



## Bor Madeni ve Endüstriyel Uygulamaları

Ayşe İrem Zengin<sup>1</sup>, Berra Aka<sup>1</sup>, Selin Gençay<sup>1</sup>, Muhammet Uzun<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4196-6875, 0000-0002-4776-0846, 0000-0003-1739-9209), [iremzengin888@gmail.com](mailto:iremzengin888@gmail.com), [berra.aka@hotmail.com](mailto:berra.aka@hotmail.com), [gencayselin25@gmail.com](mailto:gencayselin25@gmail.com)

<sup>2\*</sup> Marmara Üniversitesi, Nanoteknoloji ve Biyomalzemeler Uygulama ve Araştırma Merkezi, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8669-7686), [m.uzun@marmara.edu.tr](mailto:m.uzun@marmara.edu.tr)

(İlk Geliş Tarihi 18 Nisan 2021 ve Kabul Tarihi 11 Aralık 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.919451)

**ATIF/REFERENCE:** Zengin, A.İ., Aka, B., Gençay, S., Uzun, M. (2023). Bor Madeni ve Endüstriyel Uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (46), 161-178.

### Öz

Doğada elementel olarak bulunmayan bor, yer kabuğunda ise yaygın olarak bulunur ve periyodik tablonun 5. elementidir. Yaklaşık 230 farklı bor mineralinin bulunduğu bilinmektedir. Bununla birlikte farklı uygulamalarda bu çeşitlilik oldukça önemlidir. Türkiye, dünyadaki bor rezervlerinin en büyüğüne sahiptir. Buna ek olarak, Türkiye'nin bor rezervleri, diğer bor üreten ülkelere göre daha ekonomik, yüksek kalite ve üretim koşullarına sahiptir bu nedenle, bor ülkemiz için büyük önem taşır. Türkiye'nin bu kaynaklarla ulusal ekonomiye katkıda bulunabilmesi için yeni kullanım alanlarına ve endüstrilerin oluşturulmasına yönelik önemli bir talep vardır. Türkiye'deki bor rezervleri göz önüne alındığında, borun çevre dostu bir malzeme olarak kullanılması ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmalarına endüstrinin her alanında ihtiyaç duyulmaktadır. Farklı sektörlerde de bor ile yapılan uygulamaların geliştirilmesi oldukça önemlidir. Türkiye'de bu amaçla BOREN (Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü) kurulmuştur ve başta bu kuruluş olmak üzere dünya genelinde farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu makale borun farklı disiplinlerde kullanımları ve bunları temel alarak hangi yeni uygulama alanlarında kullanılabilme potansiyeli içerdiği araştırılmıştır/özetlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bor, Bor lifi, Kompozit, Bor minarelleri, Bor bileşikleri.

## Boron and Industrial Applications

### Abstract

Boron is the fifth element in the periodic table and is not found elementally in nature. It is widely prevalent in the earth's crust. There are around 230 distinct boron minerals known, and this diversity is useful in various applications. Turkey possesses the world's greatest boron reserves. Furthermore, Turkey's boron reserves are more cost-effective, higher quality, and produced under better conditions than those of other boron producing countries, thus boron is very essential to us. There is a strong demand for new areas of use and the formation of industries in order for Turkey to contribute to the national economy using these resources. Given Turkey's current boron reserves, all divisions of industry recognize the necessity for more research and development on the use of boron as an environmentally benign element. BOREN (National Boron Research Institute) was formed in Turkey for this aim, and different studies have been conducted around the world, particularly by this organization. This article aims at the use of boron in different disciplines and the creation of new areas of application based on them. It is important to develop boron applications in different sectors

**Keywords:** Boron, Boron fiber, Composite, Boron minerals, Boron compounds.

\* Sorumlu Yazar: [m.uzun@marmara.edu.tr](mailto:m.uzun@marmara.edu.tr)

## 1. Giriş

Toprakta, kayalarda ve suda yaygın olarak bulunan bor mineralleri, doğal haliyle toprakta ortalama 10-20 ppm'de, deniz suyunda 0,5-9,6 ppm'de ve tatlı suda 0,01-1,5 ppm'de bulunur. Bor elementi doğada kristal su içeren sodyum, kalsiyum ve magnezyum oksitlerine bağlı mineraller olarak bulunur [1].

Bor lifleri 1959'da keşfedilmiştir ve daha sonra 1960'larda ilk gerçek yüksek performanslı liflere dönüştürülmüştür. O zamana kadar, cam elyafı sürekli uzunluklarda mevcut olan tek yüksek mukavemetli elyaftır ve sahip olduğu düşük cam modülü, yüksek performanslı yapılarda kullanımını ciddi şekilde kısıtlamıştır [2].

Bor kompozit yapıları birçok önemli hava aracında başarıyla kullanılmıştır. 1970'lerde F-14'te yatay dengeleyicilerin dış görünümünde, yatay F-15'te dikey dengeleyicilerinde ve dümenlerinde kullanılmıştır [2].

Yukarıda da bahsedildiği üzere bor uzay teknolojisinde kullanılabildiği gibi deterjan sektöründen tarım sektörüne kadar yüzlerce farklı alanda kullanım alanına sahip bir element olup özellikle Türkiye için de kullanımı doğru yapılırsa stratejik anlamda oldukça önemlidir.

## 2. Borun Tarihçesi

Bor ve bileşikleri uzun zamandır bilinmekte ve kullanılmaktadır. Babil'in 4000 yıl önce altın endüstrisi için Uzak Doğu'dan bor ithal ettiği ve boraksın Eski Mısır'da mumyalama, işleme ve metalurjik uygulamalar için kullanıldığı düşünülmektedir [1].

Boraksın 8.yüzyılda Mekke ve Medine çevresinde kullanıldığı ve mineralin Arap tüccarlar tarafından getirildiği bilinmektedir ve Arapların 875 yılında bor tuzlarından ilaç ürettiği bulgularına rastlanmıştır. Boraks için en eski kaynağın Tibet gölleri olduğuna ve boraksın Hindistan'a taşındığına inanılmaktadır. Koyunlu Himalayalar ve cevherin 13.yüzyılda Marco Polo tarafından Tibet'ten Avrupa'ya getirildiği düşünülüyordu. Sassolite'nin ( $H_3BO_3$ ) 1771'de İtalya'nın Toskana bölgesinin gayzerlerinde bulunduğu anlaşılmıştır. İlk borik asit üretimi 1830'da İtalya'da başlamıştır ve endüstriyel anlamda boraks madenciliğinin ilk örneği 1852'de Şili'de görülmüştür. 1864'te Kaliforniya'da ve Nevada'da, Patiska Dağlarında ve Kramer'de birikintilerin keşfinden sonra ABD, dünyanın bor ihtiyaçlarını karşılayan ana ülke olmuştur. Potasyum ile reaksiyona borik asit ( $H_3BO_3$ ) koyarak elemental bor izolasyonu on dokuzuncu yüzyılın başlarında Fransız bilim adamları Joseph Louis Gay-Lussac ve Louis Jacques Thenard ve aynı zamanda İngiliz bilim adamı Sir Humphrey Davy tarafından samedate etrafında elde edilmiştir. Bugün, bor genellikle boraks ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) karbon ile ısıtılarak elde edilir [1].

## 3. Borun Türkiye'deki Durumu

Dünyanın bilinen bor rezervlerinin %72'sine sahip olan Türkiye'nin bilinen bor yatakları, özellikle Kırka/Eskişehir, Bigadiç/Balıkesir, Kestelek/Bursa ve Emet/Kütahya bölgelerinde bulunmaktadır [3].



Şekil 1. Türkiye Bor Madeni Yatakları Haritası [4] (Figure 1. Map of Boron Mineral Deposits in Turkey)

Bor elementi 8B, 10B, 11B, 12B, 13B izotoplarından meydana gelmektedir. Bunların içindeki en kararlı izotopları 10B ve 11B'dir. Tabiatta bulunma oranları ise sırasıyla %19,1-20,3 ve %79,7-80,9'dur. En yüksek termal nötron tutma özelliğine sahip olan 10B izotopu, nükleer malzemeler ve nükleer enerji santrallerinde kullanılabilmektedir. Türkiye'de de 10B izotop oranı yüksek olan bor rezervleri bulunmaktadır. Türkiye dışındaki bor rezervlerinin ömrünün sadece 50 yıl süreceği bilinmektedir. Öte yandan Türkiye, 450-500 yıl boyunca tüm dünyanın taleplerini karşılayabilecek bor rezervlerine sahiptir. Bu rezervler ve bu rezervlerin tüketimlerdeki artışlar göz önüne alındığında, Türkiye'nin bor rezervlerinin 50- 80 yıl içinde dünyadaki tek bor kaynağı haline gelmesi muhtemeldir. Türkiye'de bor rezervlerinin 1978 yılında yaklaşık 600 milyon ton olduğu düşünülürken, son araştırmalar sonucunda Türkiye'nin yaklaşık 3 milyar ton bor rezervine sahip olduğu tespit edilmiştir [1].

Tablo 1. Dünyadaki Bor Rezervlerinin Oranları [1] (Table 1. Ratios of Boron Reserves in the World)

ÜLKE	TOPLAM REZERV (Bin ton B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	TOPLAM REZERV (% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Türkiye	953.300	72,8
Rusya	100.000	7,6
A.B.D.	80.000	6,1
Çin	47.000	3,6
Şili	41.000	3,1
Sırbistan	24.000	1,8
Peru	22.000	1,7
Bolivya	19.000	1,5
Kazakistan	15.000	1,1
Arjantin	9.000	0,7
TOPLAM	1.310.300	100,0

#### 4. Borun Kullanım Alanları

Bor minerallerinin en sık kullanıldığı alan (%52) cam endüstrisidir. Borik oksit; borosilikat cam, tekstil cam elyafı ve izolasyon tipi cam elyafın önemli bir bileşenidir. Antiseptik, su yumuşatma ve ağartma etkileri nedeniyle sabun ve deterjanlara bor mineralleri eklenir [1].

Boratlar, ahşap, selülozik yalıtım, PVC ve tekstil gibi çeşitli malzemelerde alev geciktirici olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bor, yanma malzemesinin yüzeyini oksijenle temasını bozacak şekilde kaplayarak yanmayı bastırır. Sebzelerin beslenmesi ve fizyolojisi üzerine yapılan çalışmalar, borun sebzelerin büyüme hızını ve kalitesini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Bunun dışında kimyasal yapılarında da herhangi bir bozulma gözlenmemesi boru bu alanda tercih edilen bir malzeme olarak ön plana çıkarmaktadır. Bor, meyve ağaçları için çiçeklenme, meyve verimi ve meyve kalitesi açısından vazgeçilmez bir mikrobeseindir. Son çalışmalarda, yapraklara bor püskürtmenin bazı meyve ağaçlarında meyve verimini artırdığı görülmektedir [1].

Bor içerikli kompozitler, bor lifleri ile güçlendirilmiş polimer reçinelerden oluşur ancak bor liflerinin yüksek maliyetleri kullanım alanlarını sınırlar. Üretilen, ticari olarak kullanılan ve hidrojenin iyi bir taşıyıcı ve depolama aracı olarak bilinen en önemli borohidrit olan sodyum borohidrit, şu anda kâğıt stoğunun ağartılması, tekstil atıklarının azaltılması ve atık suların ağır metallerin uzaklaştırılması olmak üzere birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır.

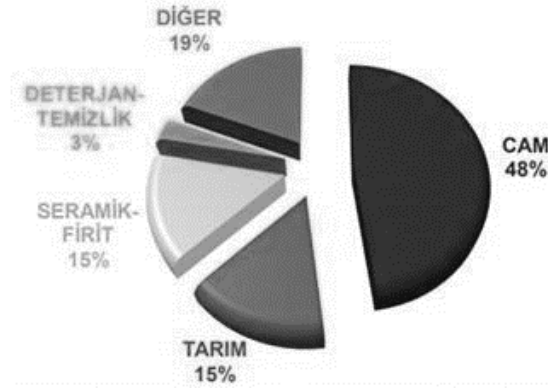
Bor, yüksek tutuşma sıcaklığı (510-525°C) gibi üstün bir özelliğe sahiptir. Borun alev geciktirici etkisi pek çok çalışmaya konu olmuştur. Çinko borat, borik asit ve floroborat en çok kullanılan alev geciktirici bor bileşikleridir. Bor bileşikleri alev geciktirici olarak kullanıldıklarında çevre dostu özelliklere sahiptir. Toksik gaz salınımına neden olmazlar ve düşük uçuculuk değerine sahiptirler. Bor esaslı alev geciktiriciler, polimer zincir oksidasyonu için bariyer görevi gören bir cam koruma tabakasının oluşumuna neden olur. Yanan malzemeyi kaplarlar, oksijenle temasını keserler ve yanmayı da bastırırlar. Bor bileşiklerinin tekstilde alev geciktirici olarak kullanılması gün geçtikçe artmaktadır [3].

Günümüzde artan sanayileşme, toplu yerleşim alanları ve gelişen teknoloji yangın risklerini artırır ve bu da alev koruyucu tekstillerin kullanılmasına sebep olur. Bu nedenle, alev geciktirici tekstil kumaşlarına olan talepler artmıştır. İstatistiksel analizler sonucunda, bor bileşiklerinin kumaşın alev geciktirici kalitesini artırdığı ve boraksın en etkili sonucu sağladığı sonucuna varılmıştır. Selülozik kumaşlara azot ile birlikte bor bileşiklerinin uygulandığı çalışmalarda alev geciktiriciliğin kalitesinin oldukça etkili sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Başka bir çalışmada, propilen kompozitlere ve epoksi bazlı kompozitlere yangın geciktirici özellikler vermek amacıyla farklı bor bileşikleri kullanılmış ve etkileri araştırılmıştır.

Polimerler [polistiren, poli (vinil alkol) epoksi (Etilen-Ko-vinil alkol)] bor içeren reaktif gruplarla modifiye edilmiş ve bunun sonucunda yangın geciktirme özelliklerinin iyileştirildiği ve LOI indeks değerlerinin arttığı görülmüştür [3].

