

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Baklagillerde Bor Beslenmesi

Fatma Pınar TOYGAR

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

(Eylül 2024)

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

Baklagillerde Bor Beslenmesi

Fatma Pınar TOYGAR

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 02/12/2024 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çoğunluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri: Doç. Dr. Kemal Yalçın GÜLÜT

Prof. Dr. Ayfer ALKAN TORUN

Doç. Dr. Halil ERDEM

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1 Bor.....	3
2.2. Toprakta Bor	3
2.3. Bitkide Bor.....	5
2.3.1. Bitkide Bor Noksanlığı.....	6
2.3.2. Bitkilerde Bor Fazlalığı.....	7
2.4. Baklagil Bitkilerine Genel Bakış	7
2.4.1. Baklagiller ve Bor	8
2.4.1.a. Börülce	9
2.4.1.b. Yonca.....	12
2.4.1.c. Nohut	14
2.4.1.d. Soya Fasulyesi.....	17
2.4.1.e. Mercimek.....	28
2.4.1.f. Fasulye	33
2.4.1.g. Yer Fıstığı	39
3. MATERYAL VE METOT	45
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
KAYNAKÇA.....	51
ÖZGEÇMİŞ	65

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Baklagillerde Bor Beslenmesi

Fatma Pınar TOYGAR

Danışman: Doç. Dr. Kemal Yalçın GÜLÜT

İkinci Danışman: Prof. Dr. M. Bülent TORUN

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

ÖZ

Bor (B) elementi bitkiler tarafından az miktarda gereksinim duyulan ve eksikliği ve toksisite sınırları birbiriyle oldukça yakın olan bir mikro elementtir. Bitkilerde optimum büyüme ve verimliliğin sağlanabilmesi için bitkilerde B'un yeterli düzeyde bulunması gereklidir. Yapılan araştırmalar, son yıllarda mikro elementlerin bitkiler üzerindeki etkilerin giderek arttığını göstermektedir. Bu nedenle B, bitki beslemede vazgeçilmez bir bitki besin elementi olarak değerlendirilmektedir.

Bitki türleri arasında B ihtiyacı önemli farklılık göstermektedir. Özellikle baklagil bitkileri, yüksek protein içeriğine sahip olmaları ve azot (N) fikse etme özellikleri nedeniyle ihtiyacı yüksek olan bitki grupları arasında yer almaktadır. Bu özellikleri, baklagil bitkilerinin üretiminde artışı hem bitkisel hemde insan beslenmesi açısından önemli hale getirmektedir. Ayrıca, B insan sağlığı açısından da önemli bir role sahip olduğundan, bu alanda çeşitli araştırmalar yürütülmektedir.

Bu tez çalışmasında, baklagil bitkilerinin B beslenmesiyle ilgili literatürde yer alan araştırmalar derlenmiş ve kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bor, Baklagiller, Bor Beslenmesi

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

Boron Nutrition in Legumes

Fatma Pınar TOYGAR

Advisor: Doç. Dr. Kemal Yalçın GÜLÜT

Second Advisor: Prof. Dr. M. Bülent TORUN

Department of Soil Science and Plant Nutrition

ABSTRACT

Boron (B) is a micro element that is required by plants in small amounts and whose deficiency and toxicity limits are quite close to each other. In order to ensure optimum growth and productivity in plants, B must be present at sufficient levels. Research has shown that the effects of micro elements on plants have been increasing in recent years. For this reason, B is considered an indispensable nutrient element in plant nutrition.

B requirements vary significantly among plant species. Legumes in particular are among the plant groups with high requirements due to their high protein content and nitrogen (N) fixing properties. These features make the increase in the production of legumes important for both plant and human nutrition. In addition, since B also has an important role in human health, various studies are being conducted in this area.

In this thesis, studies in the literature on B nutrition of legume plants were compiled and evaluated comprehensively.

Key words: Boron, Legumes, Boron Nutrition

TEŞEKKÜR

Öncelikle Yüksek Lisans tez konusunun seçiminde, tezimin her aşamasında değerli bilgi ve birikimleriyle bana yol gösteren, her zaman yardımcı olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Kemal Yalçın GÜLÜT'e sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını ve tecrübelerini esirgemeyen bilgileriyle her zaman bize destek olan, yol gösteren sayın hocam Prof. Dr. M. Bülent TORUN'a danışmanlığı için sonsuz teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında bana yardımlarını esirgemeyen aileme; annem Ayfer TOYGAR'a ve kız kardeşim Melike TOYGAR'a destekleri için sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca her daim yanımda olan hiçbir zaman beni yalnız bırakmayan canım arkadaşım Cemre KART'a ve yardımlarını esirgemeyen Ali ZAYİF'e sonsuz teşekkür ederim.

Her zaman her konuda yardımcı olan araştırma görevlisi Mehmet IŞIK hocam ve arkadaşım Taofeek WAHAB'a teşekkür ediyorum.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Bazı tarla bitkileri ile bazı sebzelerin B istekleri, optimum yetiştirme için toprakların elverişli B düzeyleri	4
Çizelge 2. Bitkilerde B alım kapasitesi	6



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

B	: Bor
Fe	: Demir
Cu	: Bakır
Zn	: Çinko
Mn	: Mangan
B ₂ O ₃	: Boroksit
B(OH) ⁻⁴	: Borik asit
CO ₂	: Karbondioksit
H ₃ BO ₃	: Borik asit
RNA	: Ribonükleik asid
P ₂ O ₅	: Fosfor penta oksit
C/B	: Karbon bor oranı
da	: dekar
g	: gram
ha	: hektar
mg	: miligram
ppm	: mg/kg
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nation

1. GİRİŞ

Toprak kimyasının temelinde bitki besin elementleri yer almaktadır. Bitkiler, büyüme ve gelişimlerini sürdürebilmek için belirli besin elementlerine gereksinim duyarlar. Bu elementlerin bir kısmını topraktan, havadan ve sudan temin edebilseler de sağlıklı gelişim için mutlaka yeterli düzeyde ve dengeli bir şekilde karşılanması gereken temel besin elementlerine ihtiyaç duymaktadırlar (Öztaş ve ark., 2013). Tarımsal üretimdeki artış ile topraklardaki besin elementi dengesini bozmakta ve bitkilerin besin elementi ihtiyacı artmaktadır (Cüre 2022).

Son yıllarda mikro element eksiklikleri, tarımsal üretimde giderek daha ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bitki besin elementleri arasında yer alan B, önemli bir mikro element olup bitkisel üretimde eksikliği en sık gözlemlenen besin maddelerinden biridir. B eksikliği, özellikle hem düşük hem de yüksek pH değerine sahip topraklarda daha belirgin hale gelmekte ve Türkiye topraklarında yaygın bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır (Barut ve ark., 2018).

Türkiye topraklarında B dağılımına ilişkin yapılan değerlendirmelerde, toprakların %46.2'sinin çok düşük veya yetersiz, %31.1'inin yeterli, %19.4'ünün yüksek ve %3.3'ünün ise aşırı yüksek bor seviyesine sahip olduğu tespit edilmiştir (Arcak 2010).

Bitki beslenmesi, son yıllarda hızla gelişen modern tarım teknikleri, geliştirilen/ıslah edilen yeni bitki çeşitleri ve amenajman uygulamaları gibi önemli faktörler tarafından yönlendirilmektedir. Yapılan araştırmalar B elementinin bitkilerde birçok metabolik aktivitede görev yaptığını araştırmalar ile ortaya koymuştur. B bitkilerde tohum çimlenmesi, kök uzaması, protein, fotosentez, karbonhidrat metabolizması, oksin hormonu ve hücre duvarı gibi birçok fizyolojik süreçte önemli roller üstlenirken aynı zamanda bitkinin P ve Ca alımında arttırıcı etkide rol oynamaktadır (Güneş ve ark., 2017). B elementi eksikliğinde, bitkilerin büyüme noktalarındaki gelişim gerilemeye başlamaktadır. Bu eksiklik ilerledikçe hem generatif hem de vejetatif organların gelişimi olumsuz etkilenmekte ve fenolik bileşiklerin birikimine neden olmaktadır. Bitkide B elementi yetersiz düzeyde olduğunda, eksiklik belirtileri ilk olarak genç kısımlarda gözlemlenmektedir. Büyüme kısımlarında sarı ve kırmızı renklerin oluşmasıyla kendini göstermekte ve yaprak renginde ise sarımsı renk değişimleri şeklinde görülmektedir (Karaman ve ark., 2012; Adiloğlu ve ark., 2020).

B noksanlığı, yüksek kum içeriğine sahip, organik madde bakımından fakir, yıkanmanın yoğun olduğu ve kireçlenmenin sürekli olarak meydana geldiği asidik topraklarda daha sık görülmektedir. Baklagil bitkilerinin B ihtiyacının yüksek olmasının başlıca nedenlerinden biri, N fiksasyonu ve nodül oluşum süreçlerinin B noksanlığından büyük ölçüde etkilenmesidir (Bolanos ve ark., 1996).

Örneğin, baklagil bitkilerinden olan bezelyenin B noksanlığı bulunan koşullarda yetiştirilmesi, nitrogenaz enzim aktivitesinin azaldığını ve köklerde nodül oluşumunun önemli ölçüde gerilediği görülmüştür (Bolanos ve ark., 1996; Bulut 2007).

Baklagil bitkileri havadaki N’u toprağa bağlama ve köklerinde N fikse eden bakterileri barındırmalarından dolayı, pekçok kültür bitkisinin yetişmemesinin zor olduğu bölgelerde/yerlerde yetişerek insanların temel gıda gıda ihtiyacını karşılamaktadır. İnsanlar, uzun bir süredir tüketmekte oldukları baklagillerin; protein, diyet lifleri, başta folat olmak üzere vitaminler ve mineraller (demir (Fe), çinko (Zn) ve magnezyum (Mg)) açısından önemli besin kaynakları olduğunu bilmektedirler. Bunların yanısıra, baklagillerin bünyelerinde bulunan saponinler, fitokimyasallar ve tanenler gibi bileşikler, kalp damar hastalıkları ve kansere karşı koruyucu etki sağladığı bilinmektedir (Sarioğlu ve Velioğlu 2018).

Baklagiller familyası; yonca, taze fasulye, bezelye, acı bakla, soya fasulyesi, alfa alfa, kuru fasulye, bakla, yerfıstığı, bezelye, mercimek ve nohut gibi bitkileri içermektedir. FAO bakliyatları, baklagillerin alt grubu olarak tanımlamakta ve bunları insanlar ve hayvanlar tarafından yenileceği tohumlar olarak değerlendirmektedir. FAO bakliyatı yenilebilir; kuru ve düşük yağ içerikli baklagiller olarak tanımlamaktadırlar. Bununla birlikte, FAO, baklagillerin sebze olarak kullanılan çeşitlerini (örneğin, taze bezelye ve taze fasulye), yağ elde etmek için yetiştirilen çeşitlerini (örneğin, soya fasulyesi ile yerfıstığı) ve yem bitkisi olarak kullanılan çeşitlerini (alfa alfa ve yonca) bakliyat kategorisine dahil etmemektedir (FAO 2016).

Bitkiler büyüme ve gelişme sırasında B uygulamasına çok değişik tepkiler göstermişlerdir. Önceden yapılmış olan çalışmalara bakıldığında; B’un noksan olduğu koşullarda B uygulaması yapıldığında baklagil bitkilerinin olumlu bir tepki verdiğini, baklagiller içerisinde en değişik tepkinin bezelye bitkisi tarafından gösterildiği bildirilmiştir (Hamurcu ve ark., 2006).

B elementi, bitki besleme çalışmalarında temel bir unsur olarak kabul edilmekle birlikte, yapılan araştırmalar, bu elementin bitkiler için belirli bir seviyeye kadar yeterli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, ülkemiz tarımında önemli bir yere sahip olan baklagil bitkilerinin genel özellikleri ve B uygulamasının ve yetersiz koşullarda bitki besleme üzerine yapılan araştırmaların derlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Bor

Genel olarak B elementi; gübre, ilaç sanayisi gibi birçok alanda kullanılmaktadırlar. Bor minerali uzun zamanlar öncesinde de kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmiştir. Yerkabuğunda 51. yaygın element olarak boratlar ve borosilikatlar halinde yer alırlar. Bor elementinin sembolü “B” ile gösterilmekte ve periyodik cetvelde IHA grubunda bulunup metal olmayan tek elementidir. Doğada hiçbir zaman tek başına bulunmayan B elementi, genel olarak bileşikler olarak bulunur.

Atom numarası 5 olan bor elementinin, atom ağırlığı 10.8, ergime noktası yaklaşık 2300 ve özgül ağırlığı 2.30-2.46 °C’dir. B elementinin amorf bir toz halindeki rengi koyu-kahverengidir. Ancak çok gevrek ve sert yapılı monoklinik kristal halinin rengi ise sarımsı-kahverengidir. B elementi elmaştan sonra en sert elementtir (Ediz ve Özdağ, 2001).

Oksijene karşı toleransı oldukça yüksek olan bor elementinin şartlar uygun olduğu zaman oksitleri ortaya çıkmaktadır. B oksitler alkali ve toprak alkali elementlerle birleşerek B bileşiklerini oluşturmaktadır. Uzun yıllardır bor içeren doğal olarak oluşmuş olan bu minerallere boratlar denilmekte ve kullanılmaya devam edilmektedir.

Doğaya baktığımızda B elementini 250’den fazla mineralin yapısında görmekteyiz. Bor elementi ekonomik olarak B mineralleri; Mg, Na, Ca elementleriyle hidrat bileşikleri halinde bulunmaktadırlar. Dünyada B elementi bulunan yüzlerce mineral olmasına rağmen bu oran içerisinde ticari öneme sahip olanların sayısı çok azdır. B elementinin ticari değere sahip olması ne kadar B₂O₃ bulunmasıyla orantılıdır. B minerallerinden ticari özellik gösterenlere baktığımızda; Tinkal, Kolemanit Probertit, Szaybelit, Hidroborasit Borasit, Pandemit, Kernit ve Üleksit gibi mineralleri görmekteyiz (Yücel, 2010).

Ülkemiz dünyada en fazla B rezervine sahip ülkedir. Dünya B rezervinin %72 sahip olan Türkiye’yi rezerv bakımından baktığımızda Rusya ve ABD izlemektedir. Büyük oranda B rezervine sahip olan Türkiye dünya toplam B üretiminin %35’ini karşılamakta olup dünya pazarının ise %37’sine hâkimdir (Yenmez, 2009).

2.2. Toprakta Bor

Bor bitkilerin normal büyümesi için gerekli bir mikro elementtir. B elementinin topraktaki toksiklik ve noksanlık aralığı az olan bir elementtir. Bitki gelişiminin iyi olabilmesi için topraktaki B’un 0.3 ppm’den daha fazla ve yüksek olması gerekmektedir (Reisenauer ve ark., 1973). Bu aralığın azlığı ve toksikliği toprağın B içeriğine ve türüne bağlıdır. Bitki için yararlı olan ve toprak çözeltisinde bulunan B, toprakta bulunan B’un %3’ten azına denk gelmektedir (Mengel ve Kirkby 1987). Dünyanın birçok bölgesinde topraktan kaynaklanan B eksikliği veriminde ciddi kayıplara neden olmakla birlikte son 60 yıl içerisinde 15 milyon ha alanda B gübrelemesinin uygulandığını bildirmektedir (Shorrocks, 1997).

B toksisitesi kurak ve yarı kurak alanlarda daha fazla ortaya çıkmaktadır. B fazlalığının gerek sulama sularında veya toprakta yüksek bulunması ürün kayıplarına neden olmaktadır. Genel olarak bakıldığında büyük olarak görülen bu sorunun belirtisi yarı kurak bölgelerde görülmektedir (Staiger ve Machelet, 1984).

Topraklarda bulunan B elementi konsantrasyonu genelde 20 ile 200 mg/kg aralığında bulunmaktadır. Toprakta bulunan B'un %5'ten aşağıda olması bitkiler için faydalı formda bulunmaktadır (Gupta U.C., 1968).

Toprakta farklı şekillerde bulunan B;

- 1) Toprak çözeltisinde H_3BO_3 ve $B(OH)_4^-$ iyonları şeklinde,
- 2) Organik maddede bağlı olarak
- 3) Mineraller ve kayaların içinde,
- 4) 4)Killerin ve Fe ile Al yüzeylerinde tutulmuş olarak bulunmaktadır.

Türkiye'de Orta Anadolu Bölgesinin başta olmasına bakarak bitkilerin kurak ve yarı kurak olan iklim bölgelerinde ve toprakların B içeriklerinin yüksek olması bu topraklarda yetişen birçok bitki çeşidinde B toksisitesinden kaynaklanan verimde kayıplara neden olmuştur (Anonymous, 1982).

B'un alınmasını etkileyen ve sınırlayan toprak faktörü toprak pH'sıdır. Topraklarda görülen pH'nın artması toprak kireçlenmesini artırarak B'un alınmasını engellemektedir (Bartleta ve Picarelli, 1973; Bennett ve Mathias, 1973).

Genel olarak bakıldığında; B elementi noksanlığı bütün toprak tekstür sınıflarında görülse de B noksanlığı hafif tekstürlü topraklarda ağır tekstürlü topraklara göre daha çok rastlanmaktadır. B elementinin ve B'un bileşiklerinin sularda ve toprakta belirli miktarda bulunması insan, hayvan ve bitkilere etkisinin zararlı olduğunu tespit etmişlerdir (Göncü, 1982).

Toprakların satürasyon ekstraktında 0.7 ppm B içeriğinin hassas olan bitikler için normal tolere edilebilir sınır olarak kabul edilmektedir (Sezen, 1988). Bazı tarla bitkileri ile bazı sebzelerin B istekleri ve optimum yetiştirmeleri için toprakların elverişli olan B düzeyi Çizelge 1'de verilmiştir (Berger, 1949).

Çizelge 1. Bazı tarla bitkileri ile bazı sebzelerin B istekleri, optimum yetiştirme için toprakların elverişli B düzeyleri

Fazla B isteyen bitkiler (>0.5 ppm)	Orta düzeyde B isteyen bitkiler (0.1-0.5 ppm)	Az düzeyde B isteyen bitkiler (<0.1 ppm)
Karalahana	Yerfıstığı	Bezelye
Yonca	Havuç	Mısır
Çayır üçgülü	Domates	Çilek
Ayçiçeği	Soğan	Fasulye
Turp	Ceviz	Çavdar
Lahana	Şeftali	Arpa
Şeker pancarı	Pamuk	

Satürasyon ekstraktında sınırlara bakıldığında; 0.7 ppm'e kadar olan hassas bitkilerin zarar görmediğini, 0.7-1.5 ppm düzeyinin kabul olabilir konsantrasyon olduğunu, 1.5 ppm'den daha yüksek olan B seviyesinin kabul edilebilir düzeyinin üzerinde olduğunu ve bitkiler için zararlı olabileceği görülmektedir. Baklagil bitkileri olan çayır üçgülü fazla B isteyen bitkiler, yine baklagil bitkisi olan yer fıstığı orta düzey B isteyen ve baklagil bitkisi olan fasulye az düzeyde B isteyen bitkiler arasındadır.

2.3. Bitkide Bor

Bitkilerin büyüme ve gelişimleri için bitkilerde az veya çok bulunan ve bitkileri yaşamlarını sürdürebilmeleri için ek olarak az miktarlarda olsa da diğer elementlere de ihtiyaç duymaktadırlar. Bunlar mikro elementler dediğimiz; B, Mn, Cu, Fe, Mo, Zn gibi elementlerdir. Bu elementleri katsayılarının yüksek olması nedeniyle çok az miktarlarda dahi optimum etki görülmektedir (Güner, 1961).

Günümüzde tarımın yoğun olarak gerçekleşmesi nedeniyle besin elementlerinin eksiliği çok sık görülmektedir. Bütün bitkiler belli düzeylerde besin elementlere ihtiyaç duyarlar. Bitkilerde B optimum büyüme, gelişme, verim ve kalite için gerekli olan mikro besin elementlerinden biridir. B bitkilerde;

- a) Solunumda
- b) Lignifikasyon olgusunda
- c) Hücre duvarı sentezinde,
- d) Karbonhidrat metabolizmasında
- e) Hücre duvarı strüktürünün oluşmasında,
- f) İndol asetik asit metabolizmasında,
- g) RNA metabolizmasında,
- h) Şekerlerin taşınmasında
- i) Fenol bitkilerde B ve etkileri metabolizmasında,
- j) Biyolojik membranların fonksiyonel ve yapısal özellikleri üzerinde önemli etkiye ve belirgin işlevlere sahiptir (Kaçar ve Katkat, 1998).

Bitkilerin toprakta bulunan B'dan bitkiler belirli bir düzeyde yararlandığı bilinmektedir. Toprakta bulunan toplam B'un büyük bir kısmı, bitkiler tarafından kullanılmaz haldedir. Toprakta toplam B içeriği 2-200 ppm arasında değişir ve bitkiler bu miktarın %5'inden daha az bir kısmından yararlanabilmektedirler (Uygan ve Çetin, 2004).

Bitkiler tarafından alınan bor $B(OH)_3$ şeklindedir. Toprak çözeltisindeki veya doyumluk ekstraktındaki B içeriği, bitkilerin yararlanabileceği B içeriği olarak kabul edilmektedir (Schobel, 1993).

Bitkilerin B alımı bitkiler aleminde çeşitlilik göstermektedir. Çift çenekli bitkilerin tek çenekli bitkilerden daha fazla B alma kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir. Her iki bitki türü içinde B gerekli bir besin elementidir. Farklı bitki türlerinin kökler aracılığıyla almış oldukları B alım kapasiteleri Çizelge 2’de verilmiştir (Tanaka,1967).

Çizelge 2. Bitkilerde B alım kapasitesi

Bitki Türleri	B Alım Kapasitesi (mg/kg) (Kurutulmuş Kökler)
Kaba Yonca	10
Taze Fasulye	11
İtalyan Çavdarı	4
Arpa	3
Beyaz Karanfil	11
Ayçiçeği	28
Salatalık	30
Buğday	5
Turp	19
Yulaf	4
Mısır	4
Domates	15

Ayrıca B; hücre duvarı biyosentezinde önemli bir rol oynayarak kök uzaması, doku farklılaşması, polen çimlenmesi, polen tüpü büyümesi ve hücre zarı işlevlerini etkileyen birçok büyüme faktörünü öncelikle etkilemektedir. B’un, karbonhidrat ve proteinlerin sentezi ve taşınması gibi çeşitli metabolik yollarda da görev aldığı bilinmektedir (Moseman, 1994; Miwa, 2007).

Özellikle baklagillerde, atmosferdeki N’un bağlanma sürecini hızlandırarak köklerde nodül oluşumuna, yani nodülasyona, önemli bir katkı sağlar. Bu süreçler bitkinin genel sağlığı ve verimliliği üzerinde doğrudan olumlu etkiler yaratmaktadır.

2.3.1. Bitkide Bor Noksanlığı

Genel olarak B’un noksanlığı kök kısmında ve yeşil aksamın aktif büyüme bölgelerinde ortaya çıkmaktadır. B floem hareketliliği az olan bir besin elementidir. B noksanlığı, B hareketliliğinin çok az olduğu bitkilerde önce bitkilerin en genç kısımlarında görülmekte, kök büyüme noktalarında ve özellikle de meyvelerde ortaya çıkmaktadır (Anonim, 2024).

B elementinin karakteristik olarak noksanlık belirtileri bitkinin uç yapraklarında, olgun yaprakların damarları arasında kloroz ve nekrosis olarak görülmektedir. Bitkilerde B vejetatif gelişmeye generatif gelişmeden daha çok önemli olduğundan, ortamda yeterli miktarda B olmadığı zamanlarda bitkilerin kök uçlarında hücre büyüme ve bölünmesinin engellendiği, kökün uzamasının gerilemeye başladığını ve kök sisteminin çalılışmış ve bodur bir görünüm aldığı bilinmektedir (Demirtaş, 2006).

Dell ve Huang (1997) yaptığı çalışmalara göre B eksik olduğunda bitkinin kök ucunun gövdesine oranla gelişiminin azaldığını ve gövde/kök oranının artmasıyla bitkinin stres koşulların hassasiyetinin önemli ölçüde arttığını belirtmektedirler.

2.3.2. Bitkilerde Bor Fazlalığı

Bor elementinin fazla olduğu gibi eksikliğinde bitkileri olumsuz etkilemektedir. Bor elementinin bileşiklerinin sularda ve topraklarda belirli düzeyde bulunması insan, bitki ve hayvanlara zararlı etkilerinin olduğu görülmüştür (Göncü, 1982).

B elementinin bitki gelişmesinde gerekli bir element olduğunun araştırılmadan önce toksik etkisinin olduğu bilinmekteydi. B elementi, birçok bitki türünde normal gelişim için gerekli olmakla birlikte, önerilen miktarın biraz üzerinde uygulanması toksik etkiler meydana getirebilmektedir. Bu durum, bitkisel üretimde B uygulamalarını sınırlayan kritik bir sorun teşkil etmektedir. Fazla miktarda B verilmesi, bitki metabolizmasını olumsuz etkileyerek ürün veriminde ciddi kayıplara yol açabilir. Özellikle soya fasulyesi ve yemeklik fasulye gibi baklagil bitkileri, B toksisitesine karşı oldukça hassastır. Bu nedenle, söz konusu bitki türlerine yönelik B gübrelemesinden genellikle kaçınılması önerilmektedir.

B toksisitesi hem ürün verimi hem de ürün kalitesini önemli derecede etkilemektedir. B toksisitesinin tipik belirtisi, yapraklarda renk değişikliğinin yanı sıra bitki gelişiminin gecikmesi ve meyve sayı ve kalitesinin azalmasıdır (Muntean, 2009). Ama B'a dayanıklı olan bazı bitkilerde bu tür semptomlar görülmeyebilmektedir. Bazı bitkilerde toksisite sınırları farklılık göstermektedir. Örnek olarak yonca bitkisinde bu seviye 20 mg/l, elma ve şeker pancarında 14 mg/l ve tütünde 10 mg/l'dir (Berger, 1949).

Sonuç olarak B'un noksanlık ve toksisite durumunda bitkilerin verim ve kalitesi düşmekte de bitkilerde ürün kayıpları olmaktadır. Bu nedenle bitkilerin ihtiyacı oldukları zaman ne kadar B'a ihtiyaçları varsa o ihtiyaçları doğrultusunda B almaktadırlar.

2.4. Baklagil Bitkilerine Genel Bakış

Baklagil familyasına ait tüm türler önemli bir proteindir. Baklagiller familyasına ait türler hem sürdürülebilirlik hem de insan beslenmesinde rolü oldukça fazladır. Baklagiller, *Leguminosae* ya da *Fabaceae* familyası bitkilerinin tohumları veya meyveleridir. Baklagil kelimesi Latince "Legumen"den türemiş olup, kabuklu baklanın hasat edilen tohumları anlamına gelir (Salunke ve Kadam 1989).

Yüksek miktarda bünyesinde ham protein içeren tane baklagil bitkileri özellikle lysin, leucine, isoleucine gibi temel aminoasitler ile A, B vitamini içermekte ve mineral maddeler bakımından oldukça zengin olduğu bilinmektedir (Şehirli, 1988).

Baklagiller, çoğunlukla köklerde simbiyotik olarak yaşarlar ve atmosferde bulunan serbest azotu birbirine bağlayabilen rhizobium bakterine sahiptirler. Rhizobium bakterilerin havadaki N'u bağlaması verimi de olumlu yönde arttırmaktadır (Şehirli, 1988).

Köklerde yaşayan rhizobium bakterileri sayesinde topraktaki mikrobiyal aktivite devam etmekte ve bitkisel üretime katkı sağlamaktadır. Ayrıca bitkilerden kalan hasat sonrası artıklarının toprağa karıştırılmasıyla toprağın organik madde içeriğinin artırılması da sağlanmaktadır (Uçar ve ark., 2020).

Baklagiller çok çeşitli toprak türlerinde yetişebilmektedirler. En verimli üretimleri iyi drenajlı topraklardan elde edilmektedir. Yemelik tane baklagillerin iklim ve toprak istekleri dikkate alındığında, ülkemizin büyük bir baklagil yetiştirme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Ülkemizin kuru tarım alanlarında nadasın daraltılmasında nohut ve mercimeğin, sulı tarım arazilerinde fasulye, bakla, bezelye ve börülcenin ekim nöbeti içerisinde bugünkünden daha fazla yetiştirilmesi mümkündür (Ton ve ark., 2014).

Baklagillerin suya gereksinimleri çok yüksektir. Yoncanın 1 g kuru madde elde etmek için 800 g suya ihtiyaç duyduğu bilinmektedir (Hildreth ve ark., 1941). Toprak nemi ve uygulanan besin maddeleri arasındaki yakın bir ilişki bulunmaktadır. Toprak nemi kök büyümesi üzerinde olumlu etki yapmaktadır. Kuvvetli ve daha uzun kök yapısı toprak içerisinde derinlerde bulunan bitki besin maddelerinden daha fazla yararlanmaya yardımcı olabilmektedir.

2.4.1. Baklagiller ve Bor

Verimli ve kaliteli bir tarımsal üretim için kültürel uygulamalardan biri olan gübreleme büyük bir öneme sahiptir. Toprakta bulunan besin elementlerinin eksikliği veya fazlalığı, diğer besin elementlerinin bitkiler tarafından alınmasını etkileyebileceği gibi, bitkilerin gelişimini ve ürün kalitesini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Çimrin ve Boysan, 2006).

Baklagil bitkileri, N fiks etme özellikleri nedeniyle B ihtiyacı yüksek olan bitki grupları arasında yer almaktadır. Yüksek protein içeriği ile baklagiller, tarımsal üretimde ve insan beslenmesinde önemli bir konuma sahiptir. B eksikliği, bitkilerde N fiksasyonunda görev alan nitrogenaz enziminin aktivitesini azaltmakta ve nodül oluşumunu engelleyerek bitkisel gelişimi olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Güneş ve ark., 2017).

Gupta (2007), bitki besleme alanında gerçekleştirilen çeşitli araştırma bulgularını analiz ettiği çalışmada, tarla bitkilerini B gereksinimleri açısından yüksek, orta ve düşük olmak üzere üç gruba ayırmıştır. Bu sınıflandırmada, yonca ve üçgülleri gibi baklagil yem bitkilerinin, B gereksinimi yüksek olan bitkiler arasında öncelikli konumda yer aldığı belirtilmiştir.

Abreu ve ark. (2012), bor stresi altındaki baklagillerin durumunu inceledikleri çalışmada, B düzeyinin yetersiz olduğu koşullarda yetiştirilen baklagil bitkilerinin köklerinde nodül oluşumunun önemli ölçüde azaldığını ve nitrogenaz enzim aktivitesinin %65 ile %80 arasında düştüğünü rapor etmişlerdir.

2.4.1.a. Börölce

Baklagil bitkisi olan börölce bitkisinin B üzerindeki çalışmalara bakıldığında literatürde birçok araştırmaya rastlamaktayız;

Patra ve Bhattacharya (2009) 1999-2000 yıllarında Hindistan’da yaptıkları araştırmada B ve Mo uygulamasının beraber uygulandığı börölcede verim ve verim öğelerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmalarında 4 farklı B dozunu uygulamışlardır. Bu dozlar B1: %0, B2: %0.1, B3: %0.2, B4: %0.3 olup B dozları sulandırılarak borax şeklinde uygulanmışlardır. Bor elementinin yalnız başına uygulandığı alanlarda çıkan sonuçlara göre artan dozlarda B’un; bitki boyu 45.3, 45.2, 48.9, 46.7 cm, baklada tane sayısı 8.6, 9.2, 10.2, 10 adet, bitkide bakla sayısı 9.4, 10.1, 11.7, 11.6 adet ve verim 407.3, 456.7, 707.3, 506.0 kg/ha gibi değişimlere neden olduğu belirlenmiştir. Bor uygulamasının 4. dozu 1. ve 2. dozundan daha yüksek, fakat uygulama yapılan 3. dozdan daha düşük değerler elde edilmiştir.

Quddus ve ark. (2011), Zn ve B uygulamasının *Vigna radiata L.* verim ve verim öğelerine olan etkisini belirlemeye çalıştıkları araştırmada 4 farklı Zn 0, 75, 150, 300 g/da ve dört farklı B 0, 50, 100, 200 g/da dozunu bitkiye beraber uygulamışlar. Tek başına artan dozda B uygulamalarının börölce bitkisinde bitki boyunu sırası ile: 44.4, 44.6, 45.5 ve 45.1 cm; bakla sayısını: 27.2, 28.9, 30.2 ve 29.1 adet; tane verimi: 187.3, 205.8, 219.8 ve 215.6 kg/da bakladaki tane sayısı: 9.08, 9.42, 9.68 ve 9.48 ile yüz tane ağırlığı: 5.29, 5.48, 5.69 ve 5.63 g olduğunu bildirilmişlerdir.

Inbaraj ve Muthuchelian (2011) gerçekleştirdikleri bir sera denemesinde börölce bitkisine 3 farklı dozda (0, 0.5 ve 50 ppm) B uygulamalarının bitkinin klorofil, nişasta ve protein içeriklerine olan etkisini araştırmışlardır. Yapmış oldukları araştırma sonucunda uygulanan dozlar arasında istatistiksel olarak önemli farklar ortaya çıkmıştır. Yapılan tüm uygulamalara bakıldığında 0.5 ppm uygulanan B dozunda elde edilen sonuçların kontrole göre %50 oranında artış gösterdiği, 50 ppm dozu uygulaması ise bitkiye toksik etki ederek kontrol uygulamasından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Habib (2013) B ve Zn dozlarının börölcenin verim ve verim öğelerine etkilerini belirlediği bir çalışmada, 4 farklı dozda Zn (Zn1: 0, Zn2: 1.25, Zn3: 2.50 Zn4: 3.75 kg/ha) ve 5 farklı doz B (B1:0, B2:0.5, B3:1, B4:1.5, B5:2 kg/ha) uygulanmıştır. Deneme sonucunda en yüksek bitki boyunun 55.31 cm ile Zn3+B4 uygulamasından elde edildiğini, kontrol grubunda ise bitki boyunun 43.03 cm olduğunu bildirmiştir. Bitkide bakla sayısı kontrol uygulamasında 34.93 adet, en yüksek 55.20 adet ile Zn3+B4 uygulamasından elde edilmiştir. Baklada tane sayısı en yüksek 7.11 adet, bin dane ağırlığı ise en yüksek 41.75 g ile B4 uygulamasından elde edilmiştir.

Rahman ve ark. (2016), yaptıkları çalışmalarda artan miktarlarda B dozlarının (B1:0, B2:1, B3:2 kg/da) bakladaki tane sayısını 8.0, 8.90 ve 9.0 adet/bakla olarak bulmuşlardır ve artan düzeyde B dozlarının etkisinin önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

Meena ve ark. (2017) börölce bitkisine yapraktan uygulanan B, üre ve Zn’nin etkilerini belirlemiş oldukları çalışmada %0.2 B uygulamalarında bitkideki bakla sayısını: 32.4, 48.1 adet,

baklada tane sayısı: 4.8-6.5 adet, bin tane ağırlığı: 24.6- 31.6 g, verim: 147- 176 kg/da protein oranı: %21.9-21.7 olarak belirlenmiş, B uygulamaları incelenen özellikleri kontrole göre arttırmıştır.

Movalia ve ark. (2018) börülce bitkisinde verim ve verim unsurları üzerindeki B ve Mo uygulamalarının etkilerini incelemek amacıyla dört farklı B dozu (0, 2, 4, 6 kg/ha) ve dört farklı Mo dozu (0, 0.75, 1.50, 2.25 kg/ha) içeren bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, yalnızca B uygulaması yapılan parsellerde elde edilen verilere göre artan B dozlarına bağlı olarak bitki boyunun sırasıyla 45.65 cm, 46.33 cm, 45.60 cm ve 45.58 cm; bakla sayısının 8.08, 9.25, 11.67 ve 11.08 adet; baklada tane sayısının 5.22, 6.50, 6.03 ve 5.42 adet; tohum veriminin ise bitki başına 6.46 g, 7.96 g, 7.91 g ve 6.85 g olduğu rapor edilmiştir. Ancak, en yüksek B dozunun uygulandığı parsellerde verimde düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir.

Kamboj ve Malik (2018); yapmış oldukları P ve B uygulamalarının börülce bitkisinde verim ve kaliteye olan etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Denemelerinde, 4 farklı B dozu (B1:0, B2:0.25, B3:0.5, B4:1.0 mg/kg) ve 5 farklı P dozunu (P1:0, P2:25, P3:50, P4:75, P5:100 mg/kg) uygulanmıştır. Tohum verimi 4.56-10.18 g/bitki arasında bulunurken en yüksek verim değeri B3+P5 uygulamasından, en düşük değer verimler ise B0+P0 uygulamasında elde edilmiştir. Protein oranı en yüksek %25.83 ile B3+P5 uygulamasından elde edilmiştir. B uygulamasını en yüksek dozunda ise düşüşler meydana gelmiştir.

Mishra ve ark. (2018) Hindistan'ın kumlu tınlı topraklarında, baklagil bitkilerinden olan börülce bitkisinde 4 farklı Zn dozunda bu dozlar 0, 10, 20, 30 kg/ha ve 2 farklı düzeyde B 0 ve 2 kg/ha uygulamalarının etkilerini görmek için bir deneysel çalışma yapmışlardır. Çalışmaları sonucunda en yüksek verim 89 kg/da ile 30 kg/ha Zn ve 2 kg/ha B uygulamasında elde edilmiştir. B dozlarının tek başına uygulama yapıldığı parsellere baktığımızda baklada tane sayısı: B0:3.96, B1:4.10 adet, verim: B0:75.9, B1:78.7 kg/da protein oranı: B0: %27.05, B1: %27.54 olarak bildirilmiştir. Bor dozunun artması diğer parametrelerde artış olduğunu bildirilmiştir.

Debnath ve ark. (2018) Hindistan'da, yapmış oldukları çalışmalarında 3 farklı B dozunu kontrol, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg/ha olacak şekilde ve 3 farklı Zn dozunu 2.5, 5.0 ve 7.5 kg/ha olacak şekilde uygulayarak börülce bitkisindeki etkilerini araştırmışlardır. Sadece B uygulaması yapılan parsellere bakıldığında artan dozlarda elde edilen sonuçlara göre bitki boyu: 43.08, 44.40, 48.20, 49.90 cm, bakla uzunluğu: 27.9, 30.6, 32.3, 33.6 cm, biyolojik verim: 247, 255, 271, 282 kg/da dekara verim: 141, 149, 159, 171 kg/da tanede B miktarı: 0.61, 0.70, 0.71, 0.80 kg/ha olarak bildirilmiş ve B'un incelenen özellikler üzerindeki etkisinin önemli olduğunu gözlemlemişlerdir.

Al-Jumaili ve Al-Hayani (2019) börülce bitkisinde B uygulamalarının etkisini ortaya çıkarmak amacıyla yapmış oldukları çalışmada dört düzeyde B dozunu 0-25-50-75 ml/L olarak uygulamışlardır. Çalışmaları sonucunda uygulanmış olan B dozlarında sırasıyla bitkide bakladaki tane sayısı: 5.76, 6.83, 6.80 bitkideki bakla sayısı: 24.82-26.53-25.27-24.73 adet/bitki ve protein oranı: %24.50-24.61-24.64-24.34-5.27 adet/bakla, dekara tane verim: 67.9-72.3-71.8-68.8 kg/da olarak belirlenmiştir.

Özkorkmaz (2020) çalışmasında 2 yıllık uygulamada B'u uyguladıkları alanlarda bakladaki tane sayısının ilk yıl 10.70-10.95 adet/bakla, ikinci yıl 11.41–11.62 adet/bakla arasında değişme gösterdiğini ve B'un etki etmediğini bildirmiştir.

Özkorkmaz (2020), dört farklı düzeyde B dozu ile yapmış olduğu çalışmada artan oranlarda B dozlarının dekar 300 kg kadar 1000 tane ağırlığını artırdığında artışa neden olduğunu ve sonra uygulanan dozlarda ise bitkide düşme meydana geldiği bildirilmiştir.

Rawashdeh ve Sala (2016), Movalia ve ark. (2018) ve Habib ve Ahsan (2013) da yine B dozlarının artan düzeylerde bin tane ağırlığını belirli bir noktaya kadar artırdığını en yüksek B dozunda ise düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

Yılmaz ve Elmas (2021) çalışmalarında Ordu İlinin Ünye İlçesinde çiftçi koşullarında börülce (*Vigna unguiculata L.*) bitkisinde farklı dozlarda uygulamış oldukları P ve B dozlarının verim ve verim öğeleri üzerine nasıl etki yaptığını bulmak amacıyla bir araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında çeşit olarak börülce bitkisinin Amazon çeşidi kullanmıştır. Çalışmalarında B dozlarını ise 0-150-300-600 g/da ve P dozlarını 0, 4, 6, 8 kg/da P₂O₅ olarak uygulanmıştır. Elde ettikleri sonuçlara bakılarak yapılmış olan bu uygulamalarda istatistiksel anlamda çok önemli derecede (P<0.01) farklar çıkmıştır. Bunun yanı sıra bin tane ağırlığına uygulanan P'un etkisi önemsiz olmuş, bakladaki tanenin sayısına P, B ve P interaksyonun etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında bitkide verim ve verim unsurları bakımından en iyi sonucun dekara 300 g B ve dekara 6 kg P uygulamasından elde edildiği görülmüştür.

Özkorkmaz ve ark. (2022) yapmış oldukları; “Farklı dozlarda B ve Fe gübresi uygulamalarının börülce bitkisinde tane kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi” adlı çalışma gerçekleştirmişlerdir. Dört farklı B (0-150-300-600 g/da) ve dört farklı Fe (0-1-2-4 kg/da) dozlarını kullanmışlardır. Ekim öncesi ve sonrası olarak uyguladıkları bu dozları; bitkinin şişme kapasitesi, su alma kapasitesi, pişme süresi, protein içeriği, tanede B ve tanede Fe özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda en iyi sonuçların B'un 300 g/da dozu ile Fe'in 2 ve 4 kg/da dozlarının interaksyonundan elde edildiği, B'un 600 g/da dozunun ise incelenen örneklerde azalmaya neden olduğu ve bu dozun börülcede toksik etki yapmaya başladığı belirlenmiştir.

Kumar ve ark. (2023); saha deneyi uyguladıkları çalışmalarında çalışmanın temel amacı, bitkilerin verim ve verim özellikleri üzerinde Mo ve yapraktan uygulanan B kullanımının etkilerini detaylı bir şekilde araştırmaktır. Araştırmanın odak noktası olan börülce doğal yağmurla beslenen tarım alanlarında özellikle bu mevsimde yetiştirilen önemli bir baklagil türü olarak dikkat çeker. Börülce, kısa sürede yüksek verim sunması ve hızlı büyüme kapasitesi sayesinde bölge için stratejik bir öneme sahiptir.

Deney kapsamında üç farklı Mo dozu kullanılmış olup, bunlar sırasıyla 0.5 kg/ha, 0.75 kg/ha ve 1 kg/ha olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda %0.5 B dozu ile uygulamalar 30 gün sonra (30DAS), 45 gün sonra (45DAS) ve hem 30 hem de 45 gün sonra (30DAS ve 45DAS) olmak üzere üç farklı zaman aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamalar, randomize blok tasarımı ile tasarlanmış ve her

biri üç kez tekrarlanmıştır. Sonuçlar, yukarıda belirtilen faktörlerin olası kombinasyonları göz önüne alınarak on farklı uygulama grubu oluşturulmuştur.

Uygulamalar şu şekildedir: T1: Mo 0.5 kg/ha + B %0.5, uygulaması 30DAS'de, T2: aynı oranlar fakat 45DAS'de; T3: her iki zamanda yani 30DAS ve 45DAS'de; T4: Mo 0.75kg/ha + B %0.5, uygulaması sadece 30DAS'de; devam eden doz ve zaman uygulamalarıyla T5'te bu kez 45DAS, T6'da hem 30DAS'de hem de 45DAS'de; T7'de Mo oranı artırılarak 1 kg/ha + B %0.5, 30DAS'de sonuçlandırılmıştır. Devamında T8: aynı dozlar ama farklı zaman yani sadece 45DAS'de; T9: her iki zaman periyodunda ve son olarak T10 olarak kontrol grubunu içermektedir (R D F: 25: 50: 25).

Yapılan tüm bu uygulamalar sonucunda elde edilen veriler titizlikle kayıt altına alınmış ve analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, özellikle Mo 1 kg/ha dozu ile B %0.5 kombinasyonu Doğu Uttar Pradesh'in tarımsal koşullarında börülce bitkisinde daha iyi büyüme parametreleri, artan verim özellikleri ve yüksek tohum verimi sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, tarımsal üretimde kullanılan mikro elementler ve uygulama tekniklerinin verimi artırabilecek potansiyel etkinliğini göstermektedir.

2.4.1.b. Yonca

Baklagil bitkilerinde yoncanın B elementi üzerine yapılan bir çalışmada; B gübrelemesinin yapıldığı yonca bitkisinin tohum veriminin arttığı birçok araştırmalar sonucu ile tespit edilmiştir (Vučković 1994; Dordas, 2006; Du ve ark., 2009; Terzić, 2010).

Baklagil bitkisi olan; Yonca tarımının yapıldığı toprakların %46.16'sında B eksikliği görülmektedir. Bitkilerin topraktaki alınabilir B miktarı üzerine çeşitli etmenler etki etmektedir. Toprağın pH bünyesi ve organik madde bu etmenlerin başında gelmektedir (Kacar, 2009).

Byers ve ark. (2011) tarafından yapmış oldukları sera denemesinde dört farklı B gübresi kullanarak bitkide B toksitesi ve bitki verimliliğini belirledikleri bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında granubor, hydroboracite, ulexite ve colemanite B gübre çeşidini ve üç farklı seviyede 0.1 ve 2 mg/kg B dozlarını kullanmışlardır. Daha sonra sürgünleri beş haftalık aralıklarla hasat edip kuru madde ve B açısından analiz etmişlerdir. Yaptıkları sonuçlara göre gübre materyali ve oranın yonca kuru maddesi üzerinde bir etkisi bulunmamıştır. Yapmış oldukları ilk kesimde granubor ve uleksit kullanılan bitkilerin, hydroboracite göre daha yüksek B konsantrasyonuna sahip olduğu ve bu farkın colemanite ile daha da belirginleştiği tespit edilmiştir. Fakat yapmış oldukları; üçüncü ve dördüncü kesimlerde kullanmış oldukları dört farklı gübre kaynağı arasında olan B düzeylerinde önemli bir fark olmadığı görülmektedir. Bu çalışmanın amacına bakıldığında ise; çözünebilir olmayan gübre kaynaklarının bile bitkiye yeterli miktar ve süre verildiğinde bitki büyümesi için yeterli B sağlayabileceğini göstermektedir.

Terzić ve ark. (2012), Yapraktan B uygulamasının yonca tohumu verimi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarındaki amaç Kruševac'ın agro-ekolojik koşullarında B gübrelemesinin yonca

tohumu verimi üzerindeki etkisini ikili kullanımlı tohum üretimi modeline göre (yem üretimi ve tohum üretimi) araştırmaktır. Uygulamalarında B'u yapraktan %0.5 H₃BO₃ kullanmışlardır. B'u iki farklı şekilde uygulamışlardır. İlk uygulama yoğun tohum büyümesi aşamasında, ikinci uygulama ise bitkilerin çiçeklenme başlangıcında gerçekleştirilmiştir. B ile yapraktan gübreleme, bitki başına biraz daha yüksek bakla sayısı ve baklada daha fazla tohum oluşmasını etkilemiştir. B, kurak yıllarda kontrole kıyasla biraz daha büyük bir farkla ortalama verim artışını etkilemiştir.

Özyazıcı ve ark. (2013), çalışmalarında Artvin'in tarım yapılan topraklarında yonca bitkisinin yetiştirilmesinde önemli bitki besin elementlerinden sayılan B'un, incelenen bu toprakların %46.16'sında çok az ve az düzeyde olduğunu görmüşlerdir. Yoncanın gelişmesi özellikle tohum elde edileceği zamanlarda, B noksanlığı görülen yerlerde B'un yapraktan uygulaması gerektiğini öngörmüşlerdir.

Stoltz ve ark. (2014) kırmızı yonca bitkisinde çiçek gelişimi ve tohum verimi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ekim sırasında toprağa B uygulaması, yapraktan B uygulaması hasatta ve kontrol olarak uyguladıkları çalışmalarında; üç farklı B dozunu (0.5, 1 ve 1.5 mg/kg) kullanmışlardır. Sonuçlara göre, uygulanan düşük B dozunun tohum verimi üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Fakat B uygulamasının tohumlarda B konsantrasyonunu artırdığı ancak sürgün B konsantrasyonu üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

Yıldıztekin ve Tuna (2015) çalışmalarında; B'un toksik olduğu topraklarda yonca (*Medicago sativa* L.) bitkisinin çeşit olarak Alsancak çeşidinin kullanıldığı tek ekim olarak yetiştirilmesinin yanı sıra, TR 3080 ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) ve Flamura-85 ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) bitki çeşitleriyle ekimi yapılmıştır. Yapılmış olan bu uygulama için 25-50-75 mg/L borik asit formunda B uygulaması bitkilere püskürtülerek uygulanmıştır. B ile kirlenmiş topraklarda ekonomik değere sahip olan baklagil yem bitkisi olan yoncanın, ayçiçeği ve buğday bitkileri ile polikültür olarak yetiştirilmesi bitkinin B alımının nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Çalışma sonucunda; artan dozlarda B uygulamasının monokültür olarak yetiştirilen yoncanın yapraktaki B içeriğini de yükseltmiştir. Çalışmalarında; monokültür yetiştirilen yonca bitkisinin yapraklarındaki B kapsamı ile polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin yapraklarındaki B kapsamı karşılaştırıldığında çarpıcı sonuçlar gözlenmektedir. Uygulanan üç B dozunda da polikültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin yapraklarındaki B kapsamlarında bir azalma kaydedilmiştir. Çalışmada uygulanan B konsantrasyonları arttırıldıkça, monokültür olarak yetiştirilen yonca bitkisinin B alımı da artmış ve yaprak B kapsamlarında korelatif bir artış gözlemlenmiştir.

Genel olarak sonuçlara bakıldığında B'ca toksik olan topraklarda baklagil bitkisi olan yonca yetiştirilirken; monokültür bitki yerine ayçiçeğinin, buğday bitkisi ile polikültür olarak yetiştirilmesi; yonca bitkisinde B'un alımını azaltarak bitkide toksisite etkisinin görülmesini engelleyebileceği sayısal verilerle ortaya koymuşlardır.

Dhassi ve ark. (2020) çalışmalarında kumlu topraklarda uygulana B'un yoncanın biyokütle üretimi ve besin durumunu incelemişlerdir. Çalışmalarında amaç olarak birbirini takip eden üç büyüme sezonu 2016, 2017 ve 2018 boyunca (19 kesim) yem üretimini artırmak ve yonca bitkisinin B ihtiyacını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bu araştırma kumlu topraklarda yetiştirilen baklagil yem bitkisi olan yoncanın uygun toprak ve yaprak B eksikliği eşiklerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Yaptıkları çalışmanın sonucunda; eksikliği semptomlarının toplam biyokütle üretimi ve protein içeriği üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmadığını, ilk beş biçim (2016) boyunca yonca bitkilerinde B eksikliği belirtileri gözlenmediğini, bununla birlikte, 2017 ve 2018 sezonlarında, daha düşük B uygulamalarında bitkide B eksikliği belirtileri gözlendiğini ve bu gözlemlerin sonucunda ise yonca bitkisinin özellikle kumlu topraklarda üretimin ilk 3 yılında B eksikliğinden etkilenmediğini göstermektedir.

Chen (2020) yonca tohum üretimi üzerine yaprak B uygulamasının etkisinin araştırdığı çalışmada; Kuzey Çin'de bölgesinde B'nin yaprak uygulamasının yonca tohum verimi ve kalitesi üzerindeki etkisini incelemek için beş farklı B konsantrasyonu (0, 400, 800, 1200 ve 1600 mg/L) kullanmışlardır. İlk çiçeklenme aşamasında B uygulaması %11.34 B ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, Borax, Tianjin, Çin) içeren sodyum tetraborat şeklinde püskürterek uygulanmıştır. Çalışmaları sonucunda; yaprak B uygulamasının polen sayısını, polen canlılığını, kuru ağırlığı ve yonca üreme organlarının B konsantrasyonunu artırdığını gözlemlenmiştir. Tohum üretimi için yetiştirilen yoncanın tohum verimini ve verim bileşenlerini iyileştirebileceğini göstermektedir. 800 mg/L B uygulamasının çoğu özellikte olumlu etki yaptığı gözlenmektedir.

2.4.1.c. Nohut

Yadav (1989) yaptıkları çalışmalarda baklagil bitkisi olan nohuttun; Tuzluluk ve B'un bitkinin büyüme ve mineral bileşimi ve çimlenmesi üzerine etkileri araştırılmış, B içeriği zengin tuzlu toprakların çimlenme ve büyüme üzerine etkilerinin, B'un az olduğu fakir ve tuzlu topraklardan daha zararlı olduğu belirlenmiştir.

Konya'nın Karaaslan mevkiindeki Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü 2001 yılında deneme parsellerinde, kıraç koşulların olduğu, farklı düzeylerde B dozlarının nohut çeşitlerinde verim ve bazı verim unsurlarına etkilerini belirlemek için bir çalışma yürütülmüştür. Yapılan bu çalışmada, ana parsellere nohut bitkisinin çeşidi olarak Gökçe, Menemen 92, İzmir 92, Yerel popülasyon, alt parsellere ise B dozları olarak kontrol, 0.1 kg/da 0.3 kg/da 0.6 kg/da B'u uygulamışlardır.

Çalışmada kullanılmış olan bitkilerin B toksisitesine toleransların bitkiler arasında genetik çeşitlilikle ilgili olduğu sonucuna varmışlardır. Örnek olarak nohutta Menemen 92, Gökçe, İzmir 92 ve yerel çeşitler arasında yapılan B toksisitesi tarla denemelerinde, çeşitler arasında Gökçe çeşidinde en fazla tane veriminin elde edildiği belirlenmiştir.

Bayrak ve ark. (2005) yılında yaptıkları araştırmada kuraklığa dayanıklı *Cicer arietinum L.* (Gökçe) ve kurağa duyarlı olan *Cicer arietinum L.* (Küsmen 99) iki kültür nohut çeşitleri arasında; strese neden olabilecek şekilde B elementini uygulanıp biyokimyasal ve fizyolojik etkileri belirlenmiştir. Gökçe ve Küsmen 99 kültür çeşitlerinin üretiminde toksisite sorunu ortaya çıkmıştır.

Ceyhan ve ark. (2007) nohut çeşitlerinin B eksikliği olan kireçli topraklarda B uygulamasına tepkisini öğrenmek için bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada beş nohut genotipinin (Popülasyon, Gökçe Akçin-91, İzmir-92 ve Menemen-92) verimi ve verim bileşenleri üzerine, alınabilir B (0.19 mg/kg) ve kireç (CaCO_3) içeriğinin (%20.7) eksik olduğu topraklarda, dört B dozunun (kontrol, 0 kg/ha; B1, 1 kg/ha; B2, 3 kg/ha B ve B3, 6 kg/ha) etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Bitki boyu, bitki başına bakla, tane verimi, protein içeriği ve verimi, bin tane ağırlığı ve yaprak B konsantrasyonuna bakılmış ve tüm genotiplerde (Gökçe hariç) tane verimleri 1 kg/ha B uygulamasıyla önemli düzeyde artma gözlenmiştir. 1 kg/ha B uygulaması verimi ortalama %5 oranında artırmıştır.

Genotipler arasında, uygulanan B dozuna verdikleri tepkiler açısından önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Akçin-91, 3 kg/ha B dozunda en yüksek tane verimini (1704.8 kg/ha) verirken, İzmir-92 ve Menemen-92, sırasıyla 1 kg/ha B dozunda en iyi verimi (1468.2 kg/ha, 1483.0 kg/ha ve 1484.7 kg/ha) elde etmiştir. Gökçe çeşidinde ise, kontrolde en yüksek tane verimine (1827.1 kg/ha) ulaşmıştır. Çalışma sonucunda B eksikliğinin deneysel koşullar altında nohutta önemli verim kayıplarına yol açabileceğini gösterdi. Bu sonuca bakılarak, nohut yetiştiriciliği için toprakların B içerikleri, verim kayıplarını önlemek için önceden analiz edileceği sonucuna varmışlardır.

Bozoğlu ve ark. (2008)'de B ve Mn gübrelemesinin nohuttun bazı agronomik özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla Orta Karadeniz Bölgesinde yer alan Amasya ilinde 2 yıl süreyle bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında B (B0:0, B1:0.25 ppm, B2:0.50 ppm) ve Mn (Mn0:0, Mn1:0.12 ppm, Mn2:0.24 ppm) dozları kullanılıp, bitkiler vejetatif dönemde iken yapraktan uygulama yapılmıştır. B $\times$ Mn etkileşimi tohum boyutunun göstergesi olan 100 tohum ağırlığı ve 9 mm elek üstünde tutulan tohum özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulamaya göre B uygulaması olmayan durumda 100 tohum ağırlığı Mn ilavesiyle artmıştır. Çalışmalarının sonucunda en yüksek tohum verimini B2 ve Mn2 uygulama dozlarında bulmuşlardır.

Hossain ve ark. (2016) baklagil bitkisi olan nohutta daha yüksek verim elde etmek için optimum düzeyde B ve Zn gübre seviyelerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Uygulamalarını rastgele tam blok tasarım desenine göre ve 0, 1, 2, 3 ve 4 kg/ha beş farklı B ve 0, 2, 4 ve 6 kg/ha Zn olarak uygulamışlardır. Çalışmaları sonucunda en yüksek verimi en yüksek olarak hektara 3 kg uygulama yapılan B dozundan alınmıştır. Maksimum toplam kuru madde ise uygulanan 4 kg/ha den aldıklarını bildirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışma bölgesinde daha iyi bitki büyümesi ve daha yüksek nohut verimi için 3 kg B uygulaması ve 4 kg/ha Zn uygulama kombinasyonu uygulanması gerekli olduğunu önermişlerdir.

Verma ve ark. (2017); Kanpur'daki bir tarım üniversitesinde yapılan bir tarla denemesinde, tohumdan ıslatma olarak ve yapraktan uygulama yapılarak B ve Zn püskürtmesinin nohut bitkisinin büyümesi, verimi, ekonomisi ve kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında uygulamaları; Kontrol (kuru), tohum ıslatma (Su), tohum ıslatma %0.2 boraks, tohum ıslatma %0.5 ZnSO₄, yaprak spreyi, yaprak spreyi %0.2 boraks, yaprak spreyi %0.5 ZnSO₄, tohum ıslatma + yaprak spreyi (%0.2 boraks + %0.2 boraks), tohum ıslatma + yaprak spreyi (%0.5 ZnSO₄+%0.2 ZnSO₄) üç tekrarlı olarak uygulamışlardır. Yapılan çalışma sonucunda, tohum ıslatma + yaprak spreyi uygulamasının bitki büyümesini artırdığı gözlemlenmiştir. Bu uygulama ayrıca bitkinin olgunluk aşamasındaki boyu, dal sayısı, yaprak alanı indeksi, kuru madde miktarı, tohum ve saman verimi, hasat indeksi ve klorofil ve protein içeriği gibi kalite parametrelerini önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca, tohum ıslatma + yaprak spreyi uygulaması diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek ot geliri, net getiri ve C/B oranı sağlamıştır. Sonuç olarak; tohum ıslatma ve yapraktan sprey uygulamalarının nohut bitkisinin büyümesi, verimi ve kalitesi üzerinde olumlu etkileri olduğu sonucuna varmışlardır.

Quddus ve ark. (2018) farklı nohut çeşitleri (BARI Chola-5, BARI Chola-8, BARI Chola-9) için uygun B dozunu belirlemek amacıyla Madaripur ve Gazipur'da kış sezonunda 2 yıl süren bir çalışma yapılmıştır. Dört B dozu (0, 1, 1.5, 2 kg/ha) ve N₂₀P₂₀K₂₅S₁₀Zn₂ kg/ha temel gübre kombinasyonu ile 12 farklı uygulama test edilmiştir. Çalışmada, tüm çeşitlerin B'dan etkilendiği, özellikle BARI Chola-9'un daha yüksek yanıt verdiği görülmüştür. En iyi verim ve kalite sonuçları, BARI Chola-9 çeşidinde 1.5 kg/ha B ve N₂₀P₂₀K₂₅S₁₀Zn₂ kg/ha gübre uygulamasıyla elde edilmiştir. Tüm çeşitler, her iki lokasyonda da 1.5 kg/ha B'la diğer dozlara göre daha yüksek verim göstermiştir. Bu nedenle Bangladeş'in kireçli ve teras topraklarında nohut yetiştiriciliği için 1.5 kg/ha B ve N₂₀P₂₀K₂₅S₁₀Zn₂ kg/ha gübre uygulaması önerilmektedir.

Verma ve ark. (2019); nohut üretimini artırmak için farklı besin dozlarının etkisi incelemişlerdir. Uygulamalarında yedi üst üste dozda S (25 kg/ha), B (1.0 kg/ha), FYM (Fermente hayvan gübresi) (5.0 t/ha) tek başına, rhizobium kültürü + FYM, S + B, S+ B + FYM, S+ B + FYM + rhizobium birlikte NPK (20:60:20 kg/ha) dozları ile kullanılmış ve sadece NPK (20:60:20 kg/ha) dozu ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma, nohut bitkisinin büyüme parametreleri, verim özellikleri ve kalitesi üzerinde farklı uygulamaların etkisini incelemiştir. NPK dozlarına ek olarak S, B, FYM (fermente hayvan gübresi) ve rhizobium türlerinin üst üste uygulanması, kontrol uygulamasına göre önemli ölçüde artan tane verimi elde edilmesini sağlamıştır. En iyi sonuçlar NPK (20:60:20 kg/ha) + S (25 kg/ha) + B (1.0 kg/ha) + FYM (5.0 t/ha) + rhizobium aşılama uygulamasının üst üste binen dozlarıyla elde etmişlerdir. Sadece NPK uygulamasıyla elde edilen sonuçlar ise en düşük tane verimi ve içeriğe sahip olmuştur. Çalışmaları sonucunda elde edilen bu bulgular, nohut yetiştiriciliğinde uygun gübreleme ve aşılama yöntemlerinin önemini vurgulamaktadır.

Reddy ve ark. (2022) SHUATS, Prayagraj (U.P)'de yapılan bir tarla deneyinde, kumlu tın tekstürlü, düşük organik karbon olan bir toprakta bir deney gerçekleştirmişlerdir. Yapmış oldukları deneyde, 9 farklı uygulama yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çiftlik gübresi 4 t/ha + B+2 kg/ha

uygulamasının bitki boyunu, nodül sayısını ve bitki kuru ağırlığını önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Kanatlı gübresi 4 t/ha + B+2 kg/ha uygulaması ise diğer uygulamalara kıyasla yüksek bakla/bitki, tohum/bakla, test ağırlığı, tohum verimi ve yeşil aksam verimi elde etmiştir. Denemenin sonuçları, bu uygulamaların bitki büyümesi ve verim açısından faydalı olduğunu göstermektedir. Tarım alanında bu tür gübreleme ve besin katkısı uygulamalarının kullanılması, daha verimli bir tarım ve daha yüksek mahsul verimi elde edilmesine yardımcı olabilir. Bu deneyin sonuçlarında ise çiftçilere ve tarımla uğraşan kişilere fayda sağlayacak değerli bilgiler sunmaktadır.

Pattar ve ark. (2023) Yağmur suyuyla beslenen ekosistemde nohut üzerinde B ve Mo'nun etkisini incelemek bir saha deneyi yürütmüşlerdir. Uygulamaları dört farklı B (0, 2.5, 5.0, 7.5 kg/ha) toprak uygulaması ve dört farklı Mo (0, 1, 1.5, 2 g/kg) dozundan oluşan tohum uygulaması olarak 16 uygulama kombinasyonundan oluşmaktadır.

Uygulamaları sonucunda toprağa uygulanan hektara 5 kg olan B'un önemli ölçüde daha yüksek tane ve dane verimi verdiğini gözlemlemişlerdir. Mo uygulama dozları arasında, Mo 1.5 g/kg tohum ile tohum uygulaması, diğer Mo tohum uygulama seviyelerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek tane verimi ve sap verimi verdiğini kaydetmişlerdir. Bu deneme sonucuna göre bakıldığında B 5 kg/ha toprak uygulaması ve Mo 1.5 g/kg tohum ile tohum uygulama kombinasyonu önemli ölçüde daha yüksek tane verimi verdiğini kaydetmişlerdir.

2.4.1.d. Soya Fasulyesi

Soya fasulyesi nispeten B eksikliğine duyarsız kabul edilir (Martens ve Westermann, 1991; Touchton ve Boswell, 1975).

Dünyada ve Türkiye'de baklagil bitkilerinden olan soya fasulyesiyle ilgili yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında farklı sonuçların bulunduğu dikkat çekmektedir.

Yılmaz (1999), yaptığı çalışmasında Kahramanmaraş koşullarında iki yıl süreyle yürütmüş olduğu ve soya bitkisinde farklı olan sıra arası mesafeleri ile sıra üzeri mesafelerini incelemiş, inceleme sonucunda bitkide bakla sayısının 27.9-45.0 adet, tane veriminin 182.1-438.5 kg/da olduğunu, bitki boyunun 64.3-73.4 cm ölçüldüğünü, ilk bakla yüksekliğinin 10.0-12.9 cm, bin tane ağırlığının 124.0-153.0 gram, ham protein oranının %28.3-31.1 ve ham yağ oranının ise %19.4-26.6 arasında olduğunu tespit etmiştir.

Rahman ve ark. (1999); yapmış oldukları bu çalışma, genç soya fasulyesi bitkilerinde B eksikliği ve fazlalığının bitki büyümesi, nodül gelişimi ve nodül asetilen indirgeme aktivitesi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Deneyde Tachinagaha adlı bir soya fasulyesi çeşidi kullanılmış ve farklı B seviyelerine sahip besin çözeltisi ile yetiştirilmiştir. Yapmış oldukları çalışma sonucuna göre; Soya fasulyesi üzerinde yapılan araştırmalarda, kuru sürgün ağırlığı, taze kök ağırlığı, kök uzunluğu, DMN (toplam nodüllerin sayısı), tam nodül sayısı ve ARA için kritik B eksikliği seviyeleri sırasıyla yaklaşık olarak 46, 35, 34, 57, 60 ve 50 mg/kg B kuru madde olarak belirlendi. Kritik toksisite seviyeleri ise yaklaşık 114, 137, 134, 97, 104 ve 89 mg/kg B olarak

saptanmıştır. Çalışma sonucuna göre en etkili B konsantrasyonunun 0.4 mg/L B olduğunu bildirilmiştir.

Freeborn ve ark. (2001); Bu çalışmada gerçekleşen deneyler N ve B'nin farklı uygulama oranları ve üreme aşaması zamanlamalarının soya fasulyesi tohum verimine etkisini, çeşit, sıra aralığı ve ekim tarihinin soya fasulyesinin R3 aşamasındaki N ve B uygulamalarına karşı tepkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmalarında N'u, toprağa 0, 14, 28, 56, 84, 112 veya 168 kg/ha ya da yapraklara R3 veya R5 aşamasında; B ise 0, 0.14, 0.28 veya 0.56 kg/ha olarak uygulamışlardır. Çeşit, sıra aralığı ve ekim tarihi deneylerinde ise sırasıyla 0 + 0. 56 + 0. 0 + 0.28 ve 56 + 0.28 kg/ha oranında N+B uygulanmıştır. Uygulamalarında hiçbir uygulama oranı veya aşaması, tohum verimini artırmamış; çeşit, sıra aralığı veya ekim tarihi de bu durumu değiştirmemiştir. Yapılan çalışmada ek uygulamalara yanıt alınmaması, toprak ve mineralizasyon yoluyla sağlanan N ile doğal B seviyelerinin bölgede yeterli olduğunu ortaya koymaktadır.

Karasu ve ark. (2002) yaptıkları çalışmalarında; Bursa ili şartlarında sekiz soya fasulyesi çeşidiyle üç yıl boyunca yürütmüş oldukları çalışmalarında ilk baklanın yüksekliğinin 14.1-23.7 cm olduğunu, bitki boyunun 77.3-136.1 cm ölçüldüğünü, bitkide bakla sayısının 39.8-61.2 adet, tane veriminin 166.5-210.7 kg/da ve bin tane ağırlığının 176.0-194.0 gram arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Sarker ve ark. (2002); bu araştırma kapsamında, B ve S gübrelemesinin soya fasulyesinin verimi, kalite özellikleri ve besin maddesi alımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Denemelerini, beş farklı S seviyesini (0, 10, 20, 30 ve 50 kg/ha S) ve beş B seviyesini (0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 kg/ha B) içerecek şekilde tasarlanmıştır. Yaptıkları araştırma sonucunda verim özellikleri bakımından B ve S'ün tek tek uygulanması dikkate değer bir etki göstermiştir. Uygulanan dozlardan özellikle, en yüksek biyolojik verim ve verimle ilgili özelliklerin önemli bir kısmı, 30 kg S ve 1.0 kg B hektar başına uygulandığında elde etmişlerdir. Ayrıca artan B ve S dozunda protein ve yağ içeriği artmış ama etkilerinin belirgin olmadığını bildirmişlerdir. Genel sonuç olarak baktıklarında 30 kg uygulanan S ve 1 kg uygulanan B dozunun bakılan tüm parametrelerde etkisinin önemli olduğunu kanıtlamışlardır.

Yang ve ark. (2004); bu çalışmada, iki soya fasulyesi çeşidi olan Williams ve Nanrong 73-935 fideleri, Al (0, 2 ve 5 mM) ve B'nin (0, 5 ve 50 μ M) faktöriyel kombinasyonlarını içeren bir çözeltide 18 gün boyunca tesadüfi tam blok tasarımıyla yetiştirilmiştir. Araştırmanın sonuçları, yüksek B seviyelerinin, 2 mM Al stresi altında kök uzunluğunu ve 5 mM Al stresi altında epikotil uzunluğu ve taze ağırlığı önemli ölçüde artırarak Al toksitesinin etkilerini hafiflettiğini göstermiştir. Ancak, yüksek B konsantrasyonu Al stresi altında klorofil içeriğinde belirgin bir artış sağlamamıştır. Williams çeşidi, büyüme karakterleri ve klorofil içeriklerine bakıldığında Nanrong 73-935'e göre daha duyarlı olarak tespit edilmiştir. Her iki çeşit de tek başına B eksikliği stresine karşı benzer hassasiyet gösterse de Al toksisitesi ile B eksikliği durumunda farklı tepkiler vermişlerdir. Ek olarak,

yüksek B konsantrasyonunun Al stresi altında olmayan her iki çeşitte kök uzunluğu ve yaşlı yapraklarda toksisite semptomlarına yol açtığı bulunmuştur.

Cirak ve ark. (2006) tarafından yapılmış oldukları çalışmalarında farklı oranlarda ve yapraktan B uygulamasının 'A 3935' soya fasulyesinin (*Glycine max L. Merr.*) bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bakla/bitki, tohumun B içeriği, çimlenme oranı, bin tohum ağırlığı, tohumun yağ, protein ve kül içeriği ile verimi üzerine etkisini incelemek amacıyla bir deneme yürütmüşlerdir. Bu deneme alanlarında topraktan B'ü 0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg/ha ve yaprak uygulaması olarak B'ü %66.14 B₂O₃ şeklinde uygulamışlardır. Yapmış oldukları çalışmaları sonucunda; yapraktan veya topraktan artan dozlarda uygulanan B'un soya fasulyesinde verimi %40, ilk bakla yüksekliğini %17, tohumdaki B içeriğini %42, çimlenme oranını %11 ve bin tohum ağırlığını ise %5 oranında arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Ross ve ark. (2006); soya fasulyesinin nispeten B'a duyarlı olduğunun düştüğü ve B'un eksikliğinin yapmış oldukları kuzeydoğunun Arkansas bölgesinde soyada yaygın olduğunu görmüşlerdir. Amaçları çalışmalarında B'un uygulama zamanı ve oranının soya fasulyesinde büyüme ve tane verimi üzerinde etkisinin araştırmaktır. Uygulama yaptıkları parsellerde alkali silt-tınlı toprakta olmak üzere saha çalışmaları ve uygulama yaptıkları; 0.28, 0.56, 1.12 ve 2.24 kg/ha B dozunu kullanmışlardır. Bu uygulamaları B'un V2 veya R2 büyüme aşamalarına yakın olarak vermişlerdir. Uyguladıkları bu dozlara ve çalışma sahalarındaki sonuçlarına göre; uygulanan B'un tohum veriminde artışa sebep olduğunu göstermektedir. B'a en duyarlı olan sahada V2 aşamasında tohum verimini %13 artırdığı görülmektedir. B oranının artması ayrıca yaprak ve tohum B konsantrasyonlarını arttırdığını bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda erken vejetatif ve büyüme sırasında uygulanan B'un maksimum verim için yeterli olduğu gözlemlenmiştir.

Oluk ve ark. (2008) soya fasulyesi (çeşit: Umut 2002) bitkisinin büyümesi ve gelişimi üzerine B fazlalığının etkileri araştırdıkları çalışmalarında yetiştirme ortamı olarak perlit kültüründe soya fasulyesi tohumlarını çimlendirilerek 1 ay boyunca yetiştirdikleri soya fasulyesi bitkilerine ortamdaki B'un fazlalığı üzerine (0.1 mM) etkilerini araştırmışlardır. Araştırmalarındaki sonuçlarına bakıldığında; B'un fazlasının tohumun çimlenmesini olumsuz etkilediğine, 30 gün boyunca bu süre içerisinde bitkinin gövde yüksekliğinin B fazlalığına bağlı olarak arttığını ve kök uzunluğunun azaldığını gözlemlemişlerdir. B fazlalığının bitkide kök ve gövde ile taze ve kuru ağırlığını artırdığı fakat bu artışa istatistiki olarak bakıldığında bir önemi olmadığı görülmüştür. İlave edilen B'un fotosentetik verimliliğe etkisi olmazken yaprak protein içeriğinin düşmesine neden olduğu görülmüştür.

Layek (2008) Hindistan'ın alüvyonlu kumlu tınlı topraklarda "Soya fasulyesinin S ve B beslemesine tepkisini görmek için bir tarla deneyi gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarında beş farklı S dozu 0, 10, 20, 30 ve 40 kg/ha ve dört farklı B dozu 0, 0.5, 1.0 ve 1.5 kg/ha kullanmışlardır. S ve B dozunun soya fasulyesinde önemli etkisi olduğunu gözlemlemişler. Sonuçlarına göre 30 kg'a kadar S ve 1.0 kg'a kadar B uygulaması, bitki boyu, kuru madde birikimi, dal sayısı, yaprak alanı indeksi

vb. gibi büyüme parametrelerinde ve bakla/bitki sayısı, tohum/bakla, tohum indeksi vb. gibi verim özelliklerinde ve soya fasulyesi veriminde önemli ölçüde artış olduğunu gözlemlemişlerdir. Çalışmaları sonucuna bakarak baklagil bitkisi olan soya fasulyesinin verimliliğini ve kalitesini artırmak ve toprak sağlığını sürdürmek için S ve B uygulamasına ihtiyaç olduğu sonucuna varılabileceğini bildirmişlerdir.

Dinesh ve ark. (2009); S ve B eksikliği bulunan toprak koşullarında soya fasulyesine S ve B ilavesinin çeşitli büyüme aşamalarında, yani 55 gün sonrası ve olgunluk döneminde, verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla kuzeybatı Hindistan'da bir sera deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneyde uygulamalar, ekim sırasında toprağa katılan S ve B miktarlarının dört farklı seviyesini içermektedir. S seviyeleri sırasıyla 0, 6.5, 13.4, ve 20.1 mg/kg S iken, B için seviyeler 0, 0.22, 0.44 ve 0.88 mg/kg olarak belirlenmiştir. Ekimden sonraki 55. günde en yüksek kuru madde verimi, saksı başına 19.3 g olarak B0.44 S13.4 uygulamasından elde edilmiştir. Olgunluk evresinde ise en yüksek saman verimi saksı başına 25.2 g ve tane verimi saksı başına 7.3 g yine aynı uygulama ile tespit edilmiştir. Aynı zamanda, S ve B'un birlikte kullanımı en yüksek yağ içeriğini, yüzde 21.7 oranıyla, B0.44 S13.4 uygulamasında sağlamıştır. Klorofil 'a' ve 'b' seviyeleri de ekimden 55 gün sonra kademeli S ilaveleriyle anlamlı derecede artış göstermiştir.

Devi ve ark. (2012) Hindistan'da yapılan bu denemede, S ve B gübrelemesinin soya fasulyesinin verim, kalite ve besin maddesi alımı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Denemede beş farklı S (0, 10, 20, 30 ve 40 kg S) ve beş farklı B (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg B) kullanılmıştır. Genel olarak yaptıkları bu çalışma sonucunda; hektar başına 30 kg S uygulaması ve hektar başına 1.5 kg B uygulamasının diğer dozlara oranla baklagil bitkisi olan soya fasulyesinin maksimum verim özelliklerini, verimi, yağ ve protein içeriğini, toplam S ve B alımını, net getiriyi, maliyeti ve fayda oranını en üst düzeyde elde etmek için en uygun S ve B seviyeleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Bellaloui ve ark. (2013) bu çalışmada yaprak B'nin tohum bileşenleri olan protein, yağ, yağ asitleri ve şekerler üzerindeki etkilerini incelemektedirler. Tekrarlanan sera deneyi kapsamında soya fasulyesi bitkilerinin yarısı su stresine (WS) maruz bırakılırken, diğer yarısı ise düzenli sulanmıştır. H_3BO_3 formundaki yaprak B (FB) 1.1 kg/ha oranında iki kez uygulama yöntemiyle bitkilere vermişlerdir. Bu uygulamalardan ilki çiçeklenme aşamasında, ikincisi ise tohum doldurma aşamasında gerçekleştirilmiştir. FB'siz su stresi yaşayan bitkiler (WS-B), FB'li su stresi yaşayan bitkiler (WS+B), FB'siz düzenli sulanan bitkiler (W-B) ve FB'li düzenli sulanan bitkiler (W+B). W-B grubu kontrol olarak değerlendirilmiştir. WS-B bitkileriyle kıyaslandığında, W+B bitkilerinin yaprak ve tohumlarında B konsantrasyonu en yüksek seviyede çıktığını gözlemlemişlerdir. Su stresi koşulları hem B uygulanmış hem de uygulanmamış bitkilerin tohumlarındaki $\delta^{15}N$ ve $\delta^{13}C$ değerlerinde değişim yaratarak, azot ve karbon metabolizması üzerinde muhtemel etkileri göstermektedir. Bu çalışma, FB'nin yapraklar ve tohumlarda B birikimini arttırdığını ve hem iyi sulanmış hem de su stresi altındaki bitkilerin tohum kompozisyonunu değiştirdiğini ortaya koymaktadır.

Kumar ve ark. (2013) Hindistan'ın kuzeybatısında iki yıl süresince yürütülen bu sera çalışmasında, amaçları kireçli topraklarda S ve B eksikliğini gidermeyi hedeflemişler ve özellikle soya fasulyesi bitkisinin verim ve verimle bağlantılı karakterleri üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Farklı büyüme aşamalarında (örneğin; 55 gün ve olgunluk evreleri) S ve B'un etkilerini ayrıntılı bir biçimde değerlendirmişlerdir. Deney sırasında, toprağa sırasıyla 0, 6.5, 13.4 ve 20.1 mg/kg dozlarında dört farklı S seviyesi uygulamışlar ve ayrıca ekim esnasında 0, 0.22, 0.44 ve 0.88 mg/kg dozlarında B seviyeleri de uygulamışlardır. Araştırmanın bulgularına göre, en yüksek kuru madde verimi, ekimden 55 gün sonra dağıtılmış veya hasat edilmiş olarak B0.44 ve S13.4 uygulama kombinasyonunda gözlemlenmiştir. Genel sonuç olarak tüm parametrelerde B ve S'ün birlikte uygulanmasının sinerjik etkisi, her iki büyüme aşamasında da saman ve tanelerdeki S ve B alımını arttırmış, bu etkinin B0.44 S13.4 seviyesindeki uygulamada gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

Bangar ve Khandagale (2015) B ve S'ün soya fasulyesindeki verim, büyüme ve verim öğeleri üzerine yapmış oldukları çalışmalarında; 0, 30 ve 40 kg/ha olmak üzere üç S seviyesi ve 10, 15 ve 20 kg/ha olmak üzere üç B seviyesi ve bu iki elementin birlikte uygulandığı S 30 kg/ha + B 15 kg/ha ve S 40 kg/ha + B 20 kg/ha kombinasyonlarını uygulamışlardır. Çalışmaları sonucunda en iyi verimi S 40 kg/ha + B 20 kg/ha uygulamasından aldıklarını bildirmişlerdir.

Seidel ve ark. (2015); soya fasulyesi yetiştirilirken farklı yaprak gübresi oranlarının B ve Ca uygulamalarının verim bileşenleri ile özellikle çiçeklenme döneminde (R3 fenolojik aşaması) soya fasulyesi verimi üzerindeki etkilerini detaylı bir şekilde incelemektedir. Brezilya'nın Paraná Eyaleti, Quatro Pontes bölgesinde yürütülen bu deneme Ca ve B içeren (%10 Ca+ ve %0.5 B) ticari bir gübre ile gerçekleştirilmiştir. Bu yaprak gübresi, çimlenme sonrası 30 gün sonra ve bitkiler R3 aşamasındayken uygulanmıştır. Uygulanan ve alınan bu sonuçlara göre; çimlenmeden 30 gün sonra uygulanan Ca ve B içeren yaprak gübresi, soya fasulyesinde verimi etkilememiştir.

Enderson ve ark. (2015) yapmış oldukları bu çalışmaları soya fasulyesinde 42 farklı yapılan testler aracılığıyla toprak ve bitki dokusu arasındaki etkileşimleri değerlendirmektedir. Yapraklardan yapılan B uygulamasının tane verimi üzerindeki etkisi, Cu, Mn ve Zn elementleriyle birlikte toprak ve bitki dokusu bağlantıları üzerinden de incelemişlerdir. Toprak analizi sonuçları, B için 0.23 ila 1.66 mg/kg, Cu, Mn ve Zn için sırasıyla 1.6 ila 4.2, 31.5 ila 128 ve 1.2 ila 11 mg/kg arasında değişim göstermektedir. Doku testleri ise bu elementlerin farklı konsantrasyon aralıklarında bulunduğunu ortaya koymaktadır. Araştırma bulgularına göre, gerçekleştirilen gübreleme uygulamaları genel olarak verim artışına katkı sağlamış ancak tane konsantrasyonlarını önemli ölçüde yükseltmemiştir. Genel olarak bakıldığında ise; toprak ve doku testleri arasındaki ilişkilerin zayıf olduğu ve mevcut çalışma koşullarında yayınlanan toprak ve doku yeterlilik aralıklarının çok yüksek olduğu ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Longkumer ve ark. (2017) yaptıkları çalışmalarında B ve S uygulamasının soya fasulyesinin büyümesi, verimi ve kalitesi üzerindeki etkisini görmek amacıyla kuzeydoğu Hindistan'ın asidik topraklarında en iyi ürünün hangi dozda olduğunu bulmak amacıyla bir tarla deneyi

yürütmüşlerdir. Uygulamalarında 4 farklı S dozu (0, 20, 40 ve 60 kg/ha), dört düzeyde B dozunu (0, 0.5, 1.0 ve 1.5 kg/ha) kullanmışlardır. Genel olarak araştırma sonucuna baktıklarında B ve S'ün tek başına uygulanmasının soya fasulyesinde verim ve kaliteyi arttırdığı görülmektedir. S dozunun tek başına uygulandığında S40'ta en iyi verimi (1767 kg/ha) verdiğini bunun kontrol verimden (1458 kg/ha) %21.2 daha yüksek olduğunu görülmektedir. B uygulamasının ise B 1.5'te maksimum verimi (1578 kg/ha) ürettiğini ve kontrolden %8.23 daha yüksek olduğu görülmektedir. Uygulamada S40 ve B1.5'in birlikte uygulanmasıyla kontrole göre %57.4'lük bir verim artışı kaydedildiğini bunların ürün performansı üzerindeki sinerjik etkisini göstermektedir. Yapılan analizler sonuçlarına göre araştırmacılar kuzeydoğu Hindistan'ın asidik topraklarında diğer bölgelerde soya fasulyesinin en iyi verimi ve kalitesi için 40 kg S ve 1.5 kg hektara B'un birlikte kullanılmasını önermektedirler.

Gomes ve ark. (2017) iki farklı soya fasulyesi çeşidine farklı dozlarda ve çeşitli fenolojik evrelerde uygulanan B gübrelemesinin verim bileşenleri, verimlilik ve tohumların fizyolojik kalitesi üzerindeki etkilerini incelemektedir. Çeşitler genetik çeşit olarak BRS 7980 ve diğeri transgenik bir çeşit olan M 7739 IPRO olmak üzere iki çeşit soya fasulyesi üzerinde yapılmıştır. İncelenen faktörler arasında üç fenolojik aşama (V6, V9 ve R1) ile beş B dozu (0, 1, 2, 3 ve 4 kg/ha B) yer almaktadır. Yapılan analizlere göre sonuçlar, çeşitli fenolojik aşamalarda yapılan B gübrelemesinin birçok agronomik özelliğe belirgin bir etkisi olmadığını göstermiştir. Ancak ilginç bir şekilde, uygulamanın tam fenolojik aşamasından bağımsız olarak her iki çeşitte de verimlilik artışı sağladığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bakıldığında; maksimum üretim elde etmek için her iki çeşitte de önerilen B gübre dozu 3.51 kg/ha B olarak tespit edilmiştir.

Bellaloui ve ark. (2017) yaptıkları bu çalışmada Orta Güney ABD'de tohum kalitesine etki eden en kritik unsurlardan biri hasat zamanının olduğu ve yüksek sıcaklık koşulları altında yetiştirilen yüksek çimlenme kabiliyeti (HG) gösteren %50 egzotik soya fasulyesi ıslah hatlarının hasat zamanının tohum kalitesi üzerindeki etkilerini incelemektedirler. Araştırmaları üzerine kurmuş oldukları bu hipotezlerinde, yüksek çimlenme kabiliyeti (HG) hatlarının tohumlarının hasat olgunluğunda ve gecikmiş hasatta daha iyi bir tohum kalitesi için fizyolojik ve genetik özelliklere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Sulama koşulları altında yapmış oldukları 2 yıllık bir tarla denemesindeki sonuçlara baktıklarında, hasat olgunluğunda, egzotik HG hatlarının daha yüksek tohum proteini, oleik asit, şeker, tohum kabuğu B'una ve tohum kabuğu ligninine sahip olduğunu, ancak egzotik olmayan kontrollere kıyasla daha düşük tohum yağına sahip olduğunu göstererek hipotezimizi doğrulamışlardır. Ayrıca, hasat olgunluğundan 28 gün sonra yapılan gözlemlerde, bazı HG hatlarında tohum proteini, oleik asit, şekerler, tohum kabuğu B'u ve tohum kabuğu lignini içerikleri kontrol gruplarına nazaran daha yüksek tespit edilmiştir

Sutradhar ve ark. (2017) soya fasulyesi doku besin konsantrasyonları üzerinde yapılan mikro besin elementlerinin uygulanması, tahıl verimi arasındaki ilişkiler ile toprak ve bitki doku testlerinin incelendiği bu çalışmada gübreler toprak yüzeyine uygulanmış ekimden önce toprağa karıştırılmıştır. Araştırmaları, B, Cl ve Zn uygulamasının soya fasulyesi trifoliat konsantrasyonunu artırdığını, ancak

Mn uygulamasının her bir besin maddesi için aynı etkiyi göstermediğini ortaya koymadığını bildirmişlerdir. Buna karşın, B, Cl, Mn ve Zn ilavesi soya fasulyesi tane verimini artırmamış ve tanedeki ürün kalitesi üzerinde düşük bir etki göstermiştir. Soya fasulyesi tane verimindeki artış, mikro besinlerin uzaklaştırılmasına bağlanmıştır ancak mikro besinlerin soya fasulyesi verimini artırması için varlığının gerekli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapmış oldukları çalışmalardan elde edilen bulgular, B, Cl, Mn ve Zn uygulamalarının genel olarak soya fasulyesi verimini artırmadığını, ancak düşük Mn seviyelerinin soya fasulyesi verimini artırabileceğini bildirmişlerdir.

Timotiwi ve ark. (2018) bu çalışmada, Lampung Üniversitesi'nde yapılan bir araştırma sonucunda, silika ve B konsantrasyonunun ve bunların etkileşiminin bitki büyümesi ve soya fasulyesi verimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Uygulamalarında 0 ve 5 ppm B gübresi ve 6 dozda 0, 25, 50, 75 ve 100 ppm silika dozu kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, yapraktan 5 ppm B uygulaması, B'a göre daha yüksek soya fasulyesi büyümesi ve verimi sağlamıştır. Ayrıca, yapraktan 125 ppm'ye kadar silika uygulaması, bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak alanı, kuru ağırlık ve verimli dal sayısı, bakla sayısı, dolu bakla ve tane ağırlığı değişkenleri aracılığıyla soya fasulyesi büyümesini ve verimini artırmıştır, ancak boş bakla yüzdesini etkilememiştir. Bu sonuçlar, soya fasulyesi büyümesinin ve veriminin artan silika konsantrasyonuna B bağlı olmadan yanıt verdiğini göstermiştir. Yaptıkları bu çalışma, bitki yetiştiriciliği uygulamalarında silika ve B'un önemini vurgulamaktadır.

Souza ve ark. (2018) mikro besin elementleri ve amino asitlerin (AA) yapraktan gübre olarak uygulanması genellikle ürün verimini yükseltmek amacıyla bitkilere püskürtülmektedir. Yaptıkları bu çalışmanın amacı, toprak işlemez sistemde (DTS) soya fasulyesi ve buğday ortak ekiminde B ve aminoasit uygulamalarının tahıl verimi (GY), fizyolojik özellikler, beslenme durumu ve verim bileşenleri üzerindeki etkilerini incelemektir. Sekiz değişik şekilde uygulama olarak yapılan bu deneyde, 0, 1, 2, 4 ve 8 kg/ha olarak B kaynağı şeklinde ve ayrıca yapraktan uygulanan amino asit karışımları (2 L/ha) olarak uygulanmaktadır. Bunların yanında kontrol uygulaması (B ve AA kullanmadan), 2 kg/ha B, 2 L/ha AA ve 2 kg/ha B+1 L/ha AA kombinasyonları da değerlendirilmiştir. Yapılan bu uygulamalar Soya fasulyesinde gelişme sürecinin belirgin bir aşamasında (V5) uygulanmıştır.

Yapılan ve değerlendirilen bu çalışma sonucunda; B ve amino asitlerin buğday ile soya fasulyesi üzerinde fizyolojik açıdan ve de verim bileşenlerinde anlamlı bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca B miktarı ne olursa olsun, yapraktan uygulanan B + AA'lar (2 L/ha) de, tınlı topraklar üzerinde toprak işlemez sistem altında soya ve buğdayda tane verimini artırmamıştır.

Gowthami ve ark. (2018) bu çalışmada soyada, yapraktan K, B ve Zn uygulamalarının kalite ve tohum verimine etkileri incelemişlerdir. Killi tınlı toprakta sekiz farklı uygulama olarak yapılan bu denemede uygulamalar; T1- %2 KNO₃ yapraktan 30 ve 60 gün sonra, T2- %50 ppm H₃BO₃ yapraktan, T3- %1 ZnSO₄ yapraktan, T4- yapraktan %2 KNO₃ + %50 ppm H₃BO₃, T5- yapraktan %2 KNO₃ + %1 ZnSO₄, T6- yapraktan %50 ppm H₃BO₃ + %1 ZnSO₄, T7- yapraktan % KNO₃ + %50

ppm H_3BO_3 + %1 $ZnSO_4$, T8- Kontrol (sadece su spreyi) olarak yapılmıştır. Deneyde elde edilen sonuçlar net olarak, yapraktan uygulanan %2 potasyum nitrat, 50 ppm H_3BO_3 ve %1 $ZnSO_4$ karışımı (T7), kalite parametreleri üzerinde diğerlerinden daha olumlu bir etki ettiğini göstermiştir.

Chaithra ve ark. (2018) Karnataka'nın Dharwad bölgesinde, B eksikliği bulunan vertisol üzerinde soya fasulyesinin büyüme, nodülasyon, verim özellikleri ve verim üzerindeki beslenme etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, RPP'nin yanı sıra toprakta (2.5 ve 5.0 kg/ha 10 DAS'de) ve yapraktan (%0.5 ve %1.25 45 DAS'de) solubor uygulamaları ile her iki yöntemin kombinasyonu olarak değerlendirmişlerdir. Uygulama yaptıkları bu dozlara göre sonuçlara bakıldığında; RPP ile toprakta 2.5 kg/ha solubor ve yapraktan %0.5 solubor uygulamasının büyüme ve verim parametrelerini önemli ölçüde iyileştirdiğini gösterdiğini bildirmişlerdir.

Pawlowski ve ark. (2019) baklagil bitkisi olan soya fasulyesi içinde eksikliği veya toksitesi verimde azalmaya neden olabileceğini bildirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmalarında amaç; bitkileri düşükten yükseğe doğru değişen B ve Zn konsantrasyonlarında yetiştirmektir. B ve Zn eksikliklerinin ve toksisitelerinin soya fasulyesinin büyümesi üzerindeki etkilerini ve diğer temel besin maddeleriyle etkileşimini inceledikleri çalışmalarında B'nin Mn ve Fe hariç tüm temel besin maddelerinin seviyelerini önemli ölçüde etkilediğini; Zn'nin ise en az bir bitki dokusunda tüm temel besin maddelerini önemli ölçüde etkilediğini yaptıkları denemeler sonucunda ortaya koymaktadırlar. Genel olarak bakıldığında bu çalışmanın amacı olarak B ve Zn eksikliklerinin ve toksisitelerinin bitki büyümesini nasıl etkilediğini ve bu iki elementin diğer önemli besin maddeleriyle etkileşimlerinin nasıl olduğunu göstermektedirler.

Fujiyama ve ark. (2019); araştırmış oldukları bu çalışma soya fasulyesinin vejetatif büyüme evresinde B uygulamasının fotosentez ve su kullanımı üzerindeki etkilerini incelemektedir. Serada saksı deneyi olarak yaptıkları bu denemelerinde soya fasulyesi (M8644 IPRO), daha önce dört farklı B konsantrasyonu (0, 1.5, 3.0 ve 6.0 mg/dm) ile gübrelenmiş killi bir oxisol toprağında çalışmışlardır. Net fotosentez oranı (Pn), hücreler arası CO_2 konsantrasyonu (Ci), terleme oranı (E) ve stoma iletkenliği (gs), V4 büyüme aşamasında bitkilerin ikinci üçlü yapraklarında ölçümler yapmışlardır. Anlık su kullanım verimliliği ($WUE_{is} = Pn/E$) ve içsel su kullanım verimliliği ($WUE_{ic} = Pn/gs$) hesaplandı. Toprağa B uygulanması, tüm bu değişkenlerin artmasına neden olmuştur ve en belirgin artışlar Pn, WUE_{is} ve WUE_{ic} değerlerinde gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Düşük miktarda B içeren killi bir oxisol toprağına B uygulaması, soya fasulyesinin fotosentez hızını ve vejetatif büyüme aşamasındaki su kullanım verimliliğini artırdı. Topraktaki sıcak suyla çıkarılan B'un optimal düzeyi, fotosentez ve su kullanımını en iyi hale getiren 0.38 mg/dm olarak belirlendi.

Hamurcu ve ark. (2019); Farklı B dozlarının (0, 2 ve 12 mg B/kg) dört soya fasulyesi çeşidi olan 13935, Türksöy, ME 3399 ve Deficiency üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Kurutulmuş bitki örneklerinin B içerikleri, kuru ağırlık, toplam yağ, biyokütle, tohum verimi (g/saksı), tohum protein içerikleri ve tohum yağ asidi kompozisyonları gibi parametreler üzerinde analizler yapmışlardır. B beslemesi, soya fasulyesi tohumlarının protein içeriğini artırırken sürgünlerin kuru

ağırlığını azaltmıştır. Türksoy çeşidi, 2 mg B/kg uygulaması altında en yüksek stearik ve oleik asit oranlarına sahip olurken, 12 mg B/kg uygulaması ile Deficiency çeşidi en yüksek toplam yağ içeriğine ulaşmıştır. Doymuş yağ asitlerinin doymamış yağ asitlerine oranı, 13935 ve ME 3399 çeşitlerinde azalırken Türksoy ve Deficiency çeşitleri farklı B uygulamalar altında bu değişimi göstermiştir. 13935 ve ME 3399 çeşitleri 2 mg B/kg ve 12 mg B/kg uygulamaları altında sırasıyla en yüksek α -linolenik asit seviyelerine ulaşmıştır. Çalışmaları sonucunda, yüksek B konsantrasyonlarının tohum verimini (Türksoy hariç) düşürdüğünü, protein içeriğini artırdığını ve doymuş-doymamış yağ asidi bileşimleri üzerinde değişken etkilerini gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu durum, B'un soya fasulyesinde tohum proteinleri ve yağ asitlerinin oluşumunda önemli bir rol oynadığını düşündürmektedir.

Chourasia ve ark. (2020); B uygulamasının soya fasulyesinin farklı bitki bölümlerindeki etkisini inceleyen bu araştırmayı, 2016 yılı Kharif sezonunda JS-97-52 soya fasulyesi çeşidi üzerinde gerçekleştirmişlerdir. Araştırma çiftliği'nde yürütülmüş olan ve üç ana uygulama periyodunu (tek yıl, alternatif yıl ve her yıl B uygulaması) kapsarken, önerilen NPK dozu ile beş farklı B seviyesi (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg/ha B) uygulaması kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmaları sonucunda yaprak ve gövdede B içeriği önemli ölçüde etkilenmiş; kök B uygulamalarında ve en yüksek 2.0 kg/ha B'de maksimum bulunduğunu bildirmişlerdir.

Rodrigues ve ark. (2019); B kaynağı olarak H_3BO_3 gübrelemesi, modern tarımda mikro besin maddesi eksikliklerini gidermek ve özellikle Cerrado topraklarında bitki metabolizmasını desteklemek için yaygın bir uygulama olduğunu ve bu nedenle, bu çalışmada soya fasulyesi yetiştiriciliği sırasında H_3BO_3 gübrelemesinin toprak ve yapraklar üzerindeki etkileri değerlendirmişlerdir. Üç farklı B dozunu (0, 0.62 ve 3.4 kg/ha) kullanmışlardır. Sonuçlara bakıldığında ise; yaprak uzunluğu, kuru kütle ve yaprak alanı gibi değişkenlerde en iyi sonuçlar, yaprak takviyesi olmadan 0 ve 3.4 kg/ha dozlarında toprak uygulamaları ile elde edilmiştir. Bitkilerdeki B içeriği hem toprak hem de yapraktan sağlanan mikro besin ile kademeli olarak artırdığını bildirmişlerdir.

Dias ve ark. (2020) araştırmanın amacı, çeşitli B dozlarının, uygulanma yöntemlerinin ve uygulama zamanlarının soya fasulyesinin B içeriği ve verimi üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Tarla denemesi olarak yürüttükleri çalışmalarında dokuz uygulama yapmışlardır: 0, 0.5, 1, 1.5 ve 2 kg/ha B; NPK (02-28-18) ile karıştırılarak 0.5 kg/ha B'nin ekim sırasında karıklara uygulanması; V4 soya fasulyesi aşamasında 0.3 kg/ha B yapraktan uygulanması; R1 soya fasulyesi aşamasında 0.3 kg/ha B yapraktan uygulanması ve V4'te 0.15 kg ha B, R1'de 0.15 kg/ha B yapraktan uygulaması ile dört tekrarlı. Analiz edilen değişkenler arasında yapraktaki B içeriği, tohumda ihraç edilen B miktarı, bitki başına bakla sayısı, bakla başına tohum sayısı, 100 tohumun ağırlığı ve verimlilik yer almıştır. Sonuç olarak bakıldığında; yapraklardaki B seviyeleri ilk sezonda 30.1 ila 43.8 mg/kg ve ikinci sezonda 65.0 ila 92.6 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Tohumlarla taşınan B miktar ilk sezonda

166 ila 248 g/ha ve ikinci sezonda 208.9 ila 260.8 g/ha arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.

Domingos ve ark. (2021) Ca ve B içeren yaprak gübresinin farklı uygulama dozlarının soya fasulyesi tohumlarının performansını etkileyip etkilemediğini değerlendirmek için yapmışlardır. Bu araştırmanın amacı, R3 aşamasında (bakla oluşumunun başlangıcı) Ca (%20) ve B (%4) içeren yaprak gübresinin farklı oranlarda (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 kg/ha) uygulanmasından sonra soya fasulyesi tohumlarının agronomik performansını, fizyolojik kalitesini ve besin içeriğini değerlendirmişlerdir. Gübreleme yapmak, tohumların besin içeriğini ve fizyolojik kalitesini artırmıştır. Yaprak gübresi, tane S ve N seviyelerini artırmış, ancak P ve Mg seviyelerini azaltmıştır. Ayrıca, çimlenme hızını da artırmıştır. Verim ve bakla sayısında da artış görülmüştür. Ancak, bu sonuçların toprak verimliliği ve iklim koşullarına bağlı olarak değiştii belirtilmiştir. Ca ve B yaprak gübresi uygulaması, bitkilerin besin talebini karşılamak ve tohum üretimini artırmak için etkili bir yöntem olabilir.

Campos ve ark. (2021) yapmış oldukları araştırmanın ana amacı, toprak yoluyla uygulanan B miktarlarının ve zamanlamalarının, soya bitkisinin kalitesi üzerindeki farklı etkilerini incelemenin yanı sıra, bu etkilerin depolama sürecinden sonraki fizyolojik özellikler üzerindeki yansımalarını değerlendirmeyi amaçlamaktadırlar ve bu nedenle araştırmalarında iki ayrı deney gerçekleştirmişlerdir. İlk deneylerini, beş farklı gelişim aşaması (V0, V3, V6, V9 ve R1) ve altı çeşitli dozda (0, 1, 2, 3, 4 ve 5 kg/ha) B uygulamalarının etkilerini inceleyen 5 x 6 faktöriyel bir tasarım kullanılarak yürütülmüştür. Aynı aşamalar ve dozların kullanıldığı ikinci deney ise laboratuvar ortamında gerçekleştirmişlerdir. İkinci aşamadaki amaçları ise 6 aylık depo sonucunda tohumların fizyolojik ve besin değerlerini incelemektir. Çalışma sonuçları, üreme aşamasının en iyi ortalamaları verdiğini göstermiştir. Kullanılan dozlar, çoğu test için olumlu etkiler sunarken, depolanan tohum kalitesini korumak için B gübrelemesi gereksiz bulunmuştur.

Das ve ark. (2022) S ve B'un; soya fasulyesinin büyümesi ve verimi üzerindeki etkisini değerlendirmek üzere Bangladeş Ziraat Üniversitesi, Mymensingh Tarım Bilimi Tarla Laboratuvarı'nda bir deney gerçekleştirilmiştir. Denemede üç farklı S dozu içermektedir. 0, 20 ve 40 kg/ha S dozu ve dört farklı düzeyde B dozu 0, 1.0 kg/ha B bazal uygulama olarak, 0.5 kg/ha B bazal uygulama + 0.5 kg/ha B çiçeklenme öncesi dönemde yapraktan uygulama ve 0.5 kg/ha B yapraktan uygulama olarak 30 gün sonra ekim (DAS) + 0.5 kg/ha B'un çiçeklenme öncesi dönemde yapraktan uygulanmıştır. Sonuçlar, 20 kg/ha S uygulamasının en yüksek tohum ve sap verimini verdiğini ortaya koymuştur. Bazal olarak 0.5 kg/ha B uygulamasını takiben çiçeklenme öncesi aşamada yapraktan 0.5 kg/ha B uygulamasının en yüksek tohum ve sap verimini vermiştir. Bu çalışma, S ve B'un soya fasulyesinin büyümesini ve tohum verimini artırmada önemli bir rol oynadığını göstermiştir.

Yapılan başka bir çalışmada; S ve B gübrelemesinin soya fasulyesinin verim, kalite ve besin maddesi alımı üzerindeki etkisini incelemek amacıyla 2007-2009 yılları arasında Hindistan'da (Manipur) üç yıllık bir deneme yürütülmüş; deneme beş S seviyesi (hektar başına 0, 10, 20, 30 ve 40

kg S) ve beş B seviyesinden (hektar başına 0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg B) oluşmaktadır. Çalışmalarında, bitki başına düşen dal sayısı, bin tohum ağırlığının ve bitki başına bakla verime ilişkin karakterlerin S ve B uygulamasıyla kontrole kıyasla arttığını ortaya koymuştur.

Genel sonuç olarak, hektar başına 30 kg S ve hektar başına 1.5 kg B uygulamasının, sırasıyla diğer S ve B seviyelerine kıyasla, yayla koşullarında soya fasulyesinin maksimum verim özellikleri, verim, yağ ve protein içeriği, toplam S ve B alımı, net getiri, maliyet ve fayda oranı elde etmek için optimum S ve B seviyeleri olduğunu ortaya koymuştur.

Nagar ve Kumar (2022) tarla denemesi olarak yaptıkları “Kireç ve B gübrelemesinin soya fasulyesi üzerine etkisini” adlı bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında dört B dozu 0, 0.5, 1.0 ve 1.5 kg/ha ve dört farklı kireç dozu 0, 0.3, 2.0 ve 5.0 t/ha uygulamışlardır. Sonuçlarına göre en yüksek verimi 5 t/ha kireç uygulamasından ve 1 kg/ha B uygulamasından elde etmişlerdir. Bu sonuçlar asidik olan topraklarda kireç ve B uygulamasının soya fasulyesi yetiştiriciliğinde verim artışı sağlayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, kireç ve B uygulamaları, asidik topraktaki B kullanılabilirliğini artırmak için önerilen önemli tedbirler olabileceğini bu çalışmalarının sonucunda öngörmüşlerdir.

Kaya ve ark. (2023) borun, soya fasulyesi, ayçiçeği ve haşhaşın çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki toksisite seviyesini değerlendirmek için yapılan başka bir çalışmada ise; Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tohum Bilimi ve Teknolojisi Laboratuvarı'nda standart çimlenme testleri yapılmış, denemede soya fasulyesi çeşidi olarak Arısoy çeşidi kullanılmış ve H_3BO_3 (%17 H_3BO_3) ve sodyum borattan (%20.9 $Na_2B_8O_{13} \cdot 4H_2O$) hazırlanan yedi B seviyesinde (2, 4, 8, 16, 30, 60 ve 90 mg/L B) çimlendirilmiştir. Ayçiçeğinde sürgün uzunluğu, 60 ve 90 mg/L B önemli ölçüde azalırken, soya fasulyesinde ise kesin bir B seviyesi belirlenememiştir. Genotipler arasında, uygulanan B dozuna verdikleri tepkiler açısından önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, B'un ayçiçeği, soya fasulyesi ve haşhaş tohumlarının çimlenme parametreleri üzerinde kayda değer bir olumsuz etkisi olmadığını göstermiştir.

Ayçiçeğinin sürgün uzunluğu artan B seviyeleri ile azalmasına rağmen, 2 ila 8 mg/L B arasındaki B dozlarının ayçiçeği, soya fasulyesi yararlı etkileri bulunmuştur. B'un ayçiçeği engelleyici etkilerinin 60 mg/L'de başladığı, soya fasulyesinin ise B seviyelerine karşı net bir hassasiyet göstermediği sonucuna varılmıştır.

Dameto ve ark. (2023) yaptıkları çalışmada B kaynaklarının ve oranlarının verim ve bileşenleri, beslenme durumunun soya fasulyesi yetiştirilen toprağın kimyasal özelliklerindeki değişiklikler üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Soya fasulyesi topraktaki alım etkinliğinden bağımsız olarak B elementine karşı hassasiyeti büyük olduğundan, soya fasulyesi ürünlerinde B eksikliği sık görülen bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmalarında B kaynağı olarak H_3BO_3 ve uleksit B dozu olarakta beş farklı B dozu (0, 2, 4, 8 ve 16 mg/kg) kullanmışlardır.

Çalışmaları sonucunda; H_3BO_3 uygulaması, soya fasulyesi bitkisinde yapraklarda ve toprakta uleksit ile elde edilenlerden daha yüksek B seviyeleri ile sonuçlandığını gözlemlemişlerdir. En

yüksek verim 4 mg/kg bulunurken 8 ve 16 mg/kg de toksik etki göstermiştir. Ayrıca, B uygulaması yapraklardaki N, S, Fe ve B konsantrasyonlarını artırırken P ve K'yı da azalttığı görülmüştür.

Zimicz ve ark. (2023) "İki Soya Fasulyesi Çeşidinin B Toksisite Toleransının Karakterizasyonu" adlı çalışmalarında sulama suyundaki artan B konsantrasyonlarının iki soya fasulyesi çeşidinin (M 6210 ve NS 8288) çimlenmesi, büyümesi ve kök anatomisi üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Farklı düzeylerde uyguladıkları B konsantrasyonlarını (0.5, 1.0, 2.0, 4.0 ve 8.0 mg/L) kullanılarak standart çimlenme ve saksı deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmaları sonucunda elde etmiş oldukları kökleri mikroskop altında incelediler. Artan dozlardaki B çimlenme yüzdeleri (NS 8288'de) ve değerlendirilen büyüme değişkenlerinin çoğunu azalttığını ve çeşitler arasında önemli farklılıkların olduğunu göstermektedir. Analizler sonucunda uygulanan dozlar arasında 1.0 mg/L B'un bitkide verim kayıplarına neden olduğunu göstermektedir. Artan B konsantrasyonlarının çimlenmede, büyümede ve ksilem damarlarının çapında da bir azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir.

Habib ve ark. (2023) yaptıkları "Soya Fasulyesi Çeşitlerinin Jipsli Toprakta Fe ve B Kullanan Yaprak Gübrelerine Tepkisi" adlı çalışmalarında baklagil bitkisi olan soyanın yaprakta B ve Fe uygulamalarının tepkisini gözlemlemişlerdir. Yapmış oldukları deneylerinde dört farklı soya çeşidi (Lee, Dee, Shaimaa ve Laura) ve dozunu (damıtılmış su, Fe (0.1 mg/L), B (0.3 mg/L) ve Fe + B (0.1mg/L + 0.3 mg/L) kullanılmıştır. Sonuçlara göre, B ile gübrelenen bitkilerde bitki boyu, tohum ağırlığı ve bitki veriminin arttığını göstermiştir. Bitki başına bakla sayısını B (%34) ve Fe (%37) eklendiğinde önemli ölçüde arttırmıştır. Çeşitler arasında ise en yüksek verimi Shaimaa çeşidinden almışlardır.

Freitas ve ark. (2024) yapmış oldukları bu çalışma yüksek soya fasulyesi verimi için B gübresinin önemini değerlendirmektedir. Brezilya'da yapmış oldukları bu araştırmada, 10 farklı soya fasulyesi çeşidi ve iki farklı B (uygulamanın yapılmadığı, 3 kg/ha gübreleme seviyesi kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmalarında B gübresinin kullanımı, su kullanım etkinliği, karboksilasyon etkinliği, tohumdaki B'un içeriğini, B ihracatı ve tane verimi gibi farklı değişkenler üzerinde etkili olmuştur. B gübresinin genel olarak fizyolojik ve besinsel özellikleri iyileştirdiği ve tane verimi ile tohumdaki B'un içeriğini artırdığı görülmüştür. Özellikle çalışmalarında kullandıkları 7110 ve Soyoro çeşitlerinde B gübresinin etkisinin daha belirgin olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu araştırmanın sonuçları, B gübresinin çoğu soya fasulyesi çeşidinin performanslarını artırdığını göstermektedir.

2.4.1.e. Mercimek

Hakkoymaz ve ark. (2006) tarafından yapılan bir araştırmada Selçuk Üniversitesinde bulunan alanlarında kuru şartlarda baklagil bitkisi olan mercimek çeşitlerinin uyumu ve B toksitesine nasıl tepki verdiklerinin belirlenmesi için bir çalışma yürütülmüştür. Tesadüf bloklarında bölünmüş parsellerin olduğu deneme desenine göre 4 tekerrürlü kurulmuş olan bu denemede; ana olarak

parsellere çeşit olarak (Sultan, Emre-20, Malazgirt-89, Erzurum-89, Ali Dayı ve Meyveci-2001) olarak seçilmiş ve alt parsellere B'un farklı dozları (B0: kontrol, B1: 1.25 kg B/da B2: 3.75 kg B/da) artan miktarlarda olacak şekilde uygulama yapılmıştır.

Konya Bölgesine uyumu ve B toksitesine tepkilerinin nasıl olduğunun belirlendiği bu çalışmada; uygulanacak B'un miktarı, ekimden önce deneme toprağından alınan toprak analiz sonucuna göre belirlenmiş olup 0 kg/da B0, 1.25 kg/da B1 ve 3.75 kg/da B2 dozlarında H_3BO_3 uygulanmıştır.

Çalışmada hasat sonunda B dozlarının verimine bakılmış olup; çeşitler arasında ortalamaları alınarak en yüksek tane verimi 102.20 kg/da ile B1 uygulamasından elde edilirken, bunları takiben azalan sıra ile B0 (100.83 kg/da) ve B2 (75.44 kg/da) uygulamaları takip ettiği görülmektedir. Çalışmada en yüksek olarak alınan tane veriminin B1 dozu olduğunu ve en düşük tane veriminin alındığı B2 dozunun arasındaki farkın dekara 26.76 kg/da olduğunu ve B2 dozunun, çalışmada kullanılan mercimek çeşitleri arasında tane verimlerini önemli ölçüde azaltmış olduğu göstermektedir.

Genele bakıldığında bitkiler için yeterli düzeyde B içeren deneme yeri toprağına 1.25 B1 ve 3.75 B2 kg/da B dozunda uygulanan B'u bazı araştırmacılar (Sinha ve ark. 1991; Sirvastava ve ark. 2000, Singh ve Nayyar, 2004) tarafından belirtildiği gibi baklagil bitkisi olan mercimek bitkisi için toksiteye neden olabilecek miktarda olduğunu söylemişlerdir.

Yapılan bu deneme sonuçlarına bakılarak B1 dozu uygulamasının, kontrole uygulamasına göre daha yüksek tanede verime etki yaptığı tespit edilmiştir. B seviyesi normalin altında olan topraklarda B yoğunluğuna göre yapılan B uygulamasının tanede verimi arttırabileceğine ancak daha yüksek dozdaki B uygulamalarının verimi olumsuz yönde etkilediği görülmektedir.

Assunção ve Macherenhas (1988) da yapmış oldukları bir çalışmada benzer sonuçları elde etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada; 0.5 ve 2.5 kg/da B uygulamasının baklagil bitkisinin verimini olumlu olarak etkilediğini gözlemlemişlerdir (Takkar ve ark., 1997).

Sinha ve ark. (1991) B noksanlığı görülen kireçli olan topraklara 0.15 kg/da borax uygulamasının mercimeğin tane verimini 21 kg/da artırdığını tespit etmişlerdir.

Sakal ve ark. (1988) göre, L-9-12 mercimek çeşidinde dekara 0.25 kg B uygulamasından etkilenmediğini ama Pant L/406 ve DL-77-2 çeşitlerinin B uygulamasından çokça etkilendiğini görüp belirlemişlerdir. Konya ekolojik şartları altında yapılan bu çalışmada ise yapılan araştırmalar denemeler sonucunda B2 uygulanan parsellerde tane verimi kontrol parsellere göre oldukça düşük etki etmiştir. Tanedeki azalmanın muhtemel nedeni uygulanan bu dozdaki B'un bitki gelişimi üzerinde çeşitli olarak toksik etkilerinin bulunmasıdır.

Singh ve Nayyar (2004); 0.2 kg dekarın üzerindeki olan B'un baklagil bitkilerinde toksik etki yaptığını söylemiştir.

Chakraborty (2009) yaptığı bu tarla demesini kış mevsimlerinde RRSS, Sekahmpur, BCKV'de, B ve Mo'nun doğal olarak fakir lateritik topraklarda yetiştirilen mercimeğin büyümesi ve verimi üzerindeki etkisini incelemek için yürütmüştür. B ve Mo uygulamasıyla birlikte bitkinin üst kuru madde oranı artmıştır. Toprakta B uygulaması ile yaprakta Mo uygulaması mercimek bitkisinin verim özelliklerini ve verimini artırmıştır.

Yapılan bu çalışma sonucuna göre; lateritik topraklarda mercimek yetiştirmenin besin maddelerini, özellikle daha çok mikro besin maddelerini azalttığını, bu nedenle de verimde kayıplar meydana geldiğini ve mikro besin maddelerinin uygun uygulama yöntemleri ve uygun dozlarla ilave edilerek geri kazanılabileceğini göstermiştir.

Singh ve ark. (2015) B'un mercimek tarafından verim, kalite ve besin alımı üzerine etkisini araştırmak üzere bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında tesadüf blokları deneme desenine göre beş farklı B dozu (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg/ha) uygulaması yapılmıştır. Denemeleri sonucunda B'un 1.0 kg/ha kadar uygulanması mercimek bitkisinin tane ve saman verimini sırasıyla %20.4 ve %16.2 oranında önemli ölçüde artırırken, yüksek B seviyesinde (2.0 kg/ha B) verimde düşme gözlenmiştir. Maksimum protein içeriği (%220) ve tane verimi (350.2 kg/ha) sırasıyla 2.0 ve 1.0 kg/ha B olarak görülmüştür.

Naznin ve ark. (2020) Bangladeş'te yaptığı 6 farklı B dozunu (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 2.5 kg/ha) uyguladıkları siyah mercimekte BARI Mash-3 çeşidini kullanarak verim ve kalitesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Uygulamaları sonucunda 1 kg/ha tane ve sap veriminde etkisinin önemli olduğunu ve verimde artış olduğunu bildirmişlerdir. B'un bitkide morfoloji üzerine etkisinin olduğunu göstermiştir. Uygulama yapılan B'un bitkide daha fazla dal oluşumu, daha fazla uzun bakla ve tohum sayısı olduğunu gözlemlemişlerdir. B uygulaması ayrıca bitki besin içeriğinde de artış sağlamıştır. Ayrıca uygulanan B'un toprağın organik madde ve besin durumunu da arttırdığını tespit etmişlerdir.

Kumari ve ark. (2021) Batı Bengal'de baklagil bitkisi olan mercimek (*Lens culinaris*) ekim ve mikro besin elementlerinin yaprakta püskürterek uygulamanın etkisini belirlemek adlı bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Çalışmalarında ana parsellere ekim tarihleri (Kasım ve Aralık) alt parsellere de yaprakta uygulayacakları mikro besinleri uygulamışlardır. (Zn %0.5 ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), Fe %0.5 ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), B %0.2 (Boraks %10.5), Zn %0.5 + B %0.2; Zn %0.5 + Fe %0.5; B %0.2 + Fe %0.5 ve Zn %0.5 + Fe %0.5 + B %0)

Yaptıkları analizler ve kullandıkları dozlar sonucunda Kasım ayında ekilmiş olan mahsulün önemli ölçüde ($P>0.05$) daha yüksek büyüme özellikleri, verim özellikleri ve verim ürettiğini açıkça göstermiştir. Kasımda ekilen ürün, aralık ayında ekilmiş olan ürüne kıyasla %52.9, %58.3, %11.3 ve %3.0 daha yüksek bakla sayısı, tohum verimi, sap verimi ve test ağırlığı kaydetmiştir. Çalışmaları sonucunda B %0.2 + Fe %0.5 mikro besin maddelerinin birlikte uygulanarak yaprakta püskürtülmesi, kontrol uygulamasından (772 ve 3134 kg/ha) elde edilmiş olan sonuçlara göre; sırasıyla %58.3 ve %27.0 daha fazla olan 1438 kg/ha ve 3981 kg/ha'lık önemli ölçüde daha yüksek

tohum ve sap verimi üretmiştir. Ayrıyeten çalışmalarına bakıldığında ürün ekiminin Kasım ayından aralık ayına gecikmesi ürün süresini 11.4 gün (113.4 güne karşı 101.7 gün) azaltmış ve bu da ürün verimini etkilediğini göstermektedir. Bu çalışma sonucunda batı Bengal, Hindistan'ın yeni alüvyon bölgesinde Kasım ayında ekilen baklagil bitkisi olan mercimeğin yaprakdan püskürterek uygulama yapılması B %0.2 + Fe %0.5 bu dozlarda verimi arttıracak sonucuna varmışlardır.

Myageri ve Joy Dawson (2022) yaptıkları çalışmada; tarla denemesinde 3 farklı P dozu (30 kg/ha, 45 kg/ha, 60 kg/ha) ve 3 farklı B (1 kg/ha, 1.5 kg/ha ve 2 kg/ha) dozu uygulaması kullanmışlardır. Sonuçlar, 60 kg/ha P + 2 kg/ha B uygulaması ile maksimum bitki boyu (53.50 cm), kuru ağırlık (8.26 g/bitki) ve daha fazla nodül sayısının oluştuğunu (7.80) önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Öktem (2022) farklı B uygulamalarının kırmızı mercimek tohum verimi ve bazı agronomik özellikleri üzerine etkilerini araştırmak üzere bir çalışma yapmıştır. Baklagil bitkisi olan kırmızı mercimek çeşidinden “Sakar” kırmızı mercimek çeşidini kullanmıştır. Çalışma, Türkiye'nin Şanlıurfa ili B eksikliği alanlarında 2018-2019 ve 2019-2020 yetiştirme yıllarında yürütülmüştür. B'un uygulama yöntemleri ve kaynağı olarak boraks kullanılmış; kontrol (0 kg/da), toprağa (0.20 kg/da), yaprak püskürtme (bitkiler 5-6 yapraklı iken 0.05 kg/da ve ön çiçeklenme döneminde 0.05 kg/da) ve toprak+yaprak püskürtme (toprağa 0.10 kg B da + bitkilerin 5-6 yapraklı iken yaprağa 0.05 kg/da ve ön çiçeklenme döneminde 0.05 kg/da) şeklinde uygulama yapmışlardır.

Bu iki yıllık çalışma sonucunda; ortalamalara göre, en yüksek tane verimi toprak+yaprak uygulamalarından (198.57 kg/da) elde etmişlerdir. Ayrıca en yüksek hasat indeksi (%33.96), bin tane ağırlığı (41.78 g), biyolojik verim (582.96 g/m) değerleri de toprak+yaprak uygulamalarında görülmüştür. En etkili B uygulama yöntemi olarak toprak + yaprak B uygulaması görülmüş ancak diğer uygulama yöntemleri kontrol parsellerinden daha etkili sonucu ortaya çıkıştır.

Naik ve ark. (2022) mercimek bitkisinin büyümesi ve verimi üzerine N ve B'un etkisini araştırdıkları çalışmalarında; 2021-2022 Rabi sezonunda, Prayagraj (U.P.) Hindistan'da bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Çalışmaları kapsamında uygulamış oldukları B kapsamları; N 10, 20, 30 kg/ha ve B 1.0, 1.5, 2.0 kg/ha'dan oluşmaktadır. Uygulama yaptıkları toprak özelliklerine bakıldığında toprakların parsellerde kumlu tınlı toprak ve organik maddesi düşük topraklara uygulama yapılmıştır. Çalışmaları sonucuna göre; N 30 kg/ha + B 2.0 kg/ha uygulamasının bitkinin boyunu, daha yüksek bitki kuru ağırlığı, daha yüksek bakla sayısı/bitki, daha yüksek tohum sayısı/bakla'dan aldıklarını bildirmişlerdir.

Nema ve ark. (2022) verimlilik unsurları üzerine B ve P etkileşimin nasıl olduğunu araştırdıkları çalışmalarında; 2021-2022 Rabi sezonunda Uttar Pradesh'in Indo-Gangetic Plain bölgesinde kumlu tınlı topraklarda bir tarla denemesi yürütmüştür. Kullanılan Mercimek çeşidi Lentil Shekhar 2 (KLB-303) önerilen agronomik uygulamalarla yetiştirilmiştir. Uygulanan P dozları 0 kg/ha P0, 30 kg/ha P30, 45 kg/ha P45, 60 kg/ha P60; uygulanan B dozları ise 0 kg/ha B0, 1.0 kg/ha B1, 1.5 kg/ha B1.5, 2.5 kg/ha B 2.5 4 farklı dozdan oluşmaktadır. Yaptıkları çalışmanın sonucuna

baktığımızda; 60 kg/ha P₂O₅+ 2.5 kg/ha B uygulamasının maksimum verim bileşenleri olan bakla bitki sayısı (71), Tohum baklası (1.84) ve Tohum İndeksi (3.23 g) değerlerini önemli ölçüde kaydettiği sonucuna varmışlardır. Bu çalışmanın sonucuna göre Mercimek bitkisinin verim bileşenlerini, verimini ve kalitesini iyileştirmek için mercimekte uygulanacak olan P ve B besin maddelerinin dengeli kullanımının önemine açıkça işaret etmektedir.

Sarı ve ark. (2023) yapılan bu çalışmada, nohut (*Cicer arietinum L.*) ve mercimeğin (*Lens culinaris L.*) kuraklığa tolerans potansiyeli Medik tohumları farklı dozlarda uygulanan B dozları altında değerlendirilmiştir. Çeşitler olarak nohut çeşidi olarak "Azkan" ve mercimek çeşidi olarak "Sahan" çeşidini kullanmışlardır. Kurak koşulları sağlamak içinde, farklı seviyelerde polietilen glikol çözeltisini (PEG 6000) tohumlara uygulamışlardır. Çimlenme deneyleri, 0 (kontrol), -2 ve -4 MPa su potansiyelleri oluşturmak için PEG kaynaklı stres altında gerçekleştirilmiştir. B dozları ise 0 (kontrol), 5 ve 10 mM'de H₃BO₃ şeklinde uygulanmıştır.

Kuraklık şiddeti her iki bitkide de çimlenme oranı ve fide büyümesini olumsuz etkilemiştir. Tohum çimlenme oranı artan kuraklık stresi ile o oranda ciddi bir azalma göstermiştir. PEG seviyesinin 0 ila -4 MPa arasında artması kök genişliği dışında fide büyümesinde bir fark yaratmadığını yapılan bu çalışmaları sonucunda gözlemlemişlerdir.

Yapılan bu sonuçlara bakıldığında artan dozlarda B'un her iki bitkide de çimlenme oranını azalttığını gözlemlemişlerdir. Düşük B konsantrasyonu (5 mM) kök ve sürgün uzunluğunu artırmıştır; ancak, mercimekte kayda değer bir azalma olmuştur. Ayrıca genel olarak araştırmaları sonucundaki bulgularına bakılarak baklagil bitkilerinden olan nohut ve mercimek bitkisinde PEG konsantrasyonlarının ve 10 mM'den daha yüksek B seviyeleri tarafından büyük ölçüde engellendiğini göstermektedir.

Khalaf ve ark. (2024) yapraktan yeterli miktarda uygulanan B'un verimi düşük olan topraklarda mercimek yetiştirilmesi içinde verimliliği arttıran bir etmen olduğu bilinmektedir. Yapılan bu çalışmada farklı sıra aralıkları (17.5 ve 35 cm) ve uygulanan farklı dozlarda yapraktan B seviyelerinin (%0, 0.2, 0.3 ve 0.6) yerel mercimek çeşidinin (Jordan 2) fizyolojisi, büyümesi, verimi ve tane protein içeriği üzerindeki etkisini değerlendirmek için kış sezonunda Ürdün'ün iki lokasyonda (Maru ve Mushaqar) tarla deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan sonuçlara göre; Maru lokasyonunda transpirasyon oranını, bitki boyunu, çiçeklenme gün sayısını, verimi ve verim özelliklerini artırırken protein içeriğini azaltmada diğer lokasyondan daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Yapraktan uygulanan %0.2 B, toplam klorofil içeriğini, stoma iletkenliğini, terlemeyi, fotosentetik oranı ve protein içeriğini sırasıyla %9.5, 39.9, 22.2, 25.9 ve 11.2 oranında arttırmış ve en iyi uygulamanın bu dozda olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, yapraktan uygulama yapılan %0.2 B, sıra aralığında 35 cm'e kıyasla 17.5 cm sıra aralığına göre tane verimini daha fazla artırdığı gözlemlenmiştir.

Buna ilaveten uygulaması yapılan; %0.6 yapraktan uygulanan B'un 35 cm ve 17.5 cm sıra aralıklarında tane verimini sırasıyla %8.5 ve %3.6 oranında azaltmış ve uygulanan bu yüksek dozda B konsantrasyonunun toksisite etki gösterdiğini görmüşlerdir.

Genel olarak yapılan ve uygulanan dozlara baktıklarında farklı sıra aralıklarında mercimeğin tohum verimini ve protein içeriğini artırmak için %0.2 ile %0.3 arasında değişen yapraktan B oranlarının kullanılması şiddetle tavsiye edilebileceği sonucuna varmışlardır.

Sanathkumar ve ark (2024) S ve B'un mercimeğin verimi ve ekonomisi üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında; Bun üç farklı dozunu, 1.5 kg/ha, 2.0 kg/ha ve 2.5 kg/ha ve S'in üç farklı dozunu; 10 kg/ha, 20 kg/ha ve 30 kg/ha uygulayarak bir tarla deneyi gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları sonuçlara göre, B ve S uygulamasının her iki bitki içinde mercimek bitkisinde büyüme ve verim özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. S uygulamasının 30 kg/ha ve B dozunun 2.5 kg/ha olarak birlikte uygulama yapılması bitkide; bitki boyu, kuru ağırlık, nodül sayısı, bakla başına, bakla sayısı, tohum sayısı, tohum ağırlığı, tohum verimi ve sap veriminde kayda değer artışlarla en önemli gelişmeleri sağlamıştır. Bu çalışma sonucuna göre genel olarak değerlendirme yapıldığında B ve S'in birlikte uygulanması bitkinin verim ve kalitesini arttırdığını ve bu durumun çiftçiler içinde ekonomik getiriye arttıracak sonucuna varmışlardır.

Vishwakarma ve ark. (2024); üç farklı B dozu (0.75 kg/ha, 1.50 kg/ha ve 2.25 kg/ha) ve iki farklı S (20 kg/ha ve 30 kg/ha) dozuyla yapmış oldukları baklagil bitkisi mercimeğin bir çeşidi olan siyah mercimeğin etkisini inceledikleri bir çalışma yapmışlardır. 30 kg/ha S S2 ile 2.25 kg/ha B B3 interaksyonu, yapılan uygulamalara göre önemli ölçüde en yüksek verim değerlerini verdiğini bu çalışmaları sonucunda bildirmişlerdir. 2.25 kg/ha B ile 30 kg/ha S uygulamasının çalışmanın yapıldığı Vindhyan bölgesinde siyah mercimeğin yetiştirilmesi için tavsiye edilebilir dozlar olduğunu bildirmişlerdir.

2.4.1.f. Fasulye

Gülümser ve ark. (2005) Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yürütmüş olduğu çalışmada; fasulye bitkisine (*Phaseolus vulgaris* L.) topraktan ve yapraktan uyguladıkları beş farklı B dozlarının (0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg/ha) verim ve verim unsurları üzerine etkilerini araştırmışlardır. B olarak solu B ve çeşit olarak da fasulye çeşidinden Efsane çeşidini kullanılmıştır.

Bitkilerin gelişmesi için ortamda yeterli düzeyde bulunmayan bir besin elementinin eksikliğinde ortama verilen bu besin elementinin az miktarı uygulanan bu besin maddesinin absorpsiyonunda meydana gelen artışla orantılı olarak bitki gelişmesinde de bir artış göstermektedir (Aktaş, 1991). Bor elementinin uygun doz ve miktarda verilmesi, bitkide fizyolojik olayları olumlu yönde teşvik ettiğinden bitki boylanmasına da olumlu ve önemli etkide bulunmaktadır.

Bitkinin türüne göre bitkide kritik olan B konsantrasyonu değişmektedir. Buğdaylarda olduğu gibi tahıl bitkilerinde kritik etki yapan B eksiklik oranı 5-10 mg/kg olup, üçgül gibi çift çenekli baklagil bitkilerinde ise oran 20-70 mg/kg düzeyindedir (Bergmann, 1992). Denemede

kullanılmış oldukları fasulye bitkisi de çift çenekli baklagillerden olup tanelerinde 48.77-35.75 mg/kg arasında B bulunduğu görülmüştür. Çift çenekli olan bitkilerin, tek çenekli olan bitkilere göre B gereksinimlerinin daha yüksek olduğunu ve bunun nedeninin ise bu bitkilerin hücre duvarı bileşenlerinin farklı olmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir (Loomis ve Durst, 1992).

Yürütülen çalışmanın sonucuna bakıldığında; fasulye bitkisine B uygulamasının topraktan ve yapraktan uygulanma şekilleri bitkide etki göstermezken farklı dozda uygulanan B düzeyinin etkisi önemli bulunmuştur. Varyans analizi sonucunda B dozlarının ilk bakla yüksekliğine, tanenin B içeriğine, çimlenme oranına, bin dane ağırlığına ve tane verimine etkisine bakılmış önemli düzeyde etki görülmüştür. Fasulye bitkisine yapraktan veya topraktan uygulanan 1 kg/ha B, en fazla kuru tane verimi (247.88 kg/da) sağlamıştır. İster yapraktan isterse topraktan uygulanan B'un hektara 1 kg verilmesi fasulyenin verim ve kalitesine olumlu etkisinin olduğu öngörülmektedir.

Hamurcu ve Gezgin (2007) B ve Zn uygulamasının bazı bodur fasulye genotiplerinin biyolojik verim değerlerine etkisini araştırmak üzere bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında; ülkemizde ekimi yapılmakta olan markalaşmış ve yerel niteliğinde yirmi beş bodur fasulye genotipi kullanılmış ve uygulama dozu olarak üç farklı B (0, 5, 10 mg/kg) ve üç farklı Zn (0, 5, 10 mg/kg) dozu kullanmışlardır. Çalışmaları sera koşullarında tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Çalışma sonucunda; bodur fasulye genotiplerinin Zn dozunun ve B dozunun önemli derecede etkilendiğini göstermektedir. Çalışmalarında kullanmış oldukları fasulye genotiplerinin B dozlarına tepkilerinin genotiplere bağlı olarak değiştiği, en yüksek biyolojik verim değerlerinin Eskişehir-855, Şehirali-90, Göynük-98, Karacaşehir-90, Akdağ, Noyanbey, Terzibaba, Yakutiye, Şahin-90, Fasulye Sıra, Yalova-17, Romano, Nazende, Seminis Gina ve Kanada genotiplerinde kontrol dozunda, Yunus-90, Akman-98, Önceler98, Aras-98, Horoz Fasulye, Zülbiye, Sarıkız, Magnum, May Gina ve Efsane genotiplerinde 5 mg/kg B dozunda olduğu, buna ilaveten 10 mg/kg B dozunda ise tüm genotiplerde biyolojik verim değerlerinde önemli düzeyde azalmalar olduğu belirtilmiştir.

Kalitesi yüksek ve verimli fasulye bitkisi tarımında B ve Zn'nin vazgeçilmez mikro besin elementi olduğu belirlenmiştir. Aynı anda yüksek olarak verim ve kaliteyi birlikte yakalayabilmek için dengeli bir şekilde bitki besleme programının uygulamasının yapılmasını araştırmaları sonucunda bir kez daha doğrulamışlardır.

Shamsuddoha ve ark. (2011) Dhaka'da Maş fasulyesi üzerinde S ve B'un besin maddeleri ve toprak sağlığı üzerindeki etkileri inceledikleri bir tarla denemesi yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışma sonucunda en iyi sonuçları, 8 kg S ve 2 kg/ha B uygulamalarının tek olarak uygulandığı durumda elde edildiğini göstermiştir. S uygulamalarında en yüksek pH, organik madde, toplam N, kullanılabilir P, değiştirilebilir K, kullanılabilir S ve kullanılabilir B değerleri S8 (8 kg/ha S) uygulamasından almışlardır. En düşük değerler ise S'in uygulama olmadığı durumunda kaydedilmiştir. B uygulamalarında ise en yüksek pH, organik madde, toplam N, kullanılabilir P, değiştirilebilir K, kullanılabilir S ve kullanılabilir B değerleri B2 2 kg/ha uygulamasından elde

etmişlerdir. Sonuç olarak, S ve B'un maş fasulyesi yetiştiriciliğinde besin maddeleri ve toprak sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğu görülmüştür.

Cokkizgin (2013) Gaziantep Üniversitesi Nurdağı Meslek Yüksekokulu'nda Temmuz ve Ağustos 2012'de iklim kontrollü kabinlerinde yapmış olduğu araştırmada; Fasulye çimlenmesinde B (H_3BO_3) toksisitesiyle ilgili bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada baklagil bitkisi olan fasulye çeşidi olarak; Gina ve Sarıkız fasulye çeşitlerini kullanmış, B dozu olarak %1-2-3-4-5 dozlarını ve kontrol olarak damıtılmış su ($2.5 \mu S/cm$) içeren $25^\circ C$ 'lik sıcaklık ayarlanabilir bitki yetiştirme dolabına yerleştirilmiştir. Bu çalışmada çimlenme yüzdesi (GP), çimlenme indeksi (GI), tohum uzunluğu (SL), canlılık indeksi (VI), kontrolden farklılık (DFC) ve fitotoksosite parametreleri incelenmiştir.

Yapılan kapsamlı analizler ve istatistiksel sonuçların incelenmesi sonucunda, çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, tohum uzunluğu ve vigor indeksi gibi parametrelerin çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gösterdiği anlaşılmıştır. Ayrıca, vigor indeksi üzerinde çeşit x B konsantrasyonu etkileşiminin de önemli bir rol oynadığı belirlenmiştir. Genel bulgulara göre, B konsantrasyonundaki artış, adi fasulyenin çimlenme oranını azaltabilir. B konsantrasyonunun artması durumunda bitkide çimlenmenin gerçekleşmeyeceği gözlemlenmiştir.

Samet ve ark. (2013) serada yapmış oldukları denemede 3 farklı K dozunun 0, 200 ve 400 mg/kg K_2SO_4 olarak ve dört farklı B dozunun 0, 5, 10 ve 20 mg/kg H_3BO_3 olarak fasulyenin sürgün ve kök kuru ağırlıkları ile bazı makro ve mikro besin içerikleri üzerindeki ortak etkileri araştırdıkları bir deneme yürütmüşlerdir. Çalıştıkları bu dozlarda artan dozlarda uygulanan B dozunun sürgün ve kök kuru ağırlıklarına olumsuz etki yaptığını bildirmişlerdir. Fakat B'un bu olumsuz etkisi uygulanan 200 mg/kg K'un uygulanmasıyla hafiflediğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak baktıklarında B toksisitesinin uygulanacak K ile azaltılabileceğini bildirmektedirler.

Yapılan tüm analizler ve istatistiksel sonuçlar incelendiğinde; Çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, tohum uzunluğu, vigor indeksi çeşit açısından istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı olduğu ve vigor indeksinde çeşit x B konsantrasyonunun etkileşimi önemli olduğunu göstermektedir. Genel sonuçlara bakıldığında, B konsantrasyonundaki artışın adi fasulyenin çimlenmesini azaltabileceğini göstermektedir. Bu azalma Sarıkız ve Gina çeşitlerinde sırasıyla %4 ve %5 seviyelerine kadar devam etmekte olup bu noktada hiç çimlenme olmamıştır. Bor konsantrasyonu artması bitkide çimlenmenin gözlenemeyeceğini göstermektedir. Korelasyon analizine göre, DFC ve Fitotoksosite Çimlenme Yüzdesi, Çimlenme İndeksi, Tohum Uzunluğu, Vigor İndeksi ile negatif ve önemli bir ilişkiye sahip olduğunu, ancak diğer tüm olası korelasyon kombinasyonları önemli ve pozitif olduğunu göstermektedir.

Alam ve ark. (2016) yapılan bu çalışma Zn ve B'un maş fasulyesi verimine katkıda bulunan karakterler üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamaktadırlar. Çalışma sahası olarak denemelerini, Akbarpur, Moulvibazar'daki Bölgesel Tarımsal Araştırma İstasyonu'nda (RARS) Asidik Kuzey ve Doğu Tepeleri Toprağında (AEZ 29) gerçekleştirmişlerdir. Denemelerinde uygulama dozu olarak dört farklı Zn dozu 0, 1.0, 2.0 ve 4.0 kg/ha ve dört farklı B dozu 0, 0.75, 1.5 ve 3.0 kg/ha

kullanılmıştır. Uyguladıkları bu dozlar sonucunda; Zn uygulamasında, en yüksek tohum verimi 1.0 kg/ha Zn dozunda elde edilmiştir. B uygulamasında ise, en yüksek tohum verimi 1.50 kg/ha B uygulamasında gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmada Zn ve B'un birlikte uygulanması, tek başına uygulamalara göre daha yüksek bir verim sağladığını göstermiştir. Bu nedenle, hektar başına 1.0 kg Zn ve hektar başına 1.5 kg B kombinasyonu, asidik topraklarda maş fasulyesi yetiştiriciliği için uygun bir doz olarak önerilebilmektedir sonucuna varmışlardır.

Khatab ve ark. (2016) tarla denemesi olarak yaptıkları çalışmalarında B ve K'u yapraktan uygulama yaparak verim ve verim öğelerine etkisini araştırmışlardır. Denemelerinde Sakha2 ve Giza3 çeşidini ve H_3BO_3 formunda B'u 75 ve 150 ppm olarak ve K'u K_2SO_4 %1 ile %2 ve potasyum fosfat %0.75 ve %1.5 olarak uygulamışlardır. Sonuçlar ise; B'un 150 ppm dozunun ve K uygulamasının K_2SO_4 %2 ve K_3PO_4 %1.5 olarak uygulama yapıldığı alanlarda tüm özellikleri arttırdığını bildirmişlerdir.

Choudhary ve ark. (2017) yazlık maş fasulyesinde farklı B ve P dozlarının verim ve kalitelerinin araştırdıkları çalışmalarında; farklı P seviyeleri 20:50:20 kg/ha, 20:60:20 kg/ha (P3) ve B uygulamaları uygulama yok, 20 ve 35 DAS, %0.2 yapraktan boraks spreyi olarak 12 uygulama kombinasyonunu kullanmışlardır. Uygulama yaptıkları bu kombinasyonlar içerisinde T11 uygulaması 35DAS'de çiçeklenme öncesinde ve P3 20:60:20 + %0.2 yapraktan boraks püskürtmesi olarak uyguladıkları dozlarda en yüksek tane verimi, hasat indeksi ve saman verimi bu dozdan aldıklarını bildirmişlerdir.

Cömert ve Çelik (2017) tarafından yapılan farklı toprak tekstüründe sulama sularındaki B seviyelerinin fasulye bitkisinin verimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları bu çalışmada; değişik oranlarda uygulanan sulama suyunun B düzeylerinin bitki verimine etkisinin ne olduğu amaçlanmıştır. Aynı düzeyde B içeren sularının ağır veya hafif tekstürlü topraklarda kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek farklılıkları incelemek amacıyla saksı denemesi şeklinde serada yürütülmüştür.

Çalışmalarında; kumlu ve killi toprak tekstürleri kullanılmış ve 6 farklı B dozu içeren sulama suyu kullanılmıştır. (B0;0 ppm, B1;0.5 ppm, B2;1.0 ppm, B3;2.0 ppm, B4;3.0 ppm, B5;5.0 ppm).

Çalışma sonuçlarına göre; 2 toprak tekstüründe en yüksek bitkinin yaş ve kuru ağırlık değeri B2'den elde edilirken en düşük yaş ve kuru ağırlık değeri B5'ten elde edilmiştir. Toprak tekstürü açısından uygulanan B seviyelerine bakıldığında fasulyenin kum tekstürlü toprakta daha iyi bir gelişme gösterdiği görülmüştür.

Ancak araştırma sonucuna bakılarak; toprak tekstürüne göre uygulanan B dozlarının kontrol uygulamasına göre oransal farklarına bakıldığında özellikle B4 ve B5 uygulamalarında kumlu topraklarda bitki gelişimi üzerine B zararının, kil tekstürlü topraklara oranla %40 daha fazla olduğu bulunmuştur. İki toprak tekstüründe bitkinin B eşik değeri 1 ppm olarak saptanmıştır. Bu değerini aşan yüksek B'lu suların kumlu topraklar yerine killi topraklarda kullanılması önerilebilir sonucuna varmışlardır.

Lima ve ark. (2018); yaptıkları bu çalışmaları Brezilya'nın Anápolis-GO bölgesinde çift ekim yapılan alanlarda hint yağı bitkileriyle birlikte yetiştirilen fasulyelerin beslenme düzenlerini ve tarımsal performanslarını incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmalarında, hint yağı bitkisi ile ekilen fasulyelerde elementinin çeşitli seviyeleri ve kaynakları kullanılarak deneyler yapmışlardır. Yapılan bu deneyler bağlamında, beş farklı B seviyesi (toprakta 0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 kg/ha) entegre edilerek iki B kaynağından (Boraks = %11 B ve H_3BO_3 = %17 B) yararlanmışlardır. Araştırmanın sonuçlarına göre, farklı B kaynakları ve seviyeleri, fasulyelerin yapraklarındaki B ve S seviyelerini önemli ölçüde etkiledi. Aynı zamanda, hint yağı bitkisi üzerinde de B, N, Ca, Mg ve Fe içerikleri üzerinde etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırmanın bulgularına baktıklarında, hint yağı bitkisi ve fasulye birlikte ekildiğinde, fasulye verimi B'la gübrelemeden veya diğer faktörlerin etkileşiminden bağımsız olarak sabit kaldığını gözlemlediler. Hint yağı bitkisinin fasulye ile ekilmesi sonucu elde edilen en yüksek verim, kullanılan kaynağa bakılmaksızın, 1.9 kg/ha B ile 2.040 kg/ha tane olarak elde edilmiştir.

Tania ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada; çeşit ve B seviyelerinin dört farklı yazlık maş fasulyesi (*Vigna radiata L.*) çeşidinin büyüme ve verim performansı üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada BARI Mung-2, BARI Mung-6, Binamoog-5 ve Binamoog-7 olmak üzere dört maş fasulyesi çeşidi ve 0, 0.5, 1.0 ve 1.5 kg/ha olmak üzere dört B dozu uygulanmıştır. İncelenen sonuçlara göre; BARI Mung-6 çeşidi bakla bitki, bakla uzunluğu ve bin tane ağırlığı bakımından diğer çeşitlere üstünlük göstermiş ve en yüksek tohum verimi (1.86 ton/ha) göstermiştir.

En düşük bakla bitki Binamoog-7'de, bakla uzunluğu ve bin tane ağırlığı BARI Mung-2'de, bakla tane sayısı ve tohum verimi (1.25 t/ha), sap verimi ve hasat indeksi Binamoog-5'te bulunmuştur. Kullanılan B gübre dozları arasında; 1.0 kg/ha B'un en yüksek maş fasulyesi verimi için en iyi sonuç verdiği göstermektedir. Araştırma bulguları, uygun çeşitler ve B'lu gübre dozları ile maş fasulyesi yetiştirmek için faydalı olabileceği sonucuna varmıştır.

Uddin ve ark. (2020) B'un Fransız fasulyesinin büyümesi ve verimi üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla bir deneme yürütmüşlerdir. Çalışmalarında 3 çeşit fasulye çeşidi ve 4 farklı dozda B kullanmışlardır. (Çeşitler: BARI Jharseem-1, BARI Jharseem-2, BARI Jharseem-3; B dozları: 0, 0.5, 1.0 ve 1.5 kg/ha) Elde ettikleri sonuçlara göre en yüksek tohum bakla sayısı, bin tane ağırlığı, tohum verimi, sap verimi 1.5 kg/ha ile gübreleme yapılmış olan BARI Jharseem-3 çeşidinden elde edildiğini bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada çeşitler arasında farklılıklar olduğunu BARI Jharseem-3 çeşidinin 1.5 kg/ha ile yetiştirilmesinin daha yüksek Fransız fasulyesi verimi elde etmek için uygulanabileceği sonucuna varmışlardır.

Laxmi ve ark. (2020); B ve S uygulamasının baklagil bitkisi olan fasulyenin bir çeşidi olarak kullanılan maş fasulyesinde yaptıkları denemelerinde 0,10, 20 ve 30 kg/ha dört farklı S dozunu ve 0.1 ve 2 kg/ha üç farklı B dozunu 12 kombinasyonda uygulama yaparak kullanmışlardır. Maş fasulyesinin artan dozlarda en yüksek 30 kg/ha dozunda verimde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Ancak artan dozlarda B'un bir etkisi olmadığını gözlemlemişlerdir. Uygulama yaptıkları 12 kombinasyon arasında T4-30 kg/ha S + 0 kg/ha B (12.171 mg/saksı) birlikte uygulandığı kombinasyondan aldıklarını bildirmişlerdir.

Laftta ve ark. (2021) Abu Gharq bölgesinde fasulyede farklı dozlarda B'u (0, 50, 100, 200 mg/L) püskürtme yöntemiyle uygulama yaparak ve farklı K gübrelerini uyguladıkları çalışmalarında yerel fasulye bitkisinin verim ve verim özelliklerini incelemişlerdir. Sonuçlar 200 mg/L'de tüm özelliklerde bitki boyu, bitkinin dal sayısı, yaprak sayısı, yaprak alanı, kuru ağırlık, bitki başına bakla sayısı, bakla başına tohum sayısında en yüksek verimi verdiğini bildirmişlerdir.

Ramya ve ark. (2021) toprak ve yapraktan uygulanan B'un etkisinin maş fasulyesinde verim ve kalitesini araştırdıkları denemelerinde; 12 farklı kombinasyonda uygulama yaptıkları alanlarda 2.50 kg/ha topraktan uygulanan boraks + %0.1 oranında yapraktan uygulanan H₃BO₃'ün birlikte uygulaması olarak yapılan T10 kombinasyonunda önemli artışlar meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada elde ettikleri sonuçlara göre 2.50 kg/ha boraks toprak uygulaması ile uygulanan %0.1 oranında H₃BO₃ yapraktan uygulamasının daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Al-Yasari ve ark. (2022) B'u püskürtme olarak uygulama yaptıkları fasulye bitkisinde fasulyenin büyüme ve verimi üzerinde siltli tınlı toprakta bir deneme yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmalarında üç farklı B dozunu bunlar 0, 100 ve 200 mg/L ve üç farklı fasulye çeşidini (yerel, Hollanda ve İspanyol) kullanmışlardır. Yaptıkları bu çalışmaları sonucunda artan dozlardaki B'un çeşitler arasında da artan doza bağlı olarak artış sağlamış olduğunu gözlemlemişlerdir. Deneme sonucunda yapmış oldukları tüm parametlerde 200 mg/L de en yüksek verim ve değere ulaştığı sonucuna varılmıştır.

Krishna ve ark. (2022) kumlu tınlı toprakta saha deneyi olarak gerçekleştirdikleri parsellerde üç farklı Zn dozunu topraktan (10 kg/ha, 12.5 kg/ha, 15 kg/ha) ve B dozunu (%0.1, %0.2, %0.3) ise yapraktan uygulama yaparak uygulamışlardır. Dokuz farklı uygulama kombinasyonu olarak uyguladıkları bu dozlarda tüm parametrelerde en yüksek verimi 15 kg/ha Zn + %0.3 B yaprak püskürtme olarak uyguladıkları kombinasyondan almışlardır.

Zimicz ve ark. (2023) gerçekleştirdikleri araştırmada, artan B konsantrasyonlarının siyah fasulye çeşitlerinden özellikle Arjantin'de yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen Leales 24 ve Uirapurú üzerinde çimlenme, büyüme ve kök anatomisi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmanın deneyleri, standart çimlenme testleri ve sera koşullarında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, artan B seviyelerinin çimlenme üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığını, ancak büyüme ile ilgili değişkenlerin çoğunda (bitki boyu, yaprak alanı, taze ve kuru ağırlık ile su içeriği) 1.0 mg/L konsantrasyonunun üstünde azalma gözlemlendiğini göstermektedir.

Araştırma bulgularına göre, B konsantrasyonlarının 1.0 ve 2.0 mg/L seviyeleri Uirapurú ve Leales 24 çeşitlerinde önemli büyüme ve verim kayıplarına yol açabilmektedir. Özellikle Leales 24

çeşidinin B toksisitesine karşı orta derecede hassas olduğu ancak bu bitkinin daha yüksek B konsantrasyonlarının bulunduğu alanlara uygun bir adaptasyon geliştirdiği belirtilmiştir.

Gezgin ve ark. (2023) “Fasulye Çeşitlerinin B Verimliliği ve Toleransı Açısından Değerlendirilmesi” adlı bir sera denemesi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalarını üç tekrarlamalı olarak tam randomize desene göre kurmuş olup, 15 kayıtlı fasulye çeşidine 0.5 ve 10 mg/kg B dozlarında $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (%20.8 B) gübresi kullanılarak uygulamışlardır. Denemelerinde çiçeklenme döneminde toprak üstü kısımlar hasat edilmiş ve kuru ağırlık, B içeriği ve konsantrasyonları belirlemişlerdir. B’a verimli ve toleranslı çeşitler belirlenmiştir. Belirlenen sonuçlara göre; B koşulları altında, uygulama yapılmayan gruba göre %1 (Doruk, 10 mg/kg B) ve %38 (Kantar-05, 5 mg/kg B) oranında artmıştır. Çalışma sonucunda ise B etkili ve B’a toleranslı fasulye çeşitlerinin B uygulamasına bağlı olarak değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Kullandıkları 15 farklı çeşitler arasında; Cihan, Güngör, Berrak, Elkoca-05, Özdemir, Kantar-05 ve Arslan çeşitleri B-etkili, Zülbiye, Sururbey, Doruk, Göksun, Karacabey, Özmen, Battallı ve Zirve çeşitleri ise B-toleranslı bulunurken; Zülbiye, Zirve ve Battallı verimli B çeşidi ve B’a toleranslı çeşitlerin ise Cihan ve Arslan olduğu belirlenmiştir.

2.4.1.g. Yer Fıstığı

Keerati-Kasikorn ve ark. (1991) yapmış oldukları çalışmalarında; iki fıstık (*Arachis hypogaea* L.) çeşidinin B ve Ca tepkisini araştırmışlardır. Tainan 9 ve SK 38 fıstık çeşidi ve altı farklı B dozu uygulaması (0, 0.12, 0.25, 0.5, 1 ve 2 kg/ha B H_3BO_3) ve iki farklı Ca dozu (0 ve 100 kg/ha CaSO_4) uygulamışlardır. Çalışmada; Ca eklenmeden, her iki çeşidin de tohum verimi düşük olmuş ve bitki B’a sadece düşük yanıtlar verirken benzer şekilde, B eklemesi yapılmadan, her iki çeşidin de tohum verimi düşük olmuş ve Ca'a yanıt vermemiştir. B eksikliği yerfıstığı çeşitlerinde, Tainan 9'da bakla başına tohum sayısını ve SK 38'de bitki başına bakla sayısını azaltmış ve bitki başına tohum sayısını azaltarak tohum kuru ağırlığını daha da düşürmüştür. Uygulamalarında Ca eklenmesi yapıldıktan sonra; Tainan 9, SK 38'den daha düşük B seviyelerine yanıt verdiğini ve 0.12 kg/ha B dozunun maksimum tohum kuru ağırlığına ulaştığı görülmektedir. Yapılan çalışma sonucundan tüm sonuçlar değerlendirilmiş ve tüm besin maddelerinin yeterli olduğu koşullarda, SK 38'in yüksek B içeren topraklarda Tainan 9'dan daha iyi, ancak düşük B içeren topraklarda daha kötü verim vereceğini gösterdiği belirtilmiştir.

Singh ve ark. (2009) Hindistan'da fıstık üretimini artırmak için B gübrelemesinin şart olduğunu belirttileri bir çalışma yapmışlardır. B eksikliği, Hindistan'da iri çekirdekli fıstıkta (*Arachis hypogaea* L.) düşük verime neden olan yaygın bir etmendir. Çalışmalarında ticari sınıf B'un kaynaklarının (Agricol, Chemiebor, Solubor, Borosol ve Borax) etkinliğini ve uygulanabilirliğini bulmak için Junagadh, Raichur, Vriddhachalam, Mainpuri, Durgapura ve Kolasib'de farklı topraklarda tarla denemeleri yürütmüşlerdir. Araştırma sonucunda B uygulamasının çiçeklenme ve verim özellikleri üzerinde etkiye sahip olduğunu ve bütün B kaynaklarının fıstıkta verimi, verim

özelliklerini, kabuklanmayı ve 100 tohum kütleini artırdığını göstermektedir. B'un hektara 1.0 kg Agricol, Solubor ve Borosol olarak toprağa uygulanması, Borax ile %9-28 ve H_3BO_3 ile %5-24'e kıyasla bakla verimini sırayla baktığımızda %8-23, %6-18, %12-18 oranında artırmıştır. Bu sonuçlara bakılarak B kaynaklarından herhangi biri kullanılabilmesi önerilmektedir. Borosol, chemiebor ve solubor'un yaprak uygulaması (%0.1 sulu çözelti) da benzer tepki göstererek bakla verimini sırasıyla %7-39, %6-32 ve %6-35 oranında artırdığını söylemektedirler.

Elayaraja ve ark. (2012) kıyı kumlu topraklarında yer fıstığı verimi ve besin maddesi alımı üzerine Zn ve B uygulamasının etkisini araştırma yapmışlardır. Yer fıstığının verimini ve kalitesini belirlemede, Zn ve B'nin rolü oldukça önemlidir. Bu besin maddelerinin kumlu toprakta kısıtlı bulunması yer fıstığı verimini önemli ölçüde düşürmektedir. Cuddalore bölgesindeki Ponnanthittu köyünde tarla denemesi olarak yürütülmüştür. T1 -Kontrol, T2-%100 NPK, T3- %150 NPK, T4- %150 NPK + $ZnSO_4$ 30 kg/ha, T5-%150 NPK + Boraks 15 kg/ha, T6-%150 NPK + $ZnSO_4$ 30 kg/ha + Boraks 15 kg/ha ile kompostlanmış koripit 12.51 ha dozları kullanılmış yer fıstığı çeşidi olarak VRI 2 kullanılmıştır. Sonuçlara baktığımızda, T6-%150 NPK + $ZnSO_4$ 30 kg/ha + Boraks 15 kg/ha ile kompostlanmış koripit uygulamasının yapılmış olduğu yer fıstığının verim ve besin maddelerini önemli ölçüde artırdığını açıkça görülmektedir. Bu uygulamada bakla verimi 2466 kg/ha ve sap verimi 3354 kg/ha olarak kaydedilmiş bu değerler %100 NPK uygulamasına göre bakla ve sap veriminde sırasıyla %31.31 ve %25.95 oranında artış sağladığı saptanmıştır.

Rafique ve ark. (2014); yapmış oldukları bu çalışma üç yer fıstığı çeşidinin 'Golden', 'BARD-479' ve 'BARI-2000' kullanılarak B'ca eksik olan kireçli topraklarda verim ve verim öğelerine bakılmıştır. Çalışmalarında dört farklı; 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 kg/ha B dozunu borax olarak kullanmışlardır. Çalışmaları sonucunda çeşitler arasındaki B'da farklılıklar gözlemlenirken 'Golden' çeşidi en yüksek B verimliliğine (%81-86) sahipken, 'BARI-2000' çeşidi en düşük verimliliğe (%76-80) sahip olmuştur.

Nawaz ve ark. (2014) yaptığı bir çalışmada değişik yerfıstığı genotiplerinin B uygulamasına etkisini araştırmışlardır. Uygulamış oldukları 5 farklı B dozunu (0, 0.5, 1.2 ve 4 kg/da H_3BO_3 olarak kullanıp uygulamışlardır. Yapılan ve uygulanan tüm genotiplerde ve dozlarda baklagil bitkisi olan yerfıstığında verimin arttığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca 1 kg/da B uygulamasının verimde etkisinin daha yüksek olduğunu ve artan dozlara oranla verimde azalış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Quamruzzaman (2015) Bangladeş'teki Sher-e-Bangla Tarım Üniversitesinde, ışığın ve B'un yer fıstığının verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemek için bir saha deneyi yürütmüştür. Uygulamalarında iki yer fıstığı çeşidinden (V1 = Dhaka 1 ve V2 = BARI Chinabadam 8), üç farklı seviyede B (B0 = Kontrol, B1 = 1 kg/ha B ve B2 = 2 kg/ha B) ve iki seviyede ışık yani normal gün ışığı (L0) ve normal gün ışığı + geceleri 6 saat uzatılmış kırmızı ışık kullanılmıştır. Çalışmaları sonucunda yer fıstığı veriminin önemli derecede ışık ve B'dan etkilendiği görülmüştür. L0, B2, V2 ve birlikte kullanılan dozun (L0B2V2) en yüksek tohum verimini verdiğini görmekteyiz (sırasıyla 1.37, 1.53, 1.39 ve 1.82 t/ha).

Çikili ver ark. (2015) yılında yürüttükleri çalışmalarında; B ve Zn'nin büyüme, toplam klorofil, membran geçirgenliği ve besin içeriği üzerindeki karşılıklı etkileri yer fıstığında (*Arachis hypogaea* L.) araştırılmıştır. Beş farklı B (0, 4, 8, 16, 32 mg/kg) ile üç farklı doz Zn (0, 10, 20 mg/kg) uygulanmıştır. Uygulamalarına göre artan dozlarda B bitki büyümesini azaltmış ancak; Zn ilavesi B toksisitesi üzerinde inhibe edici bir etki yapmış ve aşırı B'nin neden olduğu büyüme azalmasını azaltmıştır. B'nin artırılması yer fıstığı bitkisinin filizlerinde P, K, Ca, Fe, Zn, Cu ve Na içeriğini arttırmıştır.

Ebrahim ve ark. (2016) ‘İspanyol Fıstıklarında B, Kalsiyum ve K Etkileşimleri’ adlı bir çalışma yapmışlardır. Serada ve tarlada yapmış oldukları bu denemenin için; üç farklı B oranı 0, 0.25 ve 0.50 ppm, üç farklı Ca oranı jips olarak 0, 88 ve 176 ppm'e üç farklı K oranı 25, 50 ve 100 ppm faktöriyel uygulama kombinasyonları kullanılarak Ca, B ve P etkilerini değerlendirmeye amaçlamışlardır. B ve kalsiyum uygulamasının verimde artışa neden olduğunu görmektedirler. B'un eksik olduğu durumda Ca seviyelerinin yükseldiği belirlenmiştir. Bu durum, verimin düşmesi, tohum kalitesinin azalması ve iç hasar miktarının artmasıyla sonuçlanmıştır. Ayrıca yapılan çalışmada B uygulamaları, K oranlarıyla birlikte verimde küçük artışlara sebep olmuştur, ancak yüksek B ve K seviyelerinde verimin düştüğü görülmüştür. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; bitkilerin B gereksinimlerinin büyüme ortamındaki Ca seviyesinin artmasıyla doğrudan arttığını bulmuşlardır.

Benton ve ark. (2017) yapmış oldukları baklagil bitkilerinden olan yer fıstığının, Doğu Virginia ve Kuzey Carolina da önemli olduğunu ve kumlu topraklarda yetiştirildiğini ve yetiştirdikleri bu toprakların B tutma özelliklerinin düşük olduğunu 13 mg/kg düşük B seviyelerinde meyvelerin içinin boş olabildiğini ve tohum kalitesinin düşebildiğini belirtmişlerdir. ABD'de yapılmış bu denemede, Doğu Virginia ve Kuzey Carolina toprak koşullarında kumda yetiştirilen ve baklagil bitkisi olan yer fıstığını; 0, 0.6, 1.1 kg/ha B ile gübrelediklerini ve çimlendirdiklerini bildirmişler ve sonuç olarak uygulamaların çimlenme süresinde veya çimlenme yüzdesinde fark oluşturmadığını vurgulamışlardır.

Hirpara ve ark. (2019) yılında yaptıkları çalışmada; yer fıstığının büyümesi ve verimi üzerinde B ve Mo gübrelerinin etkileşimli etkilerini değerlendirmek için kireçli toprakta bir saksı deneyi yürütmüşlerdir. Çalışmalarında 0, 2, 4, 8 ve 10 kg/ha B olmak üzere beş farklı ve 0, 1, 2 kg/ha Mo olmak üzere üç farklı Mo dozu içermektedir. Araştırmaları sonucunda 8 kg/ha B'un 1 kg/ha Mo ile uygulanmasının, bitki başına nodül sayısı, bitki başına nodül kuru ağırlığı, bitki başına olgun bakla sayısı ve bakla verimi değerlerini önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuşlardır.

Balla ve ark. (2020) Yer fıstığı üzerindeki B ve Mo etkisini incelemek için 9 farklı uygulama yaparak Prayagraj (UP)'de bir saha deneyi yürütmüşlerdir. Uygulamaları 9 farklı kombinasyonda bitkiye uygulamışlardır (T1 B 0.5% + Mo 0.5 kg/ha, T2 B 0.5% + Mo 1 kg/ha, T3 B 0.5% + Mo 1.5 kg/ha, T4 B 1% + Mo 0.5 kg/ha, T5 B 1% + Mo 1 kg/ha, T6 B 1% + Mo 1.5 kg/ha, T7 B 1.5% + Mo 0.5 kg/ha, T8 B 1.5% + Mo 1 kg/ha, T9 B 1.5% + Mo 1.5 kg/ha).

Yaptıkları deneme sonucuna göre en yüksek verimi T9 %1.5 ha'da B + 1.5 kg/ha Mo uygulamasının diğer uygulama dozlarından yani bitki kuru ağırlığından (41.66 g), bitki başına bakla sayısından (21.16), bakla başına çekirdek verimi sayısından (2), Tohum İndeksi'nden (45.66 g), bakla veriminden (3.73 t/ha) ve sap veriminden (10.37 t/ha) olduğunu bildirmişlerdir.

Kamaleshwaran ve ark. (2021) yerfıstığı kaliteli ve verimli bir şekilde büyümesi için B gübrelemesi yapılması gerektiğini söylemektedirler. Özellikle kıyı tuzlu topraklarında B eksikliği, yer fıstığı verimini olumsuz etkilediğini bildirmektedirler. Bu nedenle, bir tarla deneyi yapmışlar ve farklı B gübresi seviyelerinin ve kaynaklarının kıyı tuzlu topraklarda yer fıstığı büyümesi ve verimi üzerindeki etkisi incelemişlerdir. Tamilnadu'nun Cuddalore bölgesi, Chidambaram yakınlarındaki Singarakuppam sahil köyünde bir çiftçinin tarlasında gerçekleştirdikleri bu çalışmada beş farklı B dozu 0, 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 kg ha ve faktör-S olarak S1- Boraks; S2- Solubor ve S3- Boro-Humat gibi üç farklı B gübresi kaynağını kullanmışlardır. Yapılan analizler sonucunda Boro-Humat ile kombine olarak uygulanan 1.5 kg/ha uygulamasının yer fıstığının büyümesini, verim karakterlerini ve verimini önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur.

Shashank ve ark. (2023) yerfıstığı, bilimsel adıyla *Arachis hypogaea* olan ve genellikle düşük maliyetli bir ürün olarak bilinen bu bitki, içerdiği zengin besin maddeleri sayesinde insan beslenmesi için oldukça değerli bir kaynak teşkil etmektedir. Dolayısıyla, yerfıstığı tarımı, ekonomik açıdan önemli bir nakit ürünü olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bu ürünün verimini artırmak amacıyla, mikro besin elementleri olan B ve Zn gibi minerallerin katkısı kritik bir rol oynamaktadır. Bu durumu araştırmak amacıyla gerçekleştirilen ve yapmış oldukları bu deneyde B ve Zn'nin farklı miktarlarda kullanımının yerfıstığının verimi üzerindeki etkilerini gözlemlemek üzere düzenlemeler yapılmıştır.

Bu çalışmada, toplam altı farklı yerfıstığı genotipi (TG 26, TG 51, TG 71, TG 72, BARC 150 ve BARC 200) seçilmiştir ve bu genotipler dokuz ayrı muamele kombinasyonu altında denenmiştir. Her bir genotip için üç farklı B (H_3BO_3) seviyesi (B0 = hiçbir B yok, BL = %0.25 H_3BO_3 ve BH = %0.5 H_3BO_3) ve üç $ZnSO_4$ seviyesi (Z0=hiçbir $ZnSO_4$ yok, ZL=%0.5 $ZnSO_4$ ve ZH=%1 $ZnSO_4$) kullanılmıştır. Bu muameleler, B ve Zn'nin birlikte uygulandığı şekilde şu kombinasyonlar olarak düzenlenmiştir: B0Z0 (T1), BLZ0 (T2), BHZ0 (T3), B0ZL (T4), BLZL (T5), BHZL (T6), B0ZH (T7), BLZH (T8), ve BHZH (T9).

Bu kapsamlı çalışmanın sonuçları göstermiştir ki, bitki başına verimli düğüm sayısı hariç olmak üzere, tüm verim parametreleri yapraktan uygulanan B ve Zn kombinasyonlarından anlamlı derecede etkilenmiştir. Genotiplerin verilen muamelelerden etkileniş biçimleri arasında ise tek tip bir tepki söz konusu olmamıştır. Örneğin, TG 26 genotipi T8 (BLZH) kombinasyonunda, TG 51 genotipi T3 (BHZ0) kombinasyonunda ve TG 71 genotipi T6 (BHZL) kombinasyonunda, denen diğer tüm kombinasyonlar ve kontrol grubu dahil olmak üzere belirgin şekilde daha iyi performans sergilemiştir. Sonuç olarak, doğru oranlarda B ve Zn uygulaması ile yerfıstığının veriminde artış sağlanabilir ve bazı durumlarda verim kalitesi de iyileştirilebileceği sonucuna varmışlardır.

Cordeiro ve ark. (2024) yer fıstığının B beslenmesi ve düşük B kumlu topraklarda yapılan bir çalışmada; yer fıstığının beslenmesini, verimini ve tohum kalitesini B oranı, kaynağı ve uygulama biçiminin bir fonksiyonu olarak değerlendirmeyi amaçlamaktadırlar. Yapılan bu çalışmayı Güneydoğu Brezilya'da düşük B içeren kumlu topraklarda iki yıl boyunca yürütmüşlerdir. Topraktan B'un uygulaması kontrol, 1.5 kg/ha B'de H_3BO_3 , Uleksit (1.5 ve 3.0 kg/ha B) ve sodyum tetraborat (1.5 ve 3.0 kg/ha B) yaprak gübrelemesiyle alt parsellere birleştirilmesiyle 0, 400, 800 ve 1200 g/ha H_3BO_3 4 tekrarlı olarak uygulanmıştır. Sonuç olarak; toprak ve yapraktan B gübrelemesi, fıstık verimini sırasıyla %20 (1100 kg/ha) ve %14 (700 kg/ha) oranında artırmıştır. Toprak ve yaprak gübresinin birlikte kullanılması sadece su açığı olan yıllarda ve topraktan uygulanan oranın düşük olduğu (<3.0 kg/ha) yıllarda etkisini göstermiştir. Çıkan sonuçlardan elde edilen bulgulara göre; yaprak ve toprak B uygulamalarının birlikte uygulamasının, fıstık tohumunun beslenmesini, verimini ve kalitesini etkili bir şekilde iyileştirdiğini fakat toprak uygulamasının daha iyi bir etki göstererek daha yüksek bir verim artışı yüzdesi gösterdi.



3. MATERYAL VE METOT

Baklagillerde B beslenmesi konusu üzerine yayınlanmış olan tezler ve makalelerin incelendiği bu çalışmada çalışma konusuna uygun olanlar belli bir ereve içerisinde toplanıp derlenmiştir.

Çalışmanız kapsamında baz aldığımız konuya dair çalışmaların tespiti yapılarak, belirlenen kriterlere uygun olan çalışmalar içerisinden seçmeler yapıp veriler özetlenerek araştırmanın temelleri oluşturulmuştur.





4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bitkiler, yaşamlarını devam ettiren makro elementlere ilave olarak, az miktarlarda da olsa diğer mikro bitki besin elementlerine de ihtiyaç duymaktadırlar. Artan tarımsal faaliyetler, yanlış uygulamalar, toprak yapısının bozulması gibi etmenler de göz önünde bulundurulduğunda, mikro element eksiklerinin neden olduğu sorunlar giderek artmaktadır. Tarımsal üretimin yoğunluğuyla bağlantılı olarak besin element eksiklikleri de ortaya çıkmaktadır.

Besin elementlerini sadece N, P, K olarak düşünmek yeterli olmamakla birlikte makro ve mikro elementleri beraber değerlendirmemiz gerektiğini ve iki grubunda bitki üzerinde önemli ölçüde etkiler yarattığı görülmektedir. Son yıllarda mikro elementler üzerine yapılan çalışmalar artmakta ve bu konunun önemi artmaktadır. Sunulan tezde, irdelenen çalışmalar aracılığıyla öncelikle B olmak üzere mikro elementlerin bitkiler üzerinde ne derece önemli etkiler oluşturduğunu ve tarımsal üretim için elzem olabileceklerini gösterilmiştir. Ülkemiz, dünya genelinde en yüksek B rezervine sahip olmasına karşın tarımsal uygulamalarda B iyileştirmesi yapılması gerektiği görülmektedir.

Tüm bitkilerin normal gelişmelerini sağlayabilmeleri için B elementine ihtiyaçları vardır. Bitkiler tarafında az miktarda ihtiyaç duyulsa da eksikliğinde gelişim sorunları açığa çıkmaktadır. Çok düşük ölçeklerde bile bitki üzerinde büyük etki oluşturması B'un bitkiler için ne derece önemli olduğunu göstermektedir. Topraktan B alımı ve metabolizasyonu, her bitkiye göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın temel nedenlerinden biri ise her türün kendi özellikleri doğrultusunda farklı miktarlarda B'a ihtiyaç duymasından kaynaklanmaktadır. B elementinin bitkiler açısından biyoyararlanım ve toksisite oranının birbirine yakın olduğu bilinmekte ve bu sebeple uygulanmasında dikkatli olmak gerekmektedir. Bitki bünyesinde B hareketliliğinin sınırlı olmasından dolayı, yanlış bir uygulamalarda oluşacak toksik doz etkilerinin geri dönüşümsüz olabileceği düşünülmelidir. B'un baklagil bitkileri üzerinde etkisini araştırdığımız bu derleme çalışmasında; baklagillerin B elementine ihtiyaçlarının fazla olduğunu görmekteyiz. Toprakta B'un yetersizliğinde bitkilerde büyüme, verim ve kalitede kayıplara neden olurken, toprakta fazla bulunması bitkilerde toksik durumlara neden olmaktadır.

Besin değeri yüksek olan baklagil bitkilerinin yetiştirildiği toprağı da olumlu yönden etkilemektedir. Baklagil bitkileri havanın serbest azotunu bağlama özelliğinden dolayı hem çevre için hem de sürdürülebilirlik açısından önemli bir bitkidir.

Çalışmamız kapsamında baklagil bitkileri olan nohut, börülce, fasulye, bakla, yonca, soya fasulyesi, mercimek, yarfıstığı bitkileri araştırılıp B beslenmesi yönünden etkileri kıyaslanmıştır. Yapılan çalışmalar çeşitlerin toprak şartlarına, artan dozda B uygulamalarına, toksik ve eksik B uygulamaların baklagil bitkilerine etkisine, B'un diğer besin elementleriyle etkisinin baklagil bitkilerinin verim ve kalite özellikleri üzerinde ne gibi etki yaptığını ve baklagil bitkilerin kendi aralarındaki çeşitler B dozlarının etkileri araştırma kapsamında değerlendirilmiştir.

Baklagiller ve B elementi üzerine hızlı bir araştırma yapıldığında günümüzde internete sunulmuş yaklaşık 104.000 veri olduğu görülmektedir. Değerlendirmelerimiz sonucunda doğru kaynaklardan edinilen literatür taramalarında, baklagil bitkilerin ile B etkilerinin araştırıldığı birçok önemli çalışmaya rastlamaktayız. İrdelenen tüm çalışmalar ortak bir doğrultuda sonuç açığa çıkararak B'un bitkiler üzerindeki hassas değerini ortaya koymaktadır.

Çalışmamız kapsamında Baklagil bitkisi olan mercimekte yapılan artan dozlarda B uygulamasının, artan B dozunda verim ve kaliteyi olumsuz etkilediğinin görmekteyiz. Artan dozlarda B'un çeşitler arasında da olumsuz etkiye neden olduğu görülmektedir. Bor ve S dozunun mercimek bitkisinde birlikte uygulanmasının uygulanan dozlarda verimde artışa neden olacağını ve bu uygulamanın genel bir değerlendirme olarak bakıldığında bitkide verimi arttırmanın çiftçiler açısından da ekonomik getiriye artıracığı sonucuna varmışlardır.

Yine araştırmamız kapsamında nohut ile yapılan çalışmalarda çeşitlerin B toksitesine etkilerine bakılmış çalışmış deneme bitkilerinde B toksisitesine toleransın genetik çeşitlilikle ilgili olduğu saptanmıştır. Toprakta B'un eksik olduğu çalışmada; çalışma sonucunda B eksikliğinin deneysel koşullar altında nohutta önemli verim kayıplarına yol açabileceğini gösterdi. Bu sonuca bakılarak, nohut yetiştiriciliği için toprakların B içerikleri, verim kayıplarını önlemek için önceden analiz edileceği sonucuna varmışlardır.

Araştırmamız kapsamında börülce bitkisinde yapılan tüm çalışmalarda da B ile uygulama yapılan elementlerin etkisinin bazı durumlarda verimi azalttığı bazı durumlarda ise bu interaksiyonların verimi arttırdığını fakat B'un tek başına uygulandığı parsellerde daha yüksek verimler aldığını göstermektedir. Ancak uygulanan tüm dozlarda uygulanan dozların belli bir yere kadar bitkide verim ve kaliteyi arttırdığı yüksek dozlarda verimde ve kalitede düşüşler meydana geldiğini artan dozların bitkide toksik etki yaptığını görmekteyiz. Bununla; Paracelsus'un "her şey zehirdir önemli olan dozdur" söylemini daha iyi anlamaktayız. B kendi başına doğru dozda uygulandığında genel olarak olumlu etkiler yaratırken yüksek dozda durum tam tersi olmaktadır.

Araştırmamız çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmaları incelediğimizde, maş fasulyesi üzerinