor içeriğinin ortalama 18 mg kg^{-1} olduğu tayin edilmiş ve Türk fındığının borun doğal bir kaynağı olduğu ileri sürülmüştür [96]. Hatay ilimizde yapılmış olan bir çalışmada kekik, nane, kırmızılahana, bakla, ayva, nar ve portakalın yüksek konsantrasyonda bor içerdiği tespit edilmiştir

[14, 97]. Türkiye’de bor üretim bölgelerinden toplanan gıda örneklerinde fıstık, üzüm yaprağı, vişne ve ayvanın yüksek konsantrasyonda bor içerdiği belirlenmiştir [14, 98]. Bazı gıdaların içerdikleri bor miktarları Çizelge 3’de verilmiştir [67].

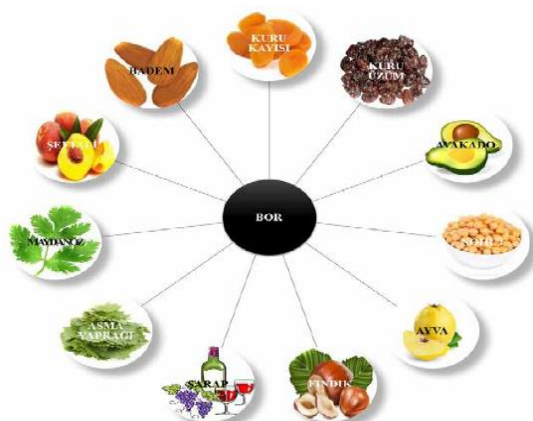
İnsanlar arasında borun günlük alınımı için yeterli olabilecek düzey henüz belirlenmemiştir. Fakat hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda insanlar için ihtiyaç duyulabilecek düzeyin en az 0.5 mg gün⁻¹ olabileceği düşünülmektedir [6].

Günümüzde The Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine (ABD) tarafından 18 yaş üstü yetişkin insanlarda bor için tolere edilebilir en yüksek düzeyin (UL) 20 mg gün⁻¹ olduğu bildirilmektedir [99]. İnsan vücudundaki bor düzeyi 3-20 mg kg⁻¹ düzeyinde olup kemiklerde, tırnaklarda, parmaklarda ve saçta yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır. İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalarda kan, serum ve idrar gibi vücut sıvılarında bor düzeyi sırasıyla 0.06; 0.02 ve 0.75 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir [8].

Çizelge 3. Bazı gıdaların bor içerikleri [67]

Table 3. Boron content in some food [67]

Besin türü Foods	Bor konsantrasyonu (µg g ⁻¹) Boron concentration (µg g ⁻¹)	Besin türü Foods	Bor konsantrasyonu (µg g ⁻¹) Boron concentration (µg g ⁻¹)
Meyveler / Fruits		Hayvansal Ürünler / Animal Foods	
Elma / Apple	2.73	Sığır eti / Beef	< 0.05
Muz / Banana	1.04	Tavuk / Chicken	0.34
Kiraz / Cherry	1.47	Kuzu / Lamb	0.14
Şeftali / Peach	1.87	Karaciğer / (sığır) / Liver	<0.07
Armut / Pear	1.22	Peynir / Cheese	0.19
Portakal / Orange	2.17	Süt (%2 yağ) / Milk (2% fat)	0.23
Elma suyu / Apple juice	1.88	Yumurta / Egg	0.12
Üzüm suyu / Grape juice	2.02	Tahıl Ürünleri / Crops Foods	
Portakal suyu / Orange juice	0.41	Ekmek / Bread	0.48
Kuru erik / Dry plum	27	Mısır gevreği / Corn flakes	0.92
Kuru üzüm / Raisins	25	Pirinç / Rice	0.32
Sebzeler / Vegetables		Makarna / Pasta	0.14
Domates / Tomato	0.75	Yulaf unu / Oat flour	0.10
Taze fasulye / Green beans	0.46	Diğer Ürünler / Other Foods	
Brokoli / Broccoli	1.85	Bal / Honey	6.07
Salatalık / Cucumber	0.015	Şeker / Sugar	0.29
Havuç / Carrot	0.75	Fındık / Hazelnut	16
Mısır / Corn	0.49	Fıstık / Peanut	18



Şekil 2. Borun en fazla bulunduğu gıdalar
Figure 2. Foods with the highest boron

Dünya Sağlık Örgütü’ne göre içme suyunun bor içeriği 0.1-0.3 mg L⁻¹ arasında değişmektedir, gıda olarak bor beslenmesi 1.2

mg gün⁻¹ düzeyinde olmalıdır [61]. Avustralya’da kişilerin diyetle aldıkları bor miktarı ortalama 2.22 mg gün⁻¹ olarak saptanmıştır [14]. Besin ve içme suyu ile bor beslenmesinin, coğrafik koşullara ve diyetel özelliklere göre değiştiği, günlük toplam 1-7 mg gün⁻¹ bor alımının gerçekleştiği ifade edilmektedir [100]. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority, EFSA) içme sularının günlük bor beslenmesine 0.2-0.6 mg gün⁻¹ düzeyinde katkı yaptığını ifade etmektedir [101]. Amerika Birleşik Devletleri İlaç, Besin ve Beslenme Komitesi (United States of Medicine Food and Nutrition Board) tarafından tolere edilebilir üst seviye yetişkinler için 20 mg gün⁻¹ olarak belirlenmiştir [102]. Dünya Sağlık Örgütü güvenli üst alım seviyesini ilk olarak 13 mg gün⁻¹ olarak belirlemiştir. Fakat sonra bunu

arttırmış ve 0.4 mg kg⁻¹ veya 70 kg bir insan için yaklaşık 28 mg gün⁻¹ bor olarak belirlemiştir [61]. Avrupa Birliği tolere edilebilir üst alım seviyesini vücut ağırlığı baz alınarak toplam 10 mg gün⁻¹ olarak belirlemiştir. EFSA, 2013 panelinde bor için kabul edilebilir günlük alım miktarı (Acceptable Daily Intake, ADI) 0.16 mg B kg gün⁻¹ olarak belirlenmiştir [14].

SONUÇ

Bor bitki metabolizmasında önemli işlevlere sahip olmakla birlikte insan sağlığında da az miktarda alınmasına rağmen çok önemli fonksiyonların gelişimine katkıda bulunmaktadır. Toprakların alınabilir bor kapsamları 0.4-5 ppm arasında değişmekte ve bitkiler boru daha çok borik asit formunda almaktadır. Bor noksanlığında bitkiler zarar görmekte ve şiddetli noksanlıklarda büyüme tamamen durmaktadır. Bor elementi yukarıda belirtildiği gibi çevreye yaptığı etkiler sonucunda 2011 yılında EFSA'nın da kabul ettiği ve yapılan birçok araştırmada kanıtlandığı üzere; bor mineralinin insan fizyolojisinde birçok önemli fonksiyonu bulunmakta ve birçok hastalık ile ilişkisi bulunmaktadır. Bor, mineralinin toksik etkileri yanında esansiyel rolünün de unutulmaması ve sağlık için önemli bir mineral olduğunun kanıtlanması amacıyla bu konu ile ilgili daha çok araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Kemp, P.H., 1956. The chemistry of borax. *Part 1. Borax Consolidated Limited, S.W.I., London.*
- Duman, I., 2003. Bor madenleri ve stratejik bor ürünleri. *Bilim ve Ütopya Dergisi*, 114:18-21.
- Bolanos, L., K. Lukaszewski, I. Bonilla and D. Blevins, 2004. Why boron? *Plant Physiol Biochemistry*, 42:907-912.
- Göncü, N., 1982. Dünya ve Türkiye'de metal ve mineral kaynaklarının potansiyeli, ticareti, beklenen gelişmeler. *10. Bor Mineralleri, M.T.A. Enstitüsü Yayınları*, 187, Ankara.
- Demirtaş, A., 2010. Bor'un insan beslenmesi ve sağlığı açısından önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1):75-80.
- Nielsen, F., 1988. Boron an overlooked element of potential nutritional importance. *Nutrition Today*, 4-7 January/February.
- Önoca, T., 1990. Bor yataklarının işletilmesinin yüzey sularına etkileri (Yüksek Lisans Tezi). *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Yeşildağ, D., 2008. Hayvan beslemede bor kullanımının önemi. *Uludağ University J. Fac. Vet. Med.* 27(1-2):61-68.
- Ademdir, O., 2002. Bor ürünlerinin teknolojileri ve Türkiye'nin durumu. *İTÜ İleri Teknoloji Seramik ve Kompozitleri Araştırma Merkezi, 1. Uluslararası Bor Sempozyumu, 3-4.10.2002, Dumlupınar.*
- Velioğlu, S., B.S. Savlı ve S. Alınsoy, 1999. Bor madeni havzalarında üretilen bazı gıdalarda bor miktarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Gıda*, 24:13-19.
- Velioğlu, S. ve A. Şimşek, 2003. İnsan sağlığı ve beslenmesi açısından bor. *Anadolu Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2):123-130.
- Doonan, D.J. and L.D. Lower, 1978. Boran compounds (oxides acid, borates) in Knk Oihmer encyclopedia of chemical technology. *John Wiley an Sons Vol:4. 3rd Ed.*, 67-110, New York.
- BOREN, 2016. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (<http://www.boren.gov.tr>; Erişim Tarihi: Aralık 2016).
- Kuru, R. ve A. Yarat, 2017. Bor ve sağlığımıza olan etkilerine güncel bir bakış. *Journal of Marmara University, Institute of Health Sciences, Clinical and Experimental Health Sciences*, doi:10.5152/clinexphealthsci.
- Nielsen, F.H., 1997. Boron in human and animal nutrition. *Plant and Soil*, 193:199-208.
- Mosema, N.R.F., 1994. Chemical disposition of boron in animals and humans. *Environ. Health Perspect*, 102:113-117.
- Miwa, K., J. Takano, H. Omori, M. Seki, K. Shinozaki and T. Fujiwara. Plants

- tolerant of high boron levels. *Science* 30 Nov 2007, 318(5855):1417, doi:10.1126/science.1146634.
18. Rowe, R.I., C. Bouzan, S. Nabili and C.D. Eckhert, 1998. The response of trout and zebrafish embryos to low and high boron concentrations is u-shaped. *Biol. Trace Elem. Res.*, 66(1-3):261-70.
 19. Rowe, R.I., 1999. Boron is required for zebrafish embryogenesis. *J. Exp. Biol.*, 202:1649-1654.
 20. Tanaka, M. and T. Fujiwara, 2008. Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. *Eur. J. Physiol.* 456:671-677.
 21. Cui, Y., M.I. Winton, Z.F. Zhang, C. Rainey, J. Marshall, J.B. Dekernion and C.D. Eckhert, 2004. Dietary boron intake and prostate cancer risk. *Oncol. Rep.*, 11(4):887-920.
 22. Graedcl, T.F., 1978. Inorganic elements, hydrides, oxides and carbonates. In *Chemical Compounds in The Ainospheie*, NY Academic Pres, New York, pp:35-40.
 23. EPA, 1987. Toxic au pollutant/source uosswalk a screening tool for locating possible sources emitting toxic a pollutants research triangle park. NC US Environmental Protection Agency, Oltce of 430 Air Quality Planning and Standards, UPA-4MW4-87-023a.
 24. US Public Health Service, 1992. Toxicological profile for boron and compounds. (<http://www.ar.sdi.ctif.aov/toxpronji's/jp.26>).
 25. Deliboran, A. ve Ş. Savran, 2017. Bor, bitki fizyolojisindeki önemi ve meyve ağaçlarında kullanımı. 5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 12-15 Eylül 2017, Kırklareli.
 26. Gupta, U.C., 1979. Boron nutrition of crops. *Adv. Agronomy*, 31:2373-307.
 27. Sillanpaa, M., 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils. *A Global Study*, FAO Soils Bulletin, No:48, Rome.
 28. Kacar, B. ve A.V. Katkat, 1976. Bitki besleme. *Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:127, Vipaş Yayınları*: 3.
 29. Rhodes, J.D., R.D. Ingvalson and J.T. Hatcher, 1970. Absorption of boron by ferromagnesian minerals and magnesium hydroxides. *Soil Sci. Am. Proc.*, 34:938-941.
 30. Dechnik, I., B. Chmielewska, T. Filipek and J. Mazur, 1989. Effect of differentiated nitrogen and potassium fertilizer application on the trace dement consent in soil and sugar beet. 1. Boron, C2. 1. Bor, *Roczniki Nauk Rolniczych*, 108(1):149-153.
 31. Olsen, S.R., 1972. Micronutrient interactions, micronutrients in agriculture. *Soil Science Society of Amerika, Ine Madison, Wisconsin, USA*, pp:243-264.
 32. Başkan, M.B. ve N. Atalay, 2014. İçme ve sulama sularında bor kirliliği ve bor giderme yöntemleri. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3):78-84.
 33. Garci'a-Soto, M.F. and E.M. Camacho, 2006. Boron removal by means of adsorption with magnesium oxide. *Sep. Purif. Technol.*, pp:36-48.
 34. Yüksel, S. and Y. Yürüm, 2010. Removal of boron from aqueous solutions by adsorption using fly ash, zeolite and demineralized lignite. *Separation Science and Technology*, 45:105-115.
 35. Kavak, D., 2009. Removal of boron from aqueous solutions by batch adsorption on calcined alunite using experimental design. *Journal of Hazardous Materials*, 163:308-314.
 36. Dinçer, A.R., 2004. Use of activated sludge in biological treatment of boron containing wastewater by fed-batch operation. *Process Biochem.*, 39:721-728.
 37. Öztürk, N. and D. Kavak, 2003. Boron removal from aqueous solutions by adsorption using full factorial design. *Fresenius Environ. Bull.*, 12:1450-1456.
 38. Harite, Ü., 2008. Pamukta bor toksisitesine dayanıklılık (Yüksek Lisans Tezi). *Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ZTO-YL-2008-0001*.
 39. Parks, J.L. and M. Edwards, 2005. Boron in the environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 35(2):81-114.
 40. Wei, Y., Y. Zheng and J.P. Chen, 2011. Design and fabrication of an innovative and environmental friendly adsorbent for boron removal. *Water Research*, 45:2297-2305.

41. Kalaratoğlu, E., N. Ors, S. Sahin, H. Yuzer ve A.Ç. Erbil, 1997. Bor bileşikleri içeren atık suların arıtılması. *TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, 01.09.1997, Gebze/Kocaeli*.
42. Uygan, D. ve Ö. Çetin, 2004. Borun tarımsal ve çevresel etkileri, Seydisuyu su toplama havzası. *II. Uluslararası Bor Sempozyumu 23-25 Eylül 2004, Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara*.
43. DPT, 1999. VIII. beş yıllık kalkınma planı. *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara*.
44. Helvacı, C., 2005. Batı Anadolu'da arserik ve bor mineralleri ilişkisi ve sağlığa etkileri. *I. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Kitabı, Ankara, s:74-92*.
45. Provin, T.L. and J.L. Pitt, 2002. Description of water analysis parameters. *Soil and Crop Science Department, The Texas A&M University*.
46. Anonymous, 2004. Water quality assessment. *A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring-Second Edition, UNESCO, (http://www.who.int/doctorel; Erişim Tarihi: Mart 2004)*.
47. FAO, 1976. Water quality for agriculture. *Irag. and Drainage Paper, 29-81, Rome*.
48. Richards, L.A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Us Salinity Lab., USA*.
49. Micheal, G., E. Wilberg and K. Kouhsiahai-Tork, 1969. Boron deficiency induced by high air humidity. *Z. Pflanz, Bodenkunde, 122:1-3*.
50. Goldberg, S., 1997. Reaction of boron with soils. *In Plant and Soil Proceedings Eds. R.W. Bell and B. Rerkasem, 193:35-48. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands*.
51. Marschner, H., 1976. Mineral metabolism, short and long distance transport. *Fortschr. Botany, 38:71-80*.
52. Finck, A., 1969. Pflanzenernahrung in Stickworten Verlag Ferdinand hirt, Kiel.
53. Lovalt, C.J. and W.M. Dugger, 1984. Biochemistry of the essential ultrace elements. *In: E. Frieden (ed.), Plenum Publishing Corp Boron, 389-420, New York*.
54. Shelp, B.J., 1993. Physiology and biochemistry of boron in plants, in boron and its role in crop production. *Ed. UC Gupta, 53-85, CRC Pres. Boca Raton, FL., USA*.
55. Aktaş, M. ve M. Ateş, 2005. Bitkilerde beslenme bozuklukları, nedenleri ve tanınmaları. *Engin Yayınevi, Ankara*.
56. Dell, B. and L. Huang, 1997. Physiological response of plants to low boron. *Plant and Soil, 193:103-120*.
57. Freeman, M., K. Uriu and H.T. Hartman, 1994. Diagnosing and correcting nutrient problems. *In: L. Ferguson, G.S. Sibbert and G.C. Martin (eds.), Olive Production Manual, Univ. Calif. Div. Agr. and Natural Resources Publ., 3353:77-86*.
58. Hartman, J.S. and P. Stilbs, 1980. Ionic-covalent equilibria in boron trihalide adducts, the BF₂ (hmpa) 2 + cation. *J. Chem. Soc., Dalton Trans., pp:1142-1144, doi:10.1039/DT9800001142*.
59. Mengel, K., 1984. Bitkinin beslenmesi ve metabolizması. (Çeviri: H. Özbek, Z. Kaya, M. Tamçı). *5. Baskı, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No: 162, s:590, Adana*.
60. Uçkun, Z., 2013. Esansiyel bir komponent: bor-borun günlük alımı ve fizyolojik etkileri. *J. Turkish Sci. Rev., 6:119-23*.
61. World Health Organization, 1998. Boron in drinking-water report. *Geneva, pp:1-12*.
62. Yılmaz, A., 2002. Her derde deva hazinemiz bor. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Ankara*.
63. EFSA: European Food Safety Authority, 2006. Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of boron. *Request pp:309-325 (http://www.slv.se/upload/dokument/efsa/upper_level_opinions_full-part33,0.pdf)*.
64. Murray, F.J., 1998. A comparative review of the pharmacokinetics of boric acid in rodent and humans. *Biol. Trace Elem. Res., 66:331-41*.
65. Şaylı, B.S., 2000. İnsan sağlığı ve bor mineralleri. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Eti Holding Araştırma Projeleri Yürütücüsü, Mayıs 2000, Ankara, (www.bigadic.gov.tr)*.

66. Rossi, A.F., R.D. Miles, B.L. Damron and L.K. Flunker, 1993. Effect of dietary boron supplementation on broilers. *Poult. Sci.*, 72:2124-2130.
67. Hunt, C.D., T.K. Shule and L.M. Mullen, 1991. Concentration of boron and other elements in human foods and personal care products. *J. Am. Diet. Assoc.* 91:558-568.
68. Hunt, C.D., 2006. Dietary boron: Progress in establishing essential roles in human and animal physiology. *III. Uluslararası Bor Sempozyumu, 02-04 Kasım 2006, Ankara*, s:3-10.
69. Yıldız, G., F. Özçelik, H. Köksal, S. Bagder ve Ö. Abacıoğlu, 2008. Organik bor üretilebilirliği ve broyler rasyonlarında bor ile humatın kullanımı. 2. *Ulusal Bor Çalıştayı Bildirileri, 17-18 Nisan 2008, Ankara*, s:597-604.
70. Devirian, T.A. and S.L. Volpe, 2003. The physiological effects of dietary boron. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(2):219-231.
71. Kurtoglu, V., F. Kurtoglu and B. Coskun, 2001. Effects of boron supplementation of adequate and inadequate vitamin D3 containing diet on performance and serum biochemical characters of broiler chickens. *Research in Vet. Sci.*, 71:183-187.
72. Eren, M., B. Kocaoğlu, F. Uyanık and N. Karabulut, 2006. The effects of boron supplementation on performance, carcass composition and serum lipids in Japanese quails. *J. of Animal and Vet. Advances*, 5(12):1105-1108.
73. Hunt, C.D. and J.L. Herbel, 1991. Effects of dietary boron on calcium and mineral metabolism in the streptozotocin-injected, vitamin D3-deprived rat. *Magnesium Trace Elem.*, 10:387-408.
74. Hunt, C.D., 1998. One possible role of dietary boron in higher animals and humans. *Biol. Tr. Elem. Res.*, 66:205-225.
75. Naghii, M.R. and M. Mofid, 2008. Elevation of biosynthesis of endogenous 17- β estradiol by boron supplementation: one possible role of dietary boron consumption in humans. *Journal of Nutritional & Environmental Medicine*, 17(2):127-135.
76. Çimrin, T. ve M. Demirel, 2012. Kanatlı karma yemlerinde bor elementinin kullanımı. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1):46-56.
77. Nielsen, F.H., 1991. Nutritional requirements for boron, silicon, vanadium, nickel and arsenic: current knowledge and speculation. *Faseb., J.*, 5:2661-2667.
78. DSİ, 1983. Kırka yöresi bor kirliliği araştırması raporu. *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ İçme Suyu ve Kanalizasyon Daire Başkanlığı, Ankara*.
79. Cantürk, M., 2002. Borun etkileri. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*. (www.biltek.tubitak.gov.tr/merakettikleriniz; Erişim Tarihi: Haziran 2017).
80. Fassani, E.J., A.G. Bertechini, J.A.G. Brito, R.K. Kato, E.T. Fialho and A. Geraldo, 2004. Boron supplementation in broiler diets. *Brazilian J. of Poult. Sci.*, 6:213-217.
81. NRC, 1984. National Research Council, Nutrient Requirements of Poultry. *National Academy Press, Washington, DC*.
82. Hunt, C.D., 1994. The biochemical effects of physiologic amounts of dietary boron in animal nutrition models. *Environ Health Perspects*, 102(7):35-43.
83. Nielsen, F.H., 1998. Ultra trace elements in nutrition: current knowledge and speculation. *The J. of Trace Elem., In Exp. Medicine*, 11:251-274.
84. Hunt, C.D. and F.H. Nielsen, 1981. Interaction between boron and cholecalciferol in the chicks. *Australian Academy of Science, (Abstract)*, 97:600.
85. Elliot, M.A. and H.M. Edwards, 1992. Studies to determine whether an interaction exists among boron, calcium and cholecalciferol on the skeletal development of broiler chickens. *Poult. Sci.*, 71:677-690.
86. Qin, X. and H. Klandorf, 1991. Effects of dietary boron supplementation on egg production, shell quality, and calcium metabolism in aged broiler breeder hens. *Poult. Sci.*, 70:2131-2138.
87. Rossi, A.F., S.M. Bootwalla and R.D. Miles, 1990. The Effect of feeding two sources of boron on broiler breeder performance. *Poult. Sci. (Abstract)*, 69:187.

88. Dupre, J.N., M.J. Keenan, M. Hegsted and A. Brudevold, 1994. Effects of dietary boron in rats fed vitamin D-deficient diet. *Environmental Health Perspectives*, 102, Supplement, 7:55-58.
89. Jensen, J.A., J.S. Schou and A. Aggerbeck, 1984. Gastrointestinal absorption and *in vitro* release of boric acid from water-emulsifying ointments. *Food Chem. Toxicol*, pp:49-53.
90. Benderdour, M., T. Bui-Van, A. Dicko and F. Belleville, 1998. *In vivo* and *in vitro* effects of boron and boronated compounds. *J. Trace Elem. Med. Biol.*, 12(1):2-7.
91. Korkmaz, M., 2007a. Boron insan sağlığına etkisi. *Celal Bayar Üniversitesi, Tıp Fakültesi Biyoloji Anabilim Dalı, Manisa*.
92. Barranco, W.T. and C.D. Eckhert, 2004. Boric acid inhibits human prostate cancer cell proliferation. *Cancer Lett.* 216:21-29.
93. Cui, Y., Winton, M.I., Zhang, Z.F., Rainey, C., Marshall, J., De Kernion, J.B., 2004. Dietary boron intake and prostate cancer risk. *Oncol. Rep.* 11:887-92.
94. Derun, E.M., A.S. Kipcak and O.D. Özdemir, 2010. The determination of the boron amounts of teas that are sold in Turkey by using the ICP boron in human health evidence for dietary recommendations and public policies. *Proceedings of the World Congress on Engineering; London*, pp:2277-9.
95. Özbek, N. and S. Akman, 2015. Determination of boron in Turkish wines by microwave plasma atomic emission spectrometry. *J. Food Sci.* 61:532-5.
96. Şimsek, A., S. Velioglu, A.L. Çoşkun and B.S. Saylı, 2003a. Boron concentrations in selected foods from borate-producing regions in Turkey. *J. Sci. Food Agric.*, 83:586-92.
97. Sungur, S. and R. Okur, 2009. Using azomethine-h method determination of boron contents of various foods consumed in Hatay region in Turkey. *Food Chem.*, 115:711-4.
98. Şimsek, A., D. Korkmaz, A. Velioglu and Y.O. Ataman, 2003b. Determination of boron in hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties by inductively coupled plasma optical emission spectrometry and spectrophotometry. *Food Chem.*, 83:293-6.
99. National Academy Press, 2001. Food and nutrition board, institute of medicine, panel on micronutrients. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicone, vanadium and zinc.
100. Karadağ, M. ve D. Türközü, 2014. Diyetle bor alımının sağlık ile etkileşimi. *Gümüşhane Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Dergisi, GUSBD*, 3:770-85.
101. EFSA: European Food Safety Authority, 2004. Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of boron. *Request N EFSA-Q-2003-018. The EFSA Journal* 210:1-9.
102. Trumbo, P., A.A. Yates, S. Schlicker and M. Poos, 2001. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. *J. Am. Diet. Assoc.*, 101:294-301.