Bazı çalışmalarda bor bileşiklerinin antibakteriyel özellikleri kullanılmıştır. Bu amaçla pamuklu kumaşlara sodyum pentaborat pentahidrat ve triklosan solüsyonu uygulanmıştır. Tekstillerin antimikrobiyal aktivitesi, bakteriler, mantarlar ve küfler de dahil olmak üzere çeşitli mikroorganizmalara karşı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, modifiye tekstil ürünleri çok daha iyi antimikrobiyal ve antiviral özelliklere sahiptir. Bu nedenle, sodyum pentaborat pentahidrat ve triklosan çözeltisi ile işlenen tekstillerin antimikrobiyal ve antiviral tekstil yüzeylerinin geliştirilmesinde dikkate alınabileceği önerilmiştir [2].

Tekstil endüstrisinde atık suyun yeniden kullanımı için bisülfid katalizörlü sodyum borohidrit ile indirgeme yöntemi kullanılmıştır. Sodyum borohidrit ile indirgeme işleminin, suyun yeniden kullanılması için gerekli kriterleri yeterince karşılamamasına rağmen, rengin giderilmesinde başarılı olduğu bildirilmiştir.



Şekil 2. Bor Tüketiminin Nihai Kullanım Alanlarına Göre Dağılımı (2019) [5] (Figure 2. Distribution of Boron Consumption by Usege Areas)

Çevre dostu özellikleri ve bu konudaki çalışmaları nedeniyle, çevreye zararlı çeşitli maddelerin yerine bor bileşiklerinin kullanıldığı ve bu konuda yapılan çalışmaların giderek daha fazla önem ve destek kazandığı bilinmektedir. Bor bileşikleri sadece çevre dostu değil, aynı zamanda tekstil endüstrisinde kullanımını destekleyecek indirgeme, ağartma, alev geciktirici ve antibakteriyellik gibi önemli özelliklere de sahiptir. Borun bu özelliklerinden yararlanmak için bu konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Tekstil sektörü Türkiye'nin önde gelen sektörlerinden biridir. Bor bileşiklerinin, özellikle tekstil terbiye işlemlerinde sürece dahil edilmesi, sadece Türkiye'de değil, tüm dünyada da bor kullanımını artıracaktır. Türkiye'deki büyük bor rezervleri gözü önüne alındığında, bor bileşiklerinin tercihi, artan çevre bilincinin yanı sıra ülke ekonomisine de katkıda bulunacaktır.

#### 4.1. Bor Lifi

Tek filamentli reaktörlerde kimyasal buhar biriktirme (CVD) ile üretilen bor elyafı, yüksek mukavemetli, yüksek modüllü ve geniş çaplı benzersiz bir kombinasyon sergiler. Elemental bor, ince bir tungsten tel substrat üzerine biriktirilir ve 4,0-mil (102-mikron) ile 5,6-mil (142-mikron) çaplarında üretilir. Elde edilen lif esas olarak tamamen borid-tungsten çekirdekli amorf bordur.

Dokulu yüzey, reçine matrisli kompozitlerde mükemmel bir arayüz sağlar ve boyutlandırma işlemlerine olan ihtiyacı ortadan kaldırır [6].

Yoğun bir tungsten borid çekirdeğinin varlığı nedeniyle bor liflerinin çapı, lif yoğunluğunu en aza indirmek ve lifin özelliklerinin çekirdeğin özelliklerinden büyük ölçüde etkilenmemesini sağlamak için karbon liflerinden önemli ölçüde daha büyüktür. Lifler şu anda 100 ve 140-1 x m çaplarında üretilmektedir ve bu nedenle bor lifleri çok yüksek bir bükülme sertliğine sahiptir [2].

İlk olarak 1960 yılında yapısal uygulama için bildirilen bor lifleri veya yaygın olarak bilinen bor filamentleri, yüksek mukavemetli ve yüksek modüllü inorganik malzemelerden biridir [7].

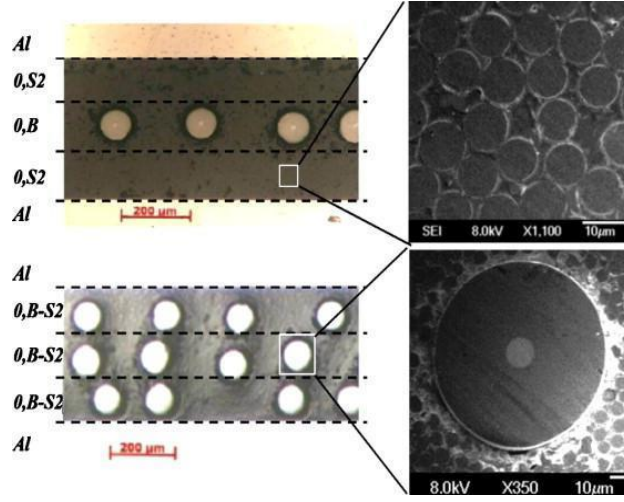
Bor liflerinin sahip olduğu büyük çapı, bu liflerin cam, kevlar ve karbon liflerinin yapabileceği gibi bir kumaşı örmenin neredeyse imkânsız olduğu anlamına gelir.

Bununla birlikte, kuru tek yönlü bir preform oluşturmak için paralel bor liflerini bir polyester atkı ipliği ile tutmak mümkündür [2].

102 mikron ve 142 mikron ("Bor") nispeten büyük çapları gösterir. Özellikle yüksek mukavemet, yüksek modül ve düşük yoğunluğun eşsiz kombinasyonu nedeniyle farklı kompozit malzemelerin bileşeni olarak kullanılan havacılık uygulamalarında yeni malzemeleri keşfetmek için geliştirilmiştir [7].

Bor filamentleri lazer destekli kimyasal buhar biriktirme (CVD) tekniği kullanılarak üretilir, bu nedenle grafitten daha pahalıdır. Amorf bor lifleri ve kristal bor yayları gibi karmaşık üç boyutlu sarmal yapılar, lazer ışını ile hassas bir şekilde kontrol edilerek elde edilebilir ve en küçük yapılar için bir mikro konumlandırma sistemi yaklaşık 1 µm'dir.

1959'da Texaco'daki işçiler ilk olarak kimyasal buhar biriktirme yoluyla sürekli yüksek mukavemetli ve yüksek modüllü bir elyaf yapma eğilimi göstermişlerdir. Çok çeşitli havacılık uygulamalarına ek olarak, golf sopası mili, seramik takviye vb. gibi spor malzemeleri uygulamaları şeklinde bor için farklı özel uygulama alanları bulunabilir. Bor lifinin eşsiz bir özelliği, kaba mısır koçanı yapısıdır. Lif ve reçine arasındaki mekanik kavramayı artırır [8].



Şekil 3. Bor Lifinin Mikroskop Altındaki Görüntüsü [9] (Figure 3. The View of Boron Fiber Under the Microscope)

## 4.2. Bor Lifinin Üretimi

Kimyasal buhar biriktirme ile bor elyafı üretimi bir borosilikat cam reaktörde gerçekleşir. 0.0005 inç (12 μm) çaplı bir tungsten substrat, cıva sızdırmaz bir gaz girişinden sokulur ve reaktörden çekilir. Substrat, bir DC güç kaynağı ile 1300°C'ye dirençli bir şekilde ısıtılırken, reaktörün tepesine bor triklorür ve hidrojen enjekte edilir. Tungsten, reaktörden geçerken bor triklorürün hidrojen indirgemesi ile substrat üzerinde bor oluşur. Kullanılmayan bor triklorür, Hidrojen klorür yan ürünü ve reaksiyona girmemiş hidrojen gazları, reaktörün altındaki bir çıkış portundan boşaltılır. Bu gazlar daha sonra gelecekteki üretim kullanımı için temizlenir veya geri dönüştürülür. Tipik olarak 0.004 inç (100 μm) çapında olan bor filamenti, reaktörden çıkarken başka bir cıva contasından geçer ve bir alma makarasına sarılır. Dahili optik tarayıcılar, çekmeden önce fiber çapını izler ve çapın istenen spesifikasyona uygun olduğundan emin olmak için geri besleme döngüsü tarafından gerektiğinde hızı arttırmak veya yavaşlatmak için ayarlamalar yapılır [8].

Bor elyafı, bor buharlarının ince (yaklaşık 12 μm çaplı) tungstenor karbon tel (çekirdek) veya karbon filament üzerine biriktirildiği kimyasal bir buhar biriktirme işlemi ile yapılır.[10] Sonuç olarak, bor lifleri nispeten büyük bir çapa sahiptir-100200 μm-. Son derece kırılkan ve yüzey hasarına karşı hassastırlar. Esas olarak metal matris kompozitlerinde kullanılan bor lifleri, işleme için gerekli olan sıcaklıkta (500 °C'nin üzerinde) alüminyum veya titanyum matrislerle temas ettiğinde ayrışır. Bu bozulmayı önlemek için, lif yüzeyini yaklaşık 5 μm kalınlığında silisyum karbür, SiC (bu tür lifler Borsik olarak adlandırılır) veya bor karbür, B4C ile kaplamak için kimyasal buhar birikimi kullanılır.

Bor lifleri çelikten beş kat daha güçlü ve iki kat daha serttir. Bor, mukavemet, sertlik ve hafiflik sağlar ve mükemmel sıkıştırma özelliklerine ve burkulma direncine sahiptir [10].

## 4.3. Bor ve Tekstil Sektörü

Pamuklu kumaş, çeşitli özellikleri nedeniyle birçok uygulamada büyük ölçüde tekstil malzemesi olarak kullanılmaktadır [11]. Bununla birlikte, hidrofilik yapıya sahip olması ve doğal yanıcılık davranışları sebebiyle, geniş bir uygulama alanında son kullanımlarını kısıtlar ve sınırlar [12]. Özellikle alev geciktirici ve su geçirmez özellikler talep edenler [13] örneğin ev, otomotiv, ofis, koruyucu giysiler vb. iyi bir alev geciktirici (FR) ve su itici pamuklu kumaşın gerekli olduğu yerlerde tercih edilmektedir. Pamuklu kumaşın alev geciktirici ve hidrofobik özelliklerini iyileştirmek için çok katmanlı kaplama/çöktürme [14], kimyasal aşılama [15], plazma [16] ve sol-jel yöntemi [17] gibi birçok teknik kullanılmıştır.

Bu yöntemler kumaşın alev geciktirici ve termal stabilite [18], hidrofobik/oleofobik [19], antibakteriyellik [20], UV engelleme ve antistatiklik gibi özelliklerinin yanı sıra mekanik özelliklerinin geliştirilmesinde de kullanılır [21, 22]. Son yıllarda, sol-jel yöntemi kullanılarak FR ve su itici tekstil terbiye işlemleri önem kazanmıştır [23, 24]. Ayrıca, halojen içeren (klorür, bromür), azot içeren (melamin, üre), bor ve fosfor bileşikleri gibi sol-jel yöntemi ile pamuklu kumaş terbiye için tek tek veya kombine edilerek uygulanan birçok FR ajanı vardır [25, 26]. Günümüzde çevre dostu, ekolojik, toksik olmayan ve formaldehit içermeyen alev geciktiriciler çevre için kesinlikle gereklidir. Son zamanlarda, bor bileşikleri, ekolojik yararları nedeniyle tekstil alanında FR olarak büyük önem kazanmıştır [27]. Buna ek olarak, literatürde bor bazlı malzemelerin özellikle FR olarak borik asidin uygulanmasının diğer FR ürünlerine kıyasla mekanik özellikler üzerinde koruma verimliliği, nötr pH ve daha düşük etki sağladığı belgelenmiştir [28].

Daha önceki bazı çalışmalarda tekstil kumaşının fonksiyonel bir katkı maddesi olarak bor bazlı öncüler kullanılarak sol-jel yöntemi ile işlenmesinin gelişmiş bir antimikrobiyal özellik ve fotokatalitik aktivitenin [29] yanı sıra alev geciktirici ve termal stabilite de sağlayabileceği ortaya çıkmıştır. Bora dayalı transkranyal manyetik stimülasyon (TMS) etki mekanizması borun yüzey ısı transferini önlemek için ısı yalıtım bariyeri olarak hareket edebilen koruyucu bir katman olan bileşikler gerçeği ile açıklanabilir ve/veya yanıcı ayrışmayı ve yayılmayı önlemek, yüzeye ulaşmak ve oksijenle teması önlemek için fiziksel bir bariyer olarak kullanılır [30, 31].



Ek olarak, önceki bazı çalışmalar titanyum esaslı bileşiklerin genellikle UV koruması, antibakteriyel, fotokatalitik ve kendi kendini temizleme aktivitesi için uygulandığını bildirmiştir [32, 33]. Yukarıda belirtilen özelliklerden daha fazlası titanyum bazlı malzemeler de umut verici bir beklenti göstermiştir ve iyi kimyasal stabilitesi, iyi ısı direnci, toksik olmayan ve nispeten düşük fiyatı nedeniyle tekstil terbiyesi için bir FR olarak kullanılabilir [27-33] [34]. En önemlisi, TiO<sub>2</sub>, ısıya, kütle transferine ve oksijene karşı yoğun bir koruyucu fiziksel bariyer üretimini teşvik etme kabiliyeti nedeniyle en umut verici FR uygulamalarından biridir. Bu nedenle, yanıcı ve uçucu türlerin serbest bırakılmasını önler [35].



Şekil 4. Borax Fiberglas [36] (Figure 4. Borax Fiberglass)

#### 4.4. Bor ve Cam Sektörü

Günümüzde B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'ün cam, emaye ve seramik sırlarda iyi bilinen kullanımının, bu sanatları geliştiren eski medeniyetler tarafından da bilindiği varsayılmaktadır. Efsaneye göre Babilliler dört bin yıldan fazla bir süre önce kuyumcular tarafından kullanılmak üzere Uzak Doğu'dan boraks getirmişler ve yazılarda genellikle eski Mısırlıları metalurji, tıp ve mumyalama alanlarında boraks kullanıcıları olarak adlandırmışlardır. Ancak bunların hiçbiri doğrulanmamıştır. Yunanlıların nitron Baurakları, İbranilerin boritleri, Arapların baurakları, Perslerin borekleri, Türklerin burakları, Romalıların Borakları-hepsi aynı maddeyi ifade ediyor gibi görünebilir- Soda Borat. Bununla birlikte, bu isimlerin bugün boraks olarak bildiğimiz maddeyi ne zaman veya nasıl tanımladığını destekleyecek çok az bulgu vardır. Boraks isminin türetildiği bu kelimeler, Arapça'da parıltı anlamına gelen farklı türevleridir [37].

Tincal Trail'de [37], Norman Travis ve John Cocks boraks ile ilişkili gibi görünen minerallerin eski metinlerindeki yazılarını düşünürler, ancak yazarların boratlar dışındaki cevherlere, çoğunlukla soda külüne veya trona'ya atıfta buldukları sonucuna varırlar. Bununla birlikte, otantik boraksın MS 800'den önce büyük İslam medeniyetinin zanaatkarları, akademisyenleri ve simyacıları tarafından bilindiği ve kullanıldığı iddia edilmiştir fakat kaynağı belirsizdir. Ayrıca, Harun-al Rashid'in tüccarlarının t'ang hanedanlığının ikinci bölümünde (MS 618-907) Borat'ı Çin'e götürmüş olmaları da mümkündür. Ancak sadece Orta Çağ'da, boraks Tiproc'un uzak bölgelerinden gelmiştir. Üretim yöntemi bir sır olarak korunurken kaynağı onsekizinci yüzyılın ikinci yarısına kadar bir gizem olarak kalmıştır. 1500'lerde cam yapımında kullanılmasıyla B203'ün erken tarihi başlamıştır. Kuzey Avrupa'da yaygın olarak uygulanmıştır ancak boraks kullanımına atıfta bulunulmamıştır. Boraksın camdaki ilk kullanımını düzeltmeye çalışırken ondokuzuncu yüzyıldan önce cam ve ilgili teknolojinin birçok hikayesinin bu sanatta yer almayan bilim adamları ve gözlemciler tarafından yazıldığı unutulmamalıdır. Sırlar ağızdan ağıza ve pratik talimatlarla aktarılmıştır [37]. Bugüne kadar camda boratın erken kullanımını destekleyen analitik bir kanıt yoktur. Arapların ve diğerlerinin cam yapımı hakkında raporları şöyledir [38]: "Boraks, camın en şiddetli termal aşırılıklara dayanması ve çatlamaması için eklenir." Camdaki Boraksın hakkındaki en eski Avrupa sözü, 1679'da Johann Kunckel'in yapay değerli taşlar yapmak için kullanılan birkaç cam bileşiminin tanımında boraks içeren bir Alman çalışmasında ortaya çıkmıştır [39].

Boraksın Avrupa'daki cam endüstrisinde on sekizinci yüzyıla kadar ve daha sonrasında çok sınırlı bir şekilde kullanılması pek olası görülmemiştir. Almanya'da 1739'da Johann Cramer, kristal cam için 3 parça önermiş; çakmaktaşı (silika), 1 parça saf alkali tuz (potas) ve 1 parça yanmış boraks (boraks) [40]. 1758'de Robert'e, en iyi görünümlü cam plakaların %56 beyaz kum, %23-5 inci külü (potas), %14 güherçile ve %6-5 boraks içerdiğini bildirmiştir. Ayrıca boraksın camın belirli renkleri almasına yardımcı olduğunu da belirtmiştir [41].

Bugün dünyadaki en büyük borat kullanımı yalıtım alanında ve tekstil cam elyafı üretimindedir [42]. Fransız fizikçi Rene Antoine Ferchault de Reaumur (1683-1757), "Örümcek ağları kadar ince cam iplikler yapmayı başarırlarsa dokuma malzemelerin yapılabileceği cam ipliklere sahip olacaklar." demiştir [43]. Ayrıca, bir cam çubuktan değil, erimiş bir cam havuzundan doğrudan dönen bir tekerleğe lifler çekmiş gibi görünür. Ancak bu cam bir yenilikten başka bir şey değildir. 1893'te Edward Drummond Libbey, Chicago'daki Kolomb sergisinde cam elyaf ve ipekten yapılmış bir elbise sergilemiştir. Aynı zamanda Paris'teki küçük bir atölye ipek veya pamuğu cam elyafı ile birleştirerek metre başına 100 Frank'a sattığı tekstiller üretiyordu. Bu lüks merakların büyük bir pazara dönüşmesi muhtemel olmasa da yine de cam elyafı üretilebileceğini ve belki de kullanılabilirliğini göstermiştir. Daha sonra Birinci Dünya Savaşı sırasında Almanlar, bir delikten çekilen tek iplikçiklere dayanan cam elyafı üretmek için bir yöntem geliştirdiler. Daha sonra, 1930'larda, Amerika Birleşik Devletleri'nde ısıtılmış bir platin kutudan veya çok sayıda küçük deliğe sahip bir burçtan ekstrüde edilen birkaç cam ipliğinden sürekli bir filament oluşturulduğu bir süreç geliştirilmiştir. Bu lifler genellikle A tipi cam olarak bilinen ve zayıf dayanıklılığa sahip olan soda-kireç silika camından yapılmıştır.

Cam şekillendirme sistemlerinde faz dengesi hem yüksek elektrik direnci hem de düşük yüzey iletkenliği şeklinde olmalıdır. Yüksek sıcaklık, elektrik ve yalıtım uygulamaları için uygun kompozisyonlara yol açan yöntemler 1930'lu yıllarda geliştirilmiştir. Bu, alkali oranı düşük yani %1,0'dan daha az bir cam gerektirmektedir. Bu düşük alkali formülasyon daha kolay işlenmiştir ve daha önceki tip A tekstil camında eksik olan dayanıklılık problemlerini çözmüştür. Bu yüksek sıcaklıktaki camdaki akışkanlık, alkali yokluğunda  $B_2O_3$  ve  $F_2$ 'ye bağlıdır. E-cam elyafı, diğer birçok elektrik dışı takviye uygulamasına hızla benimsenmiştir. 1935'te oda sıcaklığında sertleşen termoset reçineleri örneğin polysterleri kapsayan ilk patentler ortaya çıkmıştır. Bunlar E-cam elyafı ile takviye edildiğinde yapısal şekiller için kullanılabilmiş ve 1940'ların başında takviyeli plastik endüstrisine yol açmıştır. Takip eden yıllarda bir dizi değişiklik yapılmıştır. E-cam "621", o sırada kullanılan refrakterlerden zirkonyum oksidin çözünmesinin liquidus sıcaklığı üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu tespit edildiğinde formüle edilmiştir [44]. Bu sorunu aşmak için, tüm  $MgO$ 'ler  $CaO$  ile değiştirilmiş ve refrakter türetilmiş zirkonyum okside uyum sağlamak için yeterince düşük bir liquidus sıcaklığı verilmiştir [45]. Daha yakın yıllarda refrakterler ve lif oluşturan burçlar, tipik olarak %6 ila %8 olmak üzere veya biraz daha düşük  $B_2O_3$  seviyelerinin kullanılmasına izin verdiğinden daha yüksek fırın sıcaklıklarında çalışmak mümkün hale gelmiştir. Kompozisyon "816" (Kanada'da 8525 cam olarak bilinir), bir E-Cam yerine amaçlanan ama  $B_2O_3$  içermeyen bir camın örneğidir ancak bu cam yüksek bir liquidus sıcaklığına sahiptir ve bugünün geleneksel E-Camına kıyasla çok daha az ekonomik avantaja sahip olduğu görülmektedir. Bu  $B_2O_3$  içermeyen camların üretimi küçüktür ve gerçek bir 'E-cam' değildir ancak özellikle betonda bazı takviye uygulamaları için uygun olabilir. Hammaddede maliyeti ve fırından kaynaklanan uçuculuk nedeniyle daha düşük  $B_2O_3$  bileşimlerine doğru eğilimler olmuştur. C-Glass (kimyasal) olarak bilinen bir başka tekstil fiberglas türü, özellikle asitlere karşı daha fazla kimyasal direnç için geliştirilmiştir [46].



Şekil 5. Bor ve Cam Endüstrisi [46] (Figure 5. Boron and Glass Industry)

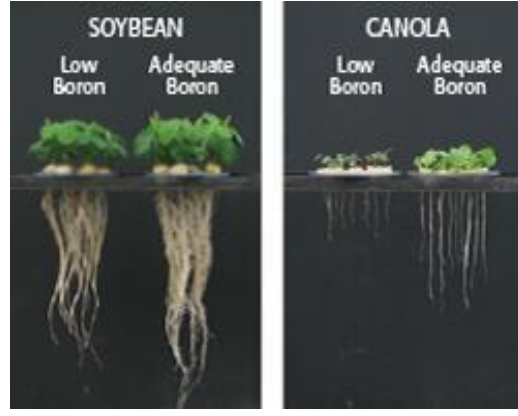
#### 4.5. Bor ve Tarım Sektörü

Bor, metal olmayan, bitkiler için gerekli bir mikrobesindir ve üçüncü periyodik gruba aittir [47,48]. Bor, temel elementler arasında benzersizdir çünkü normalde toprak çözeltisinde iyonize olmayan moleküler ( $H_3BO_3$ ) olarak bulunan tek elementtir. Bor ne bir enzim bileşenidir ne de enzim aktivitelerini doğrudan etkilediğine dair ikna edici kanıtlar vardır ancak lignifikasyonlarda, RNA metabolizmasında büyük rol oynar [47].

Bor, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için de gereklidir, su ve toprakta bulunması tarımsal üretimin kilit bir faktörüdür [49]. Bazı bilim adamları, bitkilerin hücre duvarlarında borun yaklaşık %90'ının bulunduğunu kaydetmişlerdir [50].

Bitkiler, büyümeyi ve gelişmeyi sürdürmek için sürekli bir bor kaynağına (B) ihtiyaç duyarlar [48,51]. Bor, hücre duvarı oluşumu ve stabilizasyonundan, polen çimlenmesi ve polen tüpü büyümesinden, lignifikasyonlar ve ksilem farklılaşmasından sorumludur. Bitkilere kuraklık toleransı kazandırır. Bor eksikliği karnabaharda kahverengi kafa ve kutsal gövdeye neden olur. Patates, şeker pancarı vb. gibi yumru bitkilerinde  $K/Ca$  oranını ve şeker translokasyonunu düzenler. Hücre bölünmesi ve protein sentezi için gereklidir. Koruma hücrelerinde potasyumun taşınmasını kolaylaştırır [47].

Bor, çiçeklenme, tohum oluşumu, tozlaşma ve meyve kalitesi için gerekli olan önemli bir besindir. Yeterli bor alımı, polen tüpü oluşumunda ve polen çimlenmesinde rol oynadığından döllenmeye ve meyve tutumuna yardımcı olacaktır [52]. Bu nedenle bor arzi yetersiz ise bitki zayıf çiçek açacak, meyve tutum oranı düşük olacak ve verim etkilenecektir. Plazma zarının işlevlerinin ve yapısının korunması için borun zorunlu olduğuna dair artan veriler de vardır [53, 54]. Glikolipitler ve glikoproteinler gibi hidroksile iyonlara sahip az sayıdaki zar molekülünün, plazma zarlarında olası bir bor etkisi için iyi rakipler olduğu öne sürülmüştür [55]. Bitkide cinsel üreme, vejetatif büyümeden daha düşük düzeyde bora karşı daha hassastır. Bitkilerin mineral beslenmesi, bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerini kontrol etmek için önemlidir. Önemli araştırma faaliyetleri, borun bitki büyümesi ve gelişimindeki fizyolojik ve biyokimyasal rolünü vurgulamayı amaçlamıştır [51].



Şekil 6. Yetersiz (Solda) ve Yeterli (Sağda) Bor Gübreleme Kaynağı ile Yetiştirilen Yonca Bitkileri (Nezaket: A. Yazıcı ve I. Çakmak). (Figure 6. Alfalfa Crops Grown with Insufficient (Left) and Sufficient (Right) Boron Fertilization Source)

Bor, bitkiler için karbonhidratların taşınmasında ve metabolizmasında temel rol oynamaktadır. Sürgün büyümesi, yaprak yüzeylerinin bariyer fonksiyonu, damar oluşumu, fotosentez ve kök büyümesi gibi önemli parametreler bor eksikliğinden önemli etkilenecektir. Öte yandan borik asit doğrudan fosfolipit bilayerlerden kolayca geçebilir böylece bor daha yüksek konsantrasyonlarda bitkiler için toksik özellik gösterir. Bu nedenle toprakta mevcut bor bitkisinin belirlenmesi, modern tarım için önemli bir çalışma alanıdır [48].

Frankia cinsi aktinomisetlerin veziküllerinde olduğu gibi, çok sayıda çalışma da borun nitrojen fiksasyonu için önemine işaret edilmiştir [56]. Bu mikroorganizma, inaktivasyondan gelen oksijenle nitrojenazı koruyan zarfların sağlamlığı için bora ihtiyaç duyar. Bor, aynı zamanda bakteroidin bir nitrojen sabitleme biçimine farklılaşması için gösterge olarak gerekli olan glikoproteinlerin düzenlenmesi için de gereklidir [57]. Borun bitkilerde oksidaz aktivitesi, kök uzaması, şeker translokasyonu, polen tüpü büyümesi, karbonhidrat metabolizması ve nükleik asit sentezi gibi çeşitli süreçlerde yer aldığı iyi bilinmektedir [55].

Eksikliği belli süreçlerde değişikliklere, bitki büyümesinin ve veriminin bozulmasına neden olabilir. Bor, normal bitki büyümesi için gerekli olan mineral besinlerden biridir. Borun temel işlevleri hücre duvarı gücü ve gelişimi, hücre bölünmesi, meyve ve tohum gelişimi, şeker taşınması ve hormon gelişimi ile ilgilidir. Borun bazı fonksiyonları bitkide azot, fosfor, potasyum ve kalsiyum ile ilişkilidir. Bitkilerde borun en önemli işlevlerinin hücre duvarı gelişimindeki yapısal rolü olduğu düşünülmektedir [38].

Bor, kök uçları, yeni yaprak ve tomurcuk gelişimi gibi bitkilerin aktif olarak büyüyen bölgeleri için gerekli olarak kabul edilir [51]. İnsanlar, hayvanlar ve bitkiler için önemli bir unsur olarak kabul görür.

Bor, polihidroksil polimerleri, pektinler ve polioller gibi hücre duvarı bileşenleri ile kompleksler oluşturabilir [52, 55]. Bu nedenle bor, hücre duvarının cis -diol bileşenleri ile esterler yaparak hücre duvarının stabilitesi ve senteziyle ilişkilendirilir. [50] Bu, hücreye şekil, güç ve sertlik sağlanmasına yardımcı olur. Boratlar ayrıca hidroksil gruplarına sahip biyolojik bileşiklerle bağlantı oluşturabilir [56]. Borat esterin oluşturulması, gerilme mukavemetinin ve hücre duvarı geçirgenliğinin kontrolünde [54] rol oynadığından dolayı hücre duvarı işlevi ve yapısı için gereklidir [58]. Örneğin, bor eksikliği anormal derecede şişmiş hücre duvarları ortaya çıkarmıştır [57,59]. Bu arada, Noguchi ve ark. aynı zamanda bor eksikliği altındaki yabancı tip bitkilere kıyasla Arabidopsis bor1-1 mutantının hücre duvarlarında daha az çapraz bağlanma eylemini tanımlamışlardır [60].

Toprak tipine, organik madde miktarına ve yağış miktarına bağlı olarak 10 ila 300 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişen konsantrasyonlarda topraklarda oluşur [61].

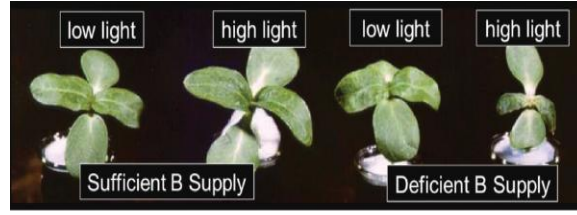
Bitki bor mineralini, borik asit şeklinde topraktan alır. Yüklü olmayan bir molekülün bir sonucu olarak, borik asit lipid çift tabakalarına karşı oldukça geçirgendir ve bu nedenle geçiş, konsantrasyon gradyanına orantılı olarak bağlıdır. Bitkinin yer üstü kısımlarına ulaşmak için, B'nin ksilem yüklemesi ve terleme hızı ile yukarı doğru orantılı olarak taşınması gerekir. Bor, çoğunlukla olgun yaprakların uçları ve kenarları olan varış noktasında birikir. Toprak pH'ı 4'ten 9'a yükseldiğinde ve ışık yoğunluğunda bir artış ile arttığında emilim azalır; bor emilim oranı 10 ila 30°C arasında değişen sıcaklıklarda hızla artar ve 35°C'nin üzerinde keskin bir şekilde azalır [61].

Bitkiler genel olarak toprakta %5'ten az bor kullanır. Toleranslı bitkiler, çok az etkiye sahip çok çeşitli bor konsantrasyonlarına dayanırlar ve hassas bitkiler, çok fazla veya çok az bor için güçlü bir reaksiyon sergilerler [61]. Bor ilk dağıldığı organlarda kalma eğiliminde olduğundan diğer dokulara yeniden aktarılamaz yani bor alımı pasif bir süreçtir bu nedenle normal ve verimli tarımsal üretim için sürekli borik asit tedarikini sürdürmek önemlidir [61,62].

Borun topraktaki mevcudiyeti, yüksek yağış ve mevsimsel su mevcudiyeti ile dünyanın birçok bölgesinde sınırlıdır. Aksine kurak ve yarı kurak bölgelerde, yeraltı suyu kılcal etki ile üst toprağa ulaşır ve toprakta çözünenler bırakmak için buharlaşır. Yüksek bor yeraltı suyuna sahip bölgelerde, üst topraktaki bor konsantrasyonu bitkiler için toksik bir seviyeye ulaşır ve mahsul verimini azaltır. Güney Avustralya, Mısır, Irak, Ürdün, Libya, Fas, Suriye, Türkiye, Kaliforniya ve Şili, tarım arazilerinde bor toksisitesi sorunları olan bölgeler/ülkelerdir [61].



Bor toksisitesi, bor bakımından zengin tarımsal topraklarda ürün verimliliğini sınırlayabilir. Kurak mevsimlerde / koşullarda topraktan köke kütle akışının azalması nedeniyle köklerde bor kaynağı azalır [61]. Bor eksiklik belirtileri ilk önce genç yapraklarda veya terminal sürgünlerinde şekilsiz, buruşuk, kırılabilir ve bazen koyu mavimsi renkle kalınlaşmış bir görünümle ortaya çıkar [47]. Belirtileri ise çoğunlukla üreme evrelerinde, meyve oluşumunun ihlali ve tohum sayısının azalması ile gözlenir. Bor eksikliği, kalsiyum eksikliğine neden olan indol asetik asit (IAA) üretiminde kayda değer bir azalmaya neden olur [47].



Şekil 7. Soya Fasulyesi ve Kanola Bitkilerinin Düşük ve Yeterli Bor Kaynağı Olan Sürgün ve Kök Büyümesi (Nezakat: Y. Ceylan ve I. Çakmak) (Figure 7. Shoot and Root Growth of Soybean and Canola Crops with Low and Sufficient)

Örnek olarak pamukta bor eksikliği 4 haftalık büyümeden sonra ortaya çıkar, görünür semptomlar ise kırılabilir genç yaprakların klorotik yamaları ile yaklaşık 45-50 günlük ürün büyümesi ile ortaya çıkar. Aynı zamanda Orta yapraklar içe doğru çukurluk gösterir [47].

Bor eksikliği, hücre duvarının plastisitesinde bir azalmaya neden olur, yeni bölünmüş hücrelerin büyümesinde etken değildir bunun yanı sıra üreme büyümesini sınırladığı bildirilmiştir [51].

Birçok ülkede, toprakta bor eksikliği bitkilerde eksiklik sorunlarına neden olur. Bununla birlikte, Türkiye'de yüksek seviyeler toksisitede daha sık görülür. Yapılan çalışmalara göre bitkilerde bor eksikliğinin belirtileri arasında kök ve yaprak büyümesinin kesilmesi, yaprak primordia ve birincil kök uçlarının nekrozu, kök ve yaprak floeminin nekrozu, kabuk bölünmesi, enzim reaksiyonlarının gecikmesi, polen çimlenmesinin azalması ve hatta ölüm sayılabilir. Büyüme ortamına bor eklenirse normal büyüme genellikle devam eder [61]. Bor eksikliği, nemli bölgelerde kaba dokulu topraklarla dünya çapında birçok ülkede görülür [47].

Bor, bitkiler için büyük önem taşır. Ancak gerekli miktar çok azdır. Bitkilerin büyümesi için yararlı olan bor miktarı 0,5 ila 2,0 mg L<sup>-1</sup> arasında değişir. Tipik olarak, 0,5 mg L<sup>-1</sup>'den az bor içeren topraklar bor açısından zayıftır ve bitkilerde bor eksikliği belirtileri görülebilir. Bor oranının 2,0 mg L<sup>-1</sup>'in üzerinde olduğu toprakta bor kirliliği vardır ve bunun sonucunda üretimde azalma ve ürünlerdeki kusurlar görülebilir [61].

Bor eksikliği ve toksisite arasında çok dar bir aralık vardır çünkü 5,00 mg'dan fazla L<sup>-1</sup> mevcut bor birçok tarımsal ürün için toksik olabilir. Bor eksikliği genellikle yem baklagillerinin (yonca vb.) ve bazı sebze bitkilerinin üretimini sınırlar. Hoşgörülü türlerde yonca, pancar, buğday, arpa, sorgum, yulaf, şeker pancarı ve domates vardır. Orta derecede dayanıklı türler; Arpa, lahana, kereviz, mısır, kabak, tatlı yonca ve şalgam ve orta derecede hassas türlerde brokoli, havuç, salatalık, bezelye, biber, patates ve turp vardır. Hassas türler avokado, fasulye, üzüm, greyfurt, limon, portakal ve buğdaydır. Bor takviyesi olmayan bir ortam altında yetiştirilen Vicia Faba'nın büyümesi azalır ancak bor tedariki ile bir iyileşme meydana gelir. Daha yüksek konsantrasyonlarda mevcut olduğunda zehirlidir. Bu nedenle, ortam/topraktaki bor konsantrasyonunun maksimum verim için uygun bir aralıkta tutulması esastır [61].

Eksiklik semptomlarının aksine, tipik bor toksisitesi semptomları olgun yaprakların marjinal bölgesinde ortaya çıkar ve bu kısımlar klorotik veya nekrotik hale gelir [61].

Bor eksikliği olan topraklarda mahsullerde bor eksikliğinin önlenmesi ve düzeltilmesi; lifler, tahıllar, bakliyatlar, yağlı tohumlar, sebzeler, narenciye ve yonca dahil olmak üzere birçok mahsulün verimi ve kalitesini önemli ölçüde etkiler. Bor gübresinin kaynağı, hızı, formülasyonu, zamanı ve yöntemi ve borun topraktaki diğer besinlerle doğru dengelenmesi, bor eksikliği olan topraklarda mahsul verimini etkiler. Borun hem toprak hem de yaprak uygulama yöntemleri, ürün veriminin, ürün kalitesinin iyileştirilmesinde etkilidir [47].

Bor eksiklikleri, diğer eser elementlerin eksikliklerine kıyasla çok daha geniş bir toprak ve bitki yelpazesinde ortaya çıkmaktadır. Daha sağlıklı bir bitki büyümesi için yeterli miktarda bor kaynağı sağlamak için farklı gübre kaynakları kullanılır [62].

Topraktaki bor eksikliği bitkilerde bazı sorunlara neden olsa da bor fazlalığı da çeşitli fiziksel ve biyokimyasal sorunlara neden olur. Bu etkiler bitkilerin meyvelerinde ve yapraklarında kusurlara neden olur. Son çalışmalarda, yüksek pH'nın bor alımını sınırlayabileceği bildirilmiştir [61].

Gübre tavsiyesine bor dahil etme ihtiyacı, ürün gereksinimi ve toprak bor test seviyesi ile belirlenir. Kil tipi topraklar, yüksek su pH'sı olan topraklar, kalsiyum içeriği ve/veya organik madde içeriği için yüksek bor oranı gerekebilir [47]. Çeşitli ürünler için bor ihtiyacının, bor gübresinin verimli ve rasyonel kullanımı için doğal bir ön koşul olduğu bulunmuştur [47]. İki tür bor gübre kaynağı vardır hem çözelti içinde hem de katı madde olarak rahat bir şekilde uygulanabilen rafine edilmiş tamamen çözünür malzemeler ve değişken kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip ezilmiş cevherler [62].

Topraktaki B seviyesi 1,0 ppm olduğu zaman bor yeterli olduğu anlamına gelir ve 5 ppm üzerinde olduğunda, toprak üzerinde toksik etkisi olduğu anlamına gelir. Bu nedenle, gübreyi oldukça adil bir miktarda uygulamak gerekir. Toprakta yeterince bulunmayan ve toksik olmayan bir seviyede ek bor gübresi uygulamak gereklidir. Araştırmacılar tarafından bor gübresi üzerine yapılan çalışmaların sonuçları, bor gübresinin önemini göstermektedir. Çeşitli bitkilerin bor alımında farklılıklar olmuştur. Bor gübresi uygulaması bitki verimliliğini ve kalitesini artırır [63].



Şekil 8. Bor Gübresi (Figure 8. Boron Fertilizer)

Tarımsal üretimde ve içeriğinde uygulanabilecek farklı bor kaynakları vardır ve bunların özellikleri farklıdır. Bor gübrelere çözünürlüğü ve reaktivitesi, bitkinin uygulanan gübreden yararlanmasını etkiler. Ayrıca toprak yapısı bor emilimini etkileyen önemli bir faktördür. Bitkilerin bor bileşiminden yararlanabilmesi için, toprağın özelliklerine uygun bir bor gübresi uygulamak ve etkili bor türlerini seçmek, bitki verimliliğini artırmak ve çevre kirliliğini azaltmak için yararlı olacaktır [63].

#### 4.6. Bor ve Kompozitler Yapılar

Gelişmiş kompozitlerin ana özellikleri, yüksek mukavemet ve sertliğe sahip lifler tarafından sağlanmaktadır. Günümüzde takviyeli kompozit malzemelerde cam, mineral, karbon, organik, bor, seramik ve metal lifler kullanılmaktadır.

Bor lifleri bir epoksi reçine gibi organik bir matris ile birleştirildiğinde, yüksek performanslı bir kompozit yapı oluşturulur. Bu ara yüzey bölgesinin optimizasyonu, kompozit malzemelerin mekanik davranışını etkilemede kritik bir rol oynar ve önemli endüstriyel özelliklere sahiptir [64].

Alternatif bir elyaf, karbon fiberlere kıyasla üstün bir mukavemet-ağırlık oranı sunan uçak ve uzay endüstrilerinde daha zorlu uygulamalar için kullanılan bordur. Bor kompozit malzemelerin başarılı bir şekilde uygulanması, elyafın matrise iyi yapışmasına bağlıdır. Daha zorlu uygulamalarda, fiber/matris yapışmasının iyileştirilmesinin gerekli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu uygulamalar için bor- kompozit mekanik özelliklerini geliştirmek için ara yüzey bölgesinin optimizasyonu gereklidir. Bor kompozitlerinin kullanımı, balıkçılık çubukları, golf sopası milleri, kayaklar ve bisiklet çerçeveleri gibi spor malzemelerinden, uçak tamir yamaları gibi çeşitli havacılık uygulamalarına kadar uzanır [65].

Bor kompozitleri tipik olarak büyük lif çapı nedeniyle yüksek basınç dayanımına sahiptir ve bu, karbon kompozitlere kıyasla ayırt edici özelliklerinden biridir. Sertleştirilmiş bor kompozitlerinin yoğunluğunun karbon kompozitlerden daha yüksek olmasına rağmen alüminyum ve titanyumdan önemli ölçüde daha düşük olduğu da görülmektedir [66].

#### 4.7. Bor ve Temizlik Sektörü

Boratlar (birçok biçimde) çamaşır deterjanları, ev tipi veya endüstriyel temizleyiciler ve el sabunları üretmek için kullanılır. Boratlar veya perboratlar birçok ev ve endüstriyel üründe metalleri, camları, lavaboları, küvetleri, tuvaletleri, yerleri ve makineleri temizlemek için kullanılır. Borat seçimi, nihai ürünün türüne, bileşimine ve kalitesine bağlıdır. Boratların benzersiz özellikleri çok sayıda fayda sağlar:

- Leke çıkarma ve ağartmayı geliştirme
- Enzimleri stabilize etme
- Boya transferini engelleme
- Alkali tamponlama sağlama
- Kontrol viskozitesi
- Mumları ve yağları emülsifiye etme
- Suyu yumuşatma
- Sürfaktan performansını artırma
- Bakterileri ve mantarları kontrol etmeye yardımcı olan bir biyostat görevi görür (EPA kaydı gereklidir.)

100 yıldan fazla bir süredir boratlar, çeşitli ev tipi ve endüstriyel çamaşır deterjanı formülasyonlarında kullanılmaktadır. Dünyadaki giysilerin büyük çoğunluğu hala elde yıkanmaktadır. Çamaşır sabunu kalıpları üzerinde yapılan yeni denemeler, boratların temizleme etkisini önemli ölçüde iyileştirdiğini ve kirin yeniden birikmesini azalttığını gösteriyor. Bu da daha parlak, daha temiz çamaşırlara yol açıyor. Toz deterjanda boratlar, temizleme gücünü artırmak için doğrudan dahil edilebilir veya ağartma etkisi için sodyum perborat olarak eklenebilir. Boratlar ayrıca sıvı deterjanlarda da kullanılır. Leke çıkarma enzimlerinin sıvılarda stabilize edilmesi gerekir ve boratların bu amaç için son derece etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Tablo 2. Temizlik ürünlerinde kullanılan Bor bileşikleri [68] (Table 2. Boron compounds used in cleaning products)

İsim	Yapı
Borik Asit	$H_3BO_3$
Sodyum Perborat Monohidrat	$NaBO_3CH_2$
Sodyum Perborat Tetrahidrat	$NaBOC_4H_2O$
Sodyum Tetraborat Dekahidrat (Borax)	$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$

Değerleri, içinde buldukları formülasyona bağlıdır ancak pH kontrolü, yağların emülsiyonlaştırılması, yumuşak aşındırıcı nitelikler ve viskozite kontrolü (polihidroksi malzemelerle birleştirildiğinde) merkezi niteliklerin tümüdür.

#### Toprağın Kaldırılması ve Yeniden Birikimin Önlenmesi;

Boratlardan üretilen alkali deterjan likörleri yağlı kirlerin çıkarılmasına ve emülsiyon haline getirilmesine yardımcı olur. Ancak boratlar ve perboratlar, yüzey yükü üzerindeki özel etkileri sayesinde yalnızca pH'nın yarattığı etkinin ötesinde partiküllü toprak birikimini de engeller.

#### Alkali Tampon ve pH Kontrolü Olarak;

Yıkama suyundaki yüksek alkalinite, deterjanı artırır ve temizleme sürecine yardımcı olur. Boratlar mükemmel pH tamponlarıdır (pH 9,1 ila 9,3, doğal pH değerleri). Perboratlar daha alkalindir (%1,0 çözelti için pH 10,4) ve ayrıca mükemmel tamponlama kapasitesine (pH 9 ila 10) sahiptir.

#### Mükemmel Ağartma;

Deterjanda ağartma, kumaşların kimyasal yollarla beyazlatılması, aydınlatılması ve parlatılması işlemi olarak anlaşılabilir. Etkili ağartıcılar olan ancak yıkama tozlarına doğrudan katılım gerçekleştiremeyen hidrojen peroksit ve klorinin aksine, perboratlar mükemmel ağartma özelliklerine sahiptir ve deterjan tozlarında çok karardır. Oksitleyici bir ağartıcı olarak etkilidirler ancak giysilere karşı hassastırlar ve genel temizliğe yardımcı olurlar. Hızla çözülen bir versiyonu olan perborat monohidrat, özellikle soğuk veya kısa yıkama döngülerinde kullanışlıdır.

#### Su Yumuşatma ve İyileştirilmiş Yüzey Aktif Madde Performansı;

Kalsiyum ve diğer metallerin azaltılması, su sertliğinin iyileştirilmesine yardımcı olur ve deterjanların iyi çalışmasını sağlar. Boratlar ve perboratlar, kalsiyum iyonları ile çözünür kompleksler oluşturan bileşenler oluşturarak kalsiyumun istenmeyen etkisini kumaşlar üzerinde sert his birikintileri bırakmadan ortadan kaldırarak bu görevi gerçekleştirir.

#### Borat Metal Temizleyicileri;

Çeşitli metal işleme işlemlerinden sonra metal yüzeyler temizlenmelidir. Örneğin, talaşlı imalat işlemlerinden elde edilen parçalar, metal tozlarını, artık kesme yağını ve kiri çıkarmak için temizlenir. Benzer şekilde, sac metalin yüzeyi (haddeleme işlemlerinden elde edilen) son indirgemenin sonra ve sulu kar yağları veya kaplama yağlarının uygulanmasından önce temizlenir [67].

Boratlar pH kontrolü sağlar ve yağların ve kirlerin daha iyi uzaklaştırılmasına katkıda bulunur. Hafif veya orta dereceli aşındırıcı özellikleri, su yumuşatma yetenekleri ve korozyon önleyici özellikleri, metal yüzeyleri temizlemek için onları mükemmel seçenekler haline getirir. Organik malzemelerle, seyreltik tuz çözeltileriyle veya gıda ürünleriyle daha önce temas etmiş olan paslanmaz çelik üzerinde ferritik parçacıklar, oksitler ve korozyon ürünleri oluşması muhtemeldir. Bu, korozyonun giderilmesine ve pasifleşmenin geri kazanılmasına yardımcı olan Optibor ile etkili bir şekilde tedavi edilebilir.

Borat veya perborat temizleme solüsyonlarının yağ birikintilerinin giderilmesinde, kararmayı ve korozyonun önlenmesinde ve çeşitli metal yüzeylerde ve öğelerde etkili olduğu bulunmuştur:

- Gıda endüstrisinde kullanılan, kalay kaplı demirli metallere yapılabilen kaplar
- Çelik saclar ve alüminyum iş parçaları ve alaşımları
- Gümüş ve gümüş kaplama
- Diş aletlerinde metal parçalar
- Karbon çeliği
- Bakır
- Alüminyum
- Teneke kutular

#### Sodyum Boratlar: Sert Yüzey Temizleyicileri;

Sodyum boratlar içeren su bazlı alkali temizleyiciler (diğer bileşenlerin yanı sıra) endüstriyel ve kurumsal pazardaki sert yüzeylerden yağ, gresi, pası, tortuyu ve diğer partikülleri temizlemek için öncelikle hastaneler, okullar ve restoranlarda kullanılır. Bu pazar için çok amaçlı bir sıvı deterjan, boraks dekahidrat (veya Neobor boraks pentahidrat), yüzey aktif madde, alkil aril sülfonik asit, tetrapotasyum pirofosfat, sodyum hidroksit ve sudan yapılıdır.

Yiyecek ve içecek endüstrileri, suyla sürekli temas halinde olan, suyla doldurucular, konveyör zincirleri, püskürtme nozulları, pastörizatörler ve sterilizatörler gibi ekipman kullanır. Bu endüstrilerdeki pas ve korozyon, bakım departmanları tarafından daha yakın kontroller, daha sık onarımlar ve daha kısa ekipman ömrü gerektirir ve bu da üretim maliyetlerini artırır. Ancak güçlü alkalilerin kullanımı, camın yumuşaması, litografi ile yazılmış renklerin bozulması ve ciltle temas halinde aşındırıcı etki gibi potansiyel olarak zararlı etkiler nedeniyle yasaktır. Orta derecede bir alkali gereklidir ve boratlarda mevcuttur. Boratların alkali mukavemeti açısından %0.1 ila %5.0 konsantrasyon aralığında değişmeye karşı direnci, onu kostikten daha zayıf ve içecek uygulamaları için daha uygun hale getirir.

2016 yılında, küresel ev temizleyicileri pazarı yaklaşık 25,5 milyar ABD doları değerindeydi. Ev tipi sert yüzey temizleyicileri, toplam ev temizleyicilerinin %40' ından biraz daha azını oluşturur. Ev tipi sert yüzey temizleyici üreticileri, müşterilerin özel ihtiyaçlarını karşılamak için ürünlerini sürekli olarak yeniden formüle etmektedir. Örneğin, jelleşmiş veya katılaşmış bir borat süspansiyonuna dayanan yavaş çözülen bir temizleme bloğu, suyu yumuşatabilir (kireci önleyebilir), koku giderebilir ve tuvaletlerdeki lekelerin birikmesini önleyebilir veya önleyebilir. Bu tür ürünler, bir hidrojel polimerine dönüştürülmüş sulu bir borat süspansiyonundan veya polietilen içinde erimiş borat glikol süspansiyonunun hazırlanması ve soğutulmasıyla üretilir. Az miktarda borun varlığı, mikrobiyal büyümeyi kontrol etmeye yardımcı olabilir. (EPA kaydı gereklidir.) Kirli liflerden veya kumdan idrarı çıkarmak için özel olarak tasarlanmış bir bileşim, suda çözünür sentetik bir yapıştırıcı, organik asitler, kurucu tuzlar ve yüzey aktif madde ile kaplanmış perboratlar ve diğer peroksit tuzlarını içerir. Sifonlu tuvaletler için bir temizleme ve ağartma ürünü, biri nötr tuz, deterjanlar, boya ve parfüm içeren ve diğeri nötr tuz, deterjanlar ve perboratlar içeren iki katı bloktan oluşur. Perboratlı tabletler, kemilüminesan bir bileşik ve bir halojen kaynağı her yıkamada güçlü bir mavi ışık verir.

Kâğıt, kumaş veya köpük, cam, deri, takma dişler ve daha fazlası için temizleme pedleri oluşturmak için perboratlar ve diğer bileşimlerle emprenye edilebilir. Dolaşım kuvvetleri için etkili bir perborat bazlı temizleyici mevcuttur; diğeri, perboratlar, bir metal iyonu veya başka bir bozunma katalizörü, kurucu maddeler ve bir yüzey aktif madde ile formüle edilmiş bir köpürtücü temizleyicidir. Temizlik ve korozyon korumasından, aşındırma maddelerine ve temizleyicilere, PTFE kaplı pişirme kaplarından karbonlaşmış kalıntıları gidermeye kadar perboratlar -diğer bileşenlerle birlikte- oldukça etkilidir.

#### **Borik Asit: Cam ve Diğer Malzemeler;**

Borik asit ve diğer bileşenleri içeren cam temizleme bileşimleri, özellikle düşük sıcaklıklarda motorlu taşıtların çalışması sırasında dış ortama maruz kalan ön camların ve diğer cam yüzeylerin temizlenmesinde kullanılmak üzere uyarlanmıştır. Neobor içeren bir başka cam temizleme bileşiği, özellikle soğuk suda kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Diğer cam temizleme formülasyonları boraks dekahidrat, Neobor ve borat olmayan bileşenler içerir.

Birkaç kanal temizleyici de diğer bileşenlerle birlikte perboratlara dayanmaktadır.

#### **Bulaşık Deterjanları;**

Geleneksel bulaşık yıkama deterjanları büyük ölçüde sodyum metasilikat ve sodyum tripolifosfat bazlıdır ve lekeleri çıkarmak ve bakterileri öldürmek, yağ ve gresi sabunlaştırmak, kopmuş toprağı askıya almak ve yeniden konumlandırılmasını önlemek, iç parçaların aşınmasını önlemek için sodyum dikloroizosiyanat gibi klor salan kimyasallar içerir. Bununla birlikte, sodyum silikatların ve klor salıcı ajanların aşındırıcı doğası ve çevresel kaygılar nedeniyle fosfatları azaltma arzusu, toz ve sıvı otomatik bulaşık yıkama deterjanları için yeni formülasyonların geliştirilmesine yol açmıştır. Bu yeni ürünler, önceki versiyonlara göre daha düşük sıcaklıklarda leke çıkarmada daha etkilidir. Boratlar ve perboratlar, uzun bir raf ömrüne sahip olmanın yanı sıra, aşağıdaki nedenlerle bu tür otomatik bulaşık yıkama deterjan bileşimlerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır:

- Perboratlar, klor salan bileşiklere alternatif ağartma maddeleri olarak işlev görür
- Boratlar çini sır koruyuculardır
- Boratlar orta derecede alkali tamponlama sağlar
- Perboratların biyosidal özelliği vardır (EPA kaydı gereklidir.)
- Boratların birçok temizleme işlevi olduğu bilinmektedir.

Geçmişte, otomatik bulaşık yıkama deterjanlarında boratların ana işlevleri peroksi ağartma, sır koruması ve daha az ölçüde topaklanmayı önleme idi. Perboratların kullanımı yeni enzimatik otomatik bulaşık yıkama deterjanları sistemi altında gelişirken, sır koruyucu ve topaklanma önleyici maddeler olarak borik asit ve 20 Katır Takım Boraks borik oksit kullanımı gelişmemiştir.

Boraks dekahidrat sabunlar, deterjanlar ve kişisel bakım ürünlerinde kullanılacak kadar naziktir [67].

Kirli pamuk üzerinde yapılan testlerde, perborat deterjanlar çeşitli lekeler üzerinde perkarbonat deterjanlardan daha iyi performans göstermiştir:

- Kil



- Kil ve sebum
- Karbon siyahı / zeytinyağı
- Karbon siyahı / mineral yağ

#### 4.8. Bor ve Kozmetik Sektörü

Kozmetik endüstrisi şu anda avantajlar sunan ve müşterilere çekici gelen malzemeleri araştırmıştır. Seramik malzemeler kozmetikte yaygın olarak kullanılmaktadır ve seramik tozu işleme, sol-jel teknolojisi ve çökeltme solüsyonları ile üretilmektedir. Bor nitrür, kimyasal formülü (BN) olan bir seramik malzemedir [69,70].

H-BN nanoyapı sentezi için kullanılan parametrelerdeki yeni araştırmalarla ilgili olarak, üretkenliği, kaliteyi artırmayı ve sentezlenmiş parçacıkların boyutunu kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Son zamanlarda birçok çalışma, bor nitrürün nanoyapılarının nanotüpler [71,72], nanokapsüller [73], nanokajlar [74] gözenekli yapılar [75], içi boş küreler [76] ve nanolifler gibi özel morfolojilere sahip hazırlandığını bildirmiştir [77].

Geleneksel olarak h-BN, 2000°C civarında bir sıcaklıkta karbon ve nitrojen / amonyak ve üre ile B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, borik asit veya boraksın reaksiyonunu içeren klasik yüksek sıcaklık sentez yollarıyla hazırlanır [78]. Öte yandan, özel BN nano yapıların sentezi için lazer ablasyonu, kimyasal buhar fazı, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve B<sub>4</sub>C'nin karbotermal indirgenme tepkimesi ve diğer yöntemler geliştirilmiştir [79]. Bu yöntemlerin çoğu, yüksek verim ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır ve bu nedenle sentezinin anlaşılması hala zorlu bir konudur. Ayrıca farklı sentetik yöntemlerden elde edilen BN nanotüp, farklı fiziksel özelliklere sahiptir. Sentezlenen nanotüplerin kalitesi, miktarı ve türü kullanılan sentetik yöntemle bağlıdır.

Kozmetik alanında, partikül boyutu önemlidir çünkü daha küçük çaplar yüzey alanında bir artışa ve kozmetik aktif maddelerinin kapsülleme olasılığına imkân verebilir. H-BN, yapının farklı oluşum aşamalarında manipülasyonuna ve sonuç olarak boyut ve spesifik yüzey alanının kontrolüne izin verdiği için, kozmetikte, özellikle güneş kremlerinde kullanım için avantajlar sunabilir yine de dispersiyonda mükemmel bir performansa sahiptir, toksik değildir, şeffaftır ve kimyasal olarak inerttir.

Güneş radyasyonunun cilt sağlığına zarar verdiği biliniyor ve kozmetik endüstrisi de etkili güneş kremlerinin araştırılmasına ve üretilmesine yatırım yapıyor. Normalde Dünya yüzeyine ulaşan ve fotomedine özel ilgi duyan güneş spektrumunun aralığı Ultraviyole B (UVB) ve Kızılötesi (IR) aralığıdır [80].

Ultraviyole ışınlarının etkisi cilt sağlığına zararlıdır ve kanser vakalarının artmasına, yaşlanmaya ve diğer istenmeyen cilt değişikliklerine neden olabilir. Ultraviyole B, güneş yanığı, kızarıklık ve iltihaplanmadan sorumludur. Kızılötesi ışınların etkileri bilimsel literatürde daha az tanımlanmıştır ancak bu ışınların ultraviyole ışınlarının [81], erken yaşlanmanın [82,83] ve kızılötesi radyasyonun neden olduğu cilt üzerindeki hasarları artırdığı bilinmektedir [84].

Güneş kremleri uzun süredir araştırılmış ve şu anda ultraviyole ışınlarına karşı güneş koruyucu olarak kullanılan önemli bir kozmetik olan titanyum dioksit gibi nanobilim ve nanoteknoloji bilgisi kullanılarak geliştirilmiştir. Bununla birlikte, kızılötesi radyasyona karşı koruma için çok az araştırma yapılmıştır. Piyasada titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) ve ultraviyole radyasyonun etkilerini bloke edebilen çinko oksit (ZnO) bulunmaktadır. Bu malzemeler şu anda daha küçük boyutlara sahiptir ve radyasyon fenomeni yayıldığından ve dolayısıyla deri altında beyaz bir renk olduğundan geleneksel ürüne göre avantajları vardır [85]. Bu bağlamda, kızılötesi ışınların yanı sıra ultraviyole ışınlarına karşı koruma sağlayabilen güneş koruyucu formülasyonlarının yaratılmasına büyük ihtiyaç vardır. Bor nitrür nanoyapı, güneş kremlerinde kullanılması önemli bir faktör olan boyutunu manipüle etmek mümkün olduğu için bu amaç için potansiyel bir malzemedir, böylece yüksek bir termal iletkenliğe sahip olduğu için yağlı ciltteki parlaklığı azaltır.



Şekil 9. Bor ve kozmetik [86] (Figure 9. Boron and cosmetics)

#### 4.9. Bor ve Sağlık Sektörü

Bor, hayvan ve insan biyolojisi için çok önemli olan dinamik bir besindir. Son araştırmalar, hayvan ve insan sağlığı için önemli alanlarda bu mineraller için şimdiki kadar sürpriz eylemler ortaya çıkardıkça bu durum giderek daha açık hale geldi. Bor, esas olarak okyanuslarda ve topraklarda [87] inorganik boratlar formunda bulunur ve kendiliğinden birleşen RNA molekülünün önemli bir bileşeni olan ribozu stabilize eder ve daha önce DNA'ya sahip olabilir [88].

Borun fizyolojik miktarları, büyüme ve gelişme ile ilgili çeşitli maddelerin metabolizmasını ve tüketimini değiştirebilir. [89] Bu nedenle bor, genellikle cilt, beyin, sindirim sistemi, iskelet ve bağışıklık organları ve sistemleri dahil olmak üzere çeşitli organları ve vücut sistemlerini etkiler. Omurgalılarda, boratlar benzersiz bağlanma ve yapısal özellikleri için gereklidir [90]. Bu işlev, hayvanlarda artrit, osteoporoz ve koroner kalp hastalığı gibi bazı durumları hafifletmeye hizmet eder [91, 92].

Bor ayrıca domuz, tavuk, sığır, devekuşu ve test edilen diğer bazı türler gibi hayvanlarda farklı metabolik parametreleri değiştirir [92, 93, 94, 95].

Ayrıca kalsiyum, D vitamini ve magnezyum ile etkileşimi nedeniyle farklı organlar için faydalıdır [96, 97, 98]. Bu nedenle boratlar, farklı diyet takviyeleri ve ilaçlarda endüstriyel ölçekte kullanılmaktadır.

Bor, çeşitli biyolojik işlevleri yerine getiren canlı organizmaların tüm şubelerinde bir bileşendir. Bor, bakteriyel çekirdek algılayıcı sinyal molekülünde, oto-indükleyicide (AI-2) [99] ve vibrioferrinde bulunan boromisin [100] gibi mikrobiyal antibiyotiklerin bir bileşenidir. Bazı deniz bakterileri boron içeren siderofor üretmiştir [101]. Ayrıca bor, algal kamçı ve deniz siyanobakteri türleri için önemli bir elementtir [100, 102]. Son zamanlarda iyi korunmuş Jura kırmızı algleri *Solenopora jurassica*'da borolithokrom içeren özel bir grup bor bileşiği bulunmuştur. Borolithokromlar, fenolik kısımlara sahip kompleks spiroboratlardır (borik asit esterleri) ve ayırt edici bir fosil organik pigment sınıfını temsil ederler [102]. Dahası, ATR1 tarafından kodlanan çoklu ilaca dirençli taşıyıcıdan dolayı yüksek bor dayanıklılığı, onu pişirme ve fermantasyonda yer alan en faydalı maya türü yapar. Bu gen aynı zamanda bazı bakteriler, mantarlar ve düşük ökaryotlarda dağılır ve bor maruziyetinde aktive olur [103].

*Bacillus boroniphilus* büyümesi için bora ihtiyaç duyar ve 450 mm'den fazla bor dayanabilir [104]. Azotobakter Nitrojen fiksasyonunda görev alan, bu aktivite için bor'a da ihtiyaç duyar. Mavi-yeşil algler ve *Frankia* cinsi mikroorganizmalar da büyümeleri için bora ihtiyaç duyar. Dahası, borun heterosistlerin glikolipidlerini etkilediği ve stabilize ettiği bildirilmiştir [105, 106, 107, 108].

Son zamanlarda, borun muhtemelen hayvan ve insan sağlığı için gerekli olduğu düşünülmektedir. Bor, çeşitli reaksiyonların sentezinde ve metabolizmasında rol oynayan hidroksilasyon reaksiyonlarına katılıyor gibi görünmektedir [109].

Bor, artrit için etkili bir tedavi seçeneğidir ve kemik, eklem ve kırıkdağa kalsiyum entegrasyonunu etkin bir şekilde artırarak vakaların %95'inde görülen kemik gelişiminde önemli iyileşmeye neden olur. Ayrıca, testosteron ve östrojeni içeren birkaç hormonu da etkiler [110]. Kanser tedavisi, bor nötron yakalayıcı maddeler ile sağlanabilir. Borik asit, in vitro olarak meme kanseri hücrelerinin üstesinden gelmek için çok faydalıdır [111].

Borun vücuttaki bazı kan pıhtılaşma faktörlerini etkileyebileceği tahmin edilmektedir. Bor, konjestif kalp yetmezliği durumlarının neden olduğu sorunları belirgin bir şekilde hafifletebilir. Lipid birikimini azaltmaya yardımcı olur ve çeşitli yollarla kolesterolün atılmasına izin verir, bu nedenle kan pıhtıları ve ateroskleroz gibi durumların gelişme riskini en aza indirir ve vücudu kalp krizi ve felçlere karşı korur [112]. Ancak bu sonucu doğrulamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır, bu da kalp hastalığına karşı mücadelede önemli bir yer alır. Karmaşık yapı ve bağlanma özellikleri nedeniyle boratlar, aldehytler dehidrojenaz, nitrik oksit sentaz, peptidaz, ksantin oksidaz ve proteazlar gibi enzimler üzerinde inhibe edici etki göstermiştir [113]. Bor, testosteron, östrojen, glikoz ve insülin metabolizmasını etkiler. Glikoproteinler, glikolipidler ve hidroksil grubuna sahip diğer moleküller borik asit ile kompleks oluşturabilir ve membranın bütünlüğünü değiştirebilir [114, 115].

Boratlar ayrıca kanserde, yara iyileşmesinde, hastalıkları kontrol etmede, genotoksisiteyi azaltmada ve mitokondriyal membran aktivitesini aktif etmede anti-enflamatuar ve antioksidan bir ajan olarak fayda sağlar [116, 117]. Ek olarak, borik asit, pestisitler tarafından baskılanan [115] ve ayrıca vücudu CCL<sub>4</sub> ve diğer ajanların [116] indüklediği oksidatif strese koruyan asetilkolinesterazın işini elden geçirmiştir [118]. Gerekli bor miktarları türe özgüdür ve ayrıca oldukça değişkendir. İnsanlar dahil çoğu türde, gerekli bor miktarı tam olarak belirli hale getirilmeye devam ediliyor.

## 5. Sonuç

Bu çalışmada incelediğimiz makalelerde deterjan sektöründen uzay teknolojisine kadar yüzlerce farklı alanda kullanılan bor elementinin özellikle Türkiye için büyük stratejik önemi vardır. Borun Türkiye dışındaki rezervlerinin kullanım ömrünün yaklaşık 50 yıl süreceği tahmin ediliyor. Öte yandan Türkiye 450-500 yıl tüm dünyanın bor taleplerini karşılayabilme kapasitesine sahiptir. Bor bileşiklerinin, özellikle tekstil terbiye işlemlerinde sürece dahil edilmesi, sadece Türkiye'de değil, tüm dünyada da bor kullanımını artıracaktır. Türkiye'deki büyük bor rezervleri göz önüne alındığında, bor bileşiklerinin tercihi, artan çevre bilincinin yanı sıra ülke ekonomisine de katkıda bulunacaktır. Bor, yüksek tutuşma sıcaklığı gibi üstün bir özelliğe sahiptir. Borun alev geciktirici etkisi pek çok çalışmaya konu olmuştur. Çinko borat, borik asit ve floroborat en çok kullanılan alev geciktirici bor bileşikleridir. Bor bileşikleri alev geciktirici olarak kullanıldıklarında çevre dostudur. Toksik gaz salınımına neden olmazlar ve düşük uçuculuk değerine sahiptirler. Bor bileşikleri sadece çevre dostu değil, aynı zamanda tekstil endüstrisinde kullanımını destekleyen, indirgeme, ağartma ve alev geciktirici gibi diğer önemli özelliklere ve antibakteriyel özelliklere de sahiptir. Borun fizyolojik miktarları, büyüme ve gelişme ile ilgili çeşitli maddelerin metabolizmasını ve tüketimini değiştirebilir. Bu nedenle bor, genellikle cilt, beyin, sindirim sistemi, iskelet ve bağışıklık organları ve sistemleri dahil olmak üzere çeşitli organları ve vücut sistemlerini etkiler. Omurgalılarda, boratlar benzersiz bağlanma ve yapısal özellikleri için gereklidir. Bor çiçeklenme, tohum oluşumu, tozlaşma ve meyve kalitesi için gerekli olan önemli bir besindir. Yeterli bor alımı, polen tüpü oluşumunda ve polen çimlenmesinde rol oynadığından, artan dölleme ve meyve tutumuna yardımcı olması gibi birçok konu önemli görülmüştür. Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerden meydana gelen farklı özellikleri sebebiyle, bor esaslı bileşiklerin birçok endüstride kullanılması konusunda sağladığı avantajlar oldukça fazladır. Bor, moleküllerinin kimyasal tepkimeye girmesi sonucunda oluşan bileşikler tıpkı grafen, karbon gibi elektrik iletkenlik özellikleri yüksek olan ürünler oluşturmaktadır. Aynı zamanda kristalize yapıdaki bor, görünüm ve optik özellikleri bakımından elmas yapısına benzer ve neredeyse onun kadar serttir. Mukavemetli yapısıyla da son yıllarda oldukça öne çıkan malzemelerden biridir. Gerek konvansiyonel ham malzemelerde oluşan yetersizlik, gerekse sürdürülebilir bir üretim akışı için bor kaynaklı ürünlerin kullanımı çok stratejiktir. Çalışma kapsamında ele

alınan kullanım alanlarının daha da yaygın olacağı öngörülmektedir. Bor bileşiklerinin olumlu çevresel etkisi ve uzun süreli yaşam döngüsü bor esaslı malzemelerin önemli avantajlarından. Yapılan araştırmalar ve literatürde yer alan makaleler ışığında bor madenin yıkama maddesi, kompozit dolgu maddesi ve tarım yardımcı kimyasalı olarak kullanımının olumlu sonuç verebileceği düşünülen temizlik, kozmetik, sağlık, otomotiv sektörleri içerisinde yer alabilmesi bakımından detaylı araştırmaların ve laboratuvar çalışmalarının yapılması önerisi sunulabilir.

## Kaynakça

- [1]. Sokmen N., Büyükkakinci B. Y., The Use Of Boron / Boron Compounds In The Text Industry And Their Use In Turkey, Cbu International Innovation Conference Science And Education, March 21-23, 2018, Prague, Czech Republic
- [2]. Baker A., Dutton S., Kelly D., Composite Materials For Aircraft Structures, Properties Of Composite Systems, American Institute Of Aeronautics And Astronautics, Inc. 1801 Alexander Bell Drive, Reston, Va 20191-4344
- [3]. Gelgeç, E., Yildirim, F. F., Tümru, Ş., Çerekcioğlu, M., Developing Flame Retardant Properties Of Cotton Factories With Boron Compounds, Mcbü Soma Profession School Of Technical Science Journal Of The Year: 2018 Issue: 26 Volume: II, Jain, A., Anthonysamy, S., Ananthasivan, K., & Gupta, G. S. (2010). Studies on the ignition behaviour of boron powder. *Thermochimica Acta*, 500(1-2), 63-68.
- [4]. Where Are Boron Mines Located And What Are Their Uses. (2020). Milliyet Newspaper (20.09.2020).
- [5]. General Directorate Of Eti Mining Enterprises, Boron Sector Report, May 2020 Strategy Development Department
- [6]. Y.F. Li, Z. Zhou, J. Zhou *Journal of Chemical Physics*, 127 (2007), p.184705
- [7]. Hunter, H., Hassanin, A., Hamouda, T., Kılıç, A., A Review On The Current State Of Art And Future Problems, *Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Eskisehir Osmangazi University*, *HighPerformance Fibers*: 27, 130-155, 2
- [8]. Foltz, T. (2020). Business Development Director, Composites World, Specialty Materials, Boron Fiber: Original High Performance Fiber
- [9]. M. Hagenbeek, C. Van Hengel, O.J. Bosker, G.A.J.R. Vermeeren *Applied Composite Material*, 10 (2003) pp. 207-222
- [10]. Materials And Processes: Fibers For Composites. (2016, 17 March). Erişim adresi <https://www.compositesworld.com/articles/the-fiber>
- [11]. Elmogahzy Y, Farag R (2018) Tensile Properties Of Cotton Fibers: Their Importance, Research And Limitations. In: Handbook Of The Properties Of Textile And Technical Fibers, 2. Edn. Elsevier, P. 223-273
- [12]. Horrocks Ar (1996) Advances In Heat And Fire Resistant Flame Retardants Textiles— The Role Of Char Formation And Intumescence. *Polym Degrad Stab* 54(2-3):143-154
- [13]. Xue C-H, Zhang L, Wei P, Jia S-T (2016) Fabrication Of Superhydrophobic Cotton Textiles With Flame Retardancy. *Cellulose* 23 (2):1471- 1480.
- [14]. Qiu X, Li Z, Li X, Zhang Z (2017) Flame Retardant Coatings Prepared By Layer By Layer Assembly: A Review. *Chem Eng J* 334: 108-122
- [15]. Ma Y, Cao C, Hou C (2018) Preparation Of Super-Hydrophobic Cotton Fabric With Crosslinkable Fluoropolymer. 477:955-962.
- [16]. Tsafack Mj, Levalois-Grützmacher J (2006) Flame Retardancy Of Cotton Textiles By Plasma-induced Graft-Polymerization (P1gp). *Surf Coat Technol* 201 (6): 2599-2610
- [17]. Zhang D, Williams Bl, Shrestha Sb, Nasir Z, Becher Em, Lofink Bj, Santos Vh, Patel H, Peng X, Sun L (2017) Flame Retardant And Hydrophobic Coatings On Cotton Fabrics Via Sol-Gel And Self-assembly Techniques. *J Colloid Interface Sci* 505: 892-899. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2017.06.087>
- [18]. Vasiljević J, Tomšič B, Jerman Ā, Et Al. (2014) Novel Multifunctional Water-And Oil-repellent, Antibacterial, And Flame-retardant Cellulose Fibers Created By The Sol-Gel Process. *Cellulose* 21(4): 2611-2623
- [19]. Castellano A, Colleoni C, Iacono G, Et Al. (2019) Synthesis And Characterization Of A Phosphorous/Nitrogen Based Sol-Gel Coating As A Novel Halogen-And Formaldehyde-Free Flame Retardant Finishing For Cotton Fabric. *Polym Gradient Stab* 162:148-159
- [20]. Luo X, Weng Y, Wang S, Et Al. (2019) Superhydrophobic And Oleophobic Textiles With Hierarchical Micro-Nano Structure Constructed By Sol-Gel Method. *J Sol-Gel Sci Technol* 89: 820- 829
- [21]. Poly R, Colleoni C, Calvimontes A, Et Al. (2015) Innovative Sol-Gel Route In Neutral Hydroalcoholic Condition To Obtain Antibacterial Cotton Finishing By Zinc Precursor. *J Sol-Gel Sci Technol* 74: 151-160
- [22]. Camlibel No, Arik B (2017) Sol-Gel Applications In Textile Finishing Processes. In: *Recent Applications In Sol-Gel Synthesis*. Recent Appl Sol-Come Synth Intechopen Ltd Uk, Pp 253- 281
- [23]. Rivero P, Goicoechea J (2016) Sol-Gel Technology For Antimicrobial Textiles. In: *Antimicrobial Textiles*. Elsevier, Cambridge, Pp 47-72.
- [24]. Boukhriss A, Gmouh S, Hannach H, Roblin J-P, Cherkaoui O, Boyer D (2016) Treatment Of Cotton Fabrics By Ionic Liquid With P<sub>6</sub>-Anion For Enhancing Their Flame Retardancy And Water Repellency. *Cellulose* 23 (5):3355-3364. <https://doi.org/10.1007/S10570-016-1016-9>
- [25]. Bentis A, Boukhriss A, Grancaric Am, El Bouchti M, El Achaby M, Gmouh S (2019) Flammability And Combustion Behavior Of Cotton Fabrics Treated By The Left Gel Method Using Ionic Liquids Combined With Different Anions. *Cellulose*
- [26]. Boukhriss A, Boyer D, Hannache H, Roblin J-P, Mahiou R, Cherkaoui O, Therias S, Gmouh S (2015) Sol-Gel Based Water Repellent Coatings For Textiles. *Cellulose* 22 (2): 1415-1425
- [27]. Bentis A, Boukhriss A, Boyer D, Gmouh S (2017) Development Of Flame Retardant Cotton Fabric Based On Ionic Liquids Via Sol-Gel Technique. Iop Publishing, Uk, P 122001

- [28]. Deh S, Gähr F, Buchmeiser Mr (2016) Synergistic Effects In The Pyrolysis Of Phosphorus-Based Flame-Retardants: The Role Of Si-And N-Based Compounds. *Polym Gradient Stab* 130: 155-164
- [29]. Rosace G, Castellano A, Trovato V, Et Al. (2018) Thermal And Flame Retardant Behavior Of Cotton Fabrics Treated With A Novel NitrogenContaining Carboxyl-Functionalized Organophosphorus System. *Carbohydrin* 196:348- 358
- [30]. Axit A, Onar N, Kutlu B, Et Al. (2016) Synergistic Effect Of Phosphorus, Nitrogen And Silicon On Flame Retardancy Properties Of Cotton Fabric Treated By Sol–Gel Process. *Int J Cloth Sci Technol* 28: 319-327
- [31]. Grancaric Am, Colleoni C, Guido E, Botteri L, Rosace G (2017) Thermal Behavior And Flame Retardancy Of Monoethanolaminedoped Sol–Gel Coatings Of Cotton Fabric. *Prog Org Coat* 103: 174-181
- [32]. Zhang Q-H, Zhang W, Chen G-Q, Xing T (2015) Combustion Properties Of Cotton Fabric Treated By Boron Doped Silica Sol. *Therm Sci* 19: 1345-1348
- [33]. Zhang Q, Gu J, Chen G, Xing T (2016) Durable Flame Retardant Finish For Silk Fabric Using Boron Hybrid Silica Sol. *Appl Surf Sci* 387: 446-453
- [34]. Levan Sl, Tran Hc (1990) The Role Of Boron In Flame-Retardant Treatments. In: *First International Conference On Wood Protection With Diffusible Preservatives:...* Nashville, Tennessee. Forest Products Research Society, Madison, W1, Pp 39-41
- [35]. Dogan Gbb (2018) Nano-Boron For Textiles. U.S. Patent Application No. 15/762,477
- [36]. B. Walter Rosen, "Mechanics of Composite Strengthening," *Fiber Composite Materials*, American Society for Metals (1964).
- [37]. N. J. Travis & E. J. Cocks, *Tincal Trail*, (Harrap Limited, London, 1984).
- [38]. J. Steiner, *Glastech. Ber.* 66 (6/7) (1993), 165
- [39]. J. Kunckel, *Ars Vitaria Experimentalis* (Frankfurt And Leipzig, 1679), Part I, P. 206; Part Ii P.57-9.
- [40]. J. Cramer, *Elementa Artis Documasticae* (Leyden, 1739). English Translation *Elements Of The Art Of Metal Analysis* (London, 1741), P 440, N. 33.
- [41]. R. E, *Handmaid Ofthe Arts* (London, 1796), New Edition, Vol N, Pp 171,188-9 Op. Fence. Proa Second Int. Conf. Glasses On Borates, Crystals And Melts 321
- [42]. K. L. Loewenstein, *Manufacturing Technology Of Continuous Glass Fibers*, *Glass Science And Technology* 6, 3. Edition, (Elsevier 1993).
- [43]. A. De Dani, *Monthly Newsletter For The Glass Industry*, C. E. Ramsden & Co. Co., 370 May (1965).
- [44]. P. F. Aubourg & W W Wolf, In: *Commercial Glasses, Advances In Ceramics Voll8*, Eds. C. Boyd & J. F. Macdowell (Amer. Ceram S, Oc, Oh, Io, 1986), 51.
- [45]. R. L. Tiede & F. V Tooley, *Us Patent* 2,571,074 (1951), Owens-Corning
- [46]. U. E. Bowes, *U. S. Patent* 2,308,857 (1943), Owens-Corning
- [47]. A. Krishna Chaitanya, Biplab Pal, Sajal Pati And Shrikant Badole, *The Role And Management Of Boron In Plant Production, Popular Kheti*, 2014
- [48]. Çetinkaya, E., Dönmez, K. B., Deveci, S., Doğu, M., Şahin Y. (2014). Determination Of Plant Available Boron In Agricultural Soil By Using Voltammetric Method, *Eurasian Soil Science*
- [49]. Tanaka M, Fujiwara T (2008) Physiological Roles And Transport Mechanisms Of Boron: Perspectives From Plants. *Eur J Physiol*
- [50]. Goldbach He, Wimmer Ma (2007) Boron In Plants And Animals: Is There A Role Beyond Cell Wall Structure? *J Plant Nutr Soil Sci*
- [51]. Waqar Ahmad, A. Niaz, P. Kanwal, Rahmatullah And M. Khalid Rasheed, *The Role Of Boron In Plant Growth: A Review, Journal Of Agricultural Research*, January 2009
- [52]. Kohorn Bd, Kobayashi M, Johansen S, Friedman Hp, Fischer A, Byers N (2006) WallBound Kinase 1 (Wak1) Is Cross-Linked In Endomembranes And Its Transport To The Cell Surface Requires Accurate Cell Wall Synthesis. *J Cell Sci*
- [53]. Barranco Wt, Eckhart Cd (2004) Boric Acid Inhibits Human Prostate Cancer Cell Proliferation. *Cancer Lett*
- [54]. Ryden P, Sugimoto-Shirasu K, Smith Ac, Findlay K, Reiter Wd, Mccann Mc (2003) Tensile Properties Of Arabidopsis Cell Walls, And Ksilogluka Cross-Linked Borate Complex Depends On Both The Network Mikrofibri Ramnogalakturonan Ii. *Plant Physiol*
- [55]. Brown Ph, Bellaloui N, Wimmer Ma, Bassil Es, Ruiz J, Hu H, Pfeffer H, Dannel F, Römheld V (2002) Boron In Plant Biology. *Plant Biol* 4
- [56]. Ma, Ishii T, Albersheim P, Darvill Ag (2004) Rhamnogalacturonan Ii: Structure And Function Of Borate Cross-Linked Cell Wall Pectic Polysaccharide. *Ann Rev Plant Biol*
- [57]. Noguchi K, Ishii T, Matsunaga T, Kakegawa K, Hayashi H, Fujiwara T (2003) Biochemical Properties Of The Cell Wall In Boridopsis Mutant Bor1–1. *J Plant Nutr Soil Sci*
- [58]. Ishii T, Matsunaga T, Iwai H, Satoh S, Taoshita J (2002) Germanium Does Not Replace Boron In The Crosslinking Of Ramnogalacturonan Ii In Pumpkin Cell Walls. *Plant Physiol*
- [59]. O'Neill M, Eberhard S, Albersheim P, Darvill A (2001) Borate Cross-Binding Of Cell Wall Ramnogalacturonan Ii For Arabidopsis Growth.
- [60]. Goldbach He, Yu Q, Wingender R, Schulz M, Wimmer M, Fineklee P, Baluska F (2001) Rapid Response Reactions To Boron Absence Of Roots. *J Plant Nutr Soil Sci* 164
- [61]. Ozturk, M., Sakcali, S., Gucl, S., and Tombuloglu, H., *Boron And Plants*, March 2010
- [62]. M. Saleem1, P.M. Khanif, C.I. Fauziah, A.W. Samsuri And B. Hafeez1, Efficiency Of Crushed Ore Colemanite As Boron Fertilizer For Rice Grown Under Calcareous Soil Conditions, *Pak. J. Pain. Sci.*, Vol. 50(1), 37-42; 2013
- [63]. Sahin, S. (2014). Effect Of Boron Fertilizer Applications On The Growth And B, N Uptake Of Maize (*Zea Mays L.*) Under The Different Soils, *Journal Of Food, Agriculture & Environment* Vol.12 (2): 1323-1327.



- [64]. Hosakere Shivanna Kumaraswamy<sup>1\*</sup>, Vinjamuri Bharat<sup>2</sup>, T. Krishna Rao<sup>2</sup>, Effect Of Boron Fiber Powder And Graphite Supplements On Physical And Mechanical Properties Of Aluminum 2024 Alloy Manufactured By Mixing Casting, *Journal Of Minerals And Materials Characterization And Engineering*, 2019, 7, 103-116
- [65]. N. Brack<sup>1</sup>, A. N. Rider<sup>2</sup>, B. Halstead<sup>1</sup> And P. J. Pigram<sup>1</sup>, Surface Modification Of Boron Fibers To Increase Strength In Composite Materials, *J. Adhesion Sci. Technol.*, V.Be. 19, No. 10, P. 857- 877 (2005)
- [66]. Fatih Euphrates, Gas Phase Reaction Requirements For A Master's Degree In Chemistry In Boron Fiber Production, *Partially Engineering*, June 2004
- [67]. Sturwold, R.J. Cincinnati-Vulcan Co., U.S. Patent, 4,675,125, 1987.
- [68]. 1998 The Soap and Detergent Association, Boron
- [69]. Jy Huang And Yt Zhu, "Advances In The Synthesis And Characterization Of Boron Nitride" *Defect And Diffusion Forum*, Vol. 186-187, No. 1, 2000, Pages 1-32.
- [70]. Wj Yu, Wm Lau, Sp Chan, Zf Liu, And Qq Zheng, "An Initial Study Of Phase Transformations In Boron Nitride," *Physical Review B*, Vol. 67, No. 1, 2003, P. 14108-14116. Doi: 10.1103 / Physrevb.67.014108
- [71]. Y. Chen, M. Conway, J. S. Williams, And J. Zou, "Large Quantity Production Of High-Yield Boron Nitride Nanotubes", *Journal Of Materials Research*, Vol. 17, No. 8, 2002, P. 1896-1899. Doi: 10.1557 / Jmr.2002.0281
- [72]. C. Zhi, Y. Marching Band, C. Tang And D. Golberg, " Boron Nitride Nanotubes, " *Materials Science And Engineering R*, Vol. 70, No. 3-6, 2010, P. 92-111. Doi: 10.1016 / J.Mser.2010.06.004
- [73]. S. Komatsu, Y. Shimizu, Y. Moriyoshi, K. Okada And M. Mitomo, " Preparation Of Boron Nitride Nanocapsules By Plasma-Assisted Pulsed Laser Deposition, " *Journal Of Applied Physics*, Vol. 91, No. 9, 2002, P. 6181-6184. Doi: 10.1063 / 1.1461889 [Citation Time: 1]
- [74]. T. Read, M. Kuno And H. Kitahara, " Formation, Atomic Structures And Properties Of Boron Nitride And Carbon Nanosage Fullerene Materials, " *Internacional Journal Of Inorganic Materials*, Vol. 7, 2001, Page 597-612. Doi: 10.1016 / S1466-6049 (01) 00169-6
- [75]. P. Dibandjo, L. Bois, F. Chassagneux And P. Miele, " Thermal Stability Of Mesogespacific Boron Nitride Template With Cationic Surfactant", *Journal Of The European Ceramic Society*, Vol. 27, No. 1, 2007, P. 313-317. Doi: 10.1016 / J.Jeurceramsoc2006.04.178 [Citation Time: 1]
- [76]. Ly Chen, Yi Gu, L. Shi, Zh Yang, Jh Ma, And Yt Qian, "Room Temperature Approach To Boron Nitride Hollow Spheres", *Solid State Communication*, Vol. 130, No. 8, 2004, P. 537-540. Doi: 10.1016 / J.Ssc.2004.03.009 [Citation Time: 1] 10.1007 / S13233-010-0601-2 [Citation Time: 1]
- [77]. H. J. Hwang, Nam Barakat, Ma Kanjwal, Fa Sheikh And Hy Kim, "Boron Nitride Nonofibers With Electrospinning Technique," *Macromolecular Research*, Vol. 18, No. 6, 2010, P.551-557. Doi: 10.1007 / S13233-010-0601-2 [Citation Time: 1]
- [78]. Rs Galleoncu, " Bn Powder Synthesis At Low Temperatures " *Ceramic Engineering And Science Proceedings*, Vol. 6, No. 9-10, 1985, P. 1356-1363. Doi: 10.1002 / 9780470320297. Ch18 [Citation Time: 1]
- [79]. L. Gao And J. Li, " Preparation Of Nanostructured Hexagonal Boron Nitride Powder", *Journal Of The American Ceramic Society*, Vol. 86, No. 11, 2003, P. 1982-1984. Doi: 10.1111 / J.1151- 2916.2003.Tb03596.X [Citation Duration: 1]
- [80]. J. E Costa And E. Lascaz, " Fotoprotectores " *Medicina Cutánea Ibero-Latino Americana A*, Vol. 29, No. 3, 2001, P. 145-152. [Citation Time: 1]
- [81]. Lh Kligman, " Intensification Of Ultraviolet-Induced Skin Damage By Infrared Radiation, " *Archives Of Dermatological Research*, Vol. 272, No. 3-4, 1982, Pp. 229-238. Doi: 10.1007 / Bf00509050 Doi: 10.1007 / Bf00509050 [Citation Period: 1]
- [82]. S. Cho, Mh Shin, Yk Kim, Je Seo, Ym Lee, Ch Park, And Jh Chung, "Effects Of Infrared Radiation And Heat On Human Skin Aging In Vivo", *Journal Of Investigative Dermatology Symposium Proceedings*, Vol. 14, No. 1, 2009, P. 15-19. Doi: 10.1038 / Jidsymp.2009.7
- [83]. C. Calles, M. Schneider, F. Macaluso, T. Benesova, J. Krutmann And P. Schroeder, " An Infrared Radiation Affects Skin Fibroblast Transcriptoma: Mechanisms And Results, " *Journal Of Investigative Dermatology*, Vol. 130, No. 6, 2010, P. 1524-1536. Doi: 10.1038 / Jid.2010.9
- [84]. Sm Schieke, P. Schroeder And J. Krutmann, " Cutaneous Effects Of Infrared Radiation: From Clinical Observations To Molecular Response Mechanisms, " *Photodermatology Photoimmunology & Photomedicine*, Vol. 19, No. 5, 2003, P. 228-234. Doi: 10.1034 / J.1600-0781.2003.00054.X [Citation Duration: 2]
- [85]. J. Flor, M. R. Davolos And M. A. Correa, "Protectores Solares," *Química Nova*, Vol. 30, No. 1, 2007, P. 153-158. Doi: 10.1590 / S0100- 40422007000100027 [Citation Period: 1]
- [86]. Ansell, JM, Ito, K. Report for International Cooperation of Cosmetic Regulation. Associations Survey of Nanomaterials Used in Cosmetic Products. 2011.
- [87]. Devrian Ta, Volpe SI (2003) Physiological Effects Of Dietary Pipe. *Crit Rev Food Sci* 43
- [88]. Ricardo A, Carrigan Ma, Olcott An, Benner Tu (2004)
- [89]. Naghii MR, Samman S. The effect of boron supplementation on its urinary excretion and selected cardiovascular risk factors in healthy male subjects. *Biol Trace Elem Res*. 1997;56(3):273-286.
- [90]. Smith Ra, Mcbroom Rb (2000) Boron Oxides, Boric Acid And Borates. *Kirk-Othmer Chemical Tecnology Encyclopedia*
- [91]. Mogoşanu Gd, Biţă A, Bejenaru Le, Bejenaru C, Croitoru O, Rău G, Rogoveanu Oc, Florescu Dn, Neamţu J, Scorei Id, Scorei Rı (2016) Calcium Fructoborate For Bone And Cardiovascular Health. *Biol Trace Elem Res*
- [92]. Kurtoğlu F, Kurtoğlu V, Celik I, Kececi T, Nizamlioğlu M (2005) Adequate Or Insufficient Cholecalciferol (Vitamin D3) Content Of Dietary Boron Supplements. *Br Poult Sci*
- [93]. Kabu M, Civelek T (2012) Effects Of Propylene Glycol, Methionine And Sodium Borate On Metabolic Profile During Periparturient Period In Dairy Cattle. *Rev Med Vet* 163 (8): 419-430

- [94]. Haseeb K, Wang J, Xiao K, Yang Kl, Sun Pp, Wu Xt, Song H, Liu Hz, Zhong Jm, Peng Km (2017) Effects Of Boron Supplementation On Hsp70 Expression In The Spleen Of African Ostrich
- [95]. Nielsen Fh, Shuler Tr (1992) Studies On The Interaction Between Boron And Calcium In Rats And Its Modification By Magnesium And Potassium.
- [96]. Volpe Sl, Taper Lj, Meacham S (1993) The Relationship Between Boron And Magnesium Status In Humans And Bone Mineral Density: A Review. *Magnes Res*
- [97]. Ghanizadeh G, Babaei M, Naghii Mr, Mofid M, Torkaman G, Hedayati M (2014) The Effect Of Increased Intake Of Calcium, Vitamin D, Boron And Fluoride On Bone Mechanical Properties And Metabolic Hormones In Rats. *Toxicol Ind Health* 30
- [98]. Zanka T, Sigler K (2008) Biologically Active Compounds Of Semi-Metals. *Breeder Nat*
- [99]. Chen X, Schauder S, Potier N, Van Dorsselaer A, Pelezer I, Bassler Bl, Hughson Fm (2002) Structural Identification Of A Boron-Containing Bacterial Majority Detection Signal.
- [100]. Amine Sa, Kupper Fc, Green Dh, Harris Wr, Carrano Cj (2007) Boron Binding By A Siderophore Isolated From Marine Bacteria Associated With The Toxic Dinoflagellate *Gymnodinium Catenatum*. *J Am Chem Soc*
- [101]. Bolanos L, Lukaszewski K, Bonilla I, Blevins D (2004) Why Bor? *Plant Physiol Biochemistry*
- [102]. Wolkenstein K, Gross Jh, Falk H (2010) Boron-Containing Organic Pigments From Jurassic Red Algae. *Proc Natl Acad Sci*
- [103]. Miwa K, Fujiwara T (2010) Boron Transport In Plants: Coordinated Regulation Of Shippers.
- [104]. Ahmed I, Yokota A, Fujiwara T (2007) A New High Boron-Tolerant Bacterium, *Bacillus Boroniphilus* Sp. November, Isolated From Soil, Requiring Boron To Grow. *Extremophiles* 11
- [105]. Bolaños L, Redondo-Nieto M, Bonilla I, Wall Lg (2002) Boron In The Symbiotic Relationship Of *Discaria Trinervis* (Rhamnaceae) And *Frankia*. *Frankia Bcu110501 Growth And Its Importance For Nitrogen Fixation*
- [106]. Bolaños L, Redondo-Nieto M, Rivilla R, Brewin Nj, Bonilla I (2004) Cell Surface Interactions Of *Rhizobium* Bacteroids And Other Bacterial Strains With Symbiosomal And Peribacteroid Membrane Components From Pea Nodules. *Mol Plant-Microbe Interact*
- [107]. Bonilla I, Garcia-González M, Mateo P (1990) Possible Role Of Boron In The Early Evolution Of Photosynthetic Organisms In Cyanobacteria.
- [108]. Hunt Cd (2003) Dietary Boron: An Overview Of The Evidence For Its Role In Immune Function. *J Trace Elem Exp Med*
- [109]. Moustafa Sr (2015) Clinical Relationship Between Boron, Caesium, Rhenium And Rubidium Changes And The Pathogenesis Of Atherosclerosis.
- [110]. Söğüt I, Paltun So, Tuncdemir M, Ersoz M, Hurdag C (2017) Antioxidant And Anti-Apoptotic Effect Of Boric Acid On Hepatotoxicity In Chronic Alcohol-Fed Mice. *Can J Physiol Pharmacol*
- [111]. Coates Pm, Blackman M, Betz Jm, Cragg Gm, Levine Ma, Moss J, White Jd (2010) Boron: In The Encyclopedia Of Dietary Strategies.
- [112]. Nielsen F. H. (2008). Is Boron Nutritionally Relevant? *Nutrition Reviews®* Vol. 66(4):183–191 183, <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2008.00023.x>
- [113]. Henderson K, Stella Sl, Kobylewski S, Eckhart Cd (2009) Receptor-Active Ca (2+) Signaling Is Inhibited By Boric Acid In Prostate Cancer Cells. *Plos*
- [114]. Willow I, Capricorn A, Kartkaya K, Ol Kk, Willow Ms, Kanbak G, Inal Me (2015) The Effect Of Boric Acid On Oxidative Stress In Fetal Alcohol Syndrome. *Experiment Med* 9
- [115]. Üstündağ A, Behm C, Follmann W, Duydi Y, Degen Gh (2014) Protective Effect Of Boric Acid On Lead And Cadmium-Induced Genotoxicity In V79 Cells. *Arch Toxicol* 88
- [116]. Çoban Fk, Ince S, Küçük Kurt I, Demirel Hh, Hazman O (2015) Boron Reduces Malathion-Induced Oxidative Stress And Acetylcholinesterase Inhibition In Mice. *Drug Chem Toxicol* 38
- [117]. Ince S, Keles H, Erdoğan M, Hazman O, Küçük Kurt I (2012) Protective Effect Of Boric Acid Against Carbon Tetrachloride-Induced Hepatotoxicity In Mice. *Drug Chem Toxicol* 35
- [118]. Ince S, Küçük Kurt I, Liğerci Ih, Fatih Fa, Eryavuz A (2010) Effects of Dietary Boric Acid And Borax Treatments On Lipid Peroxidation, Antioxidant Activity And Dna Damage In R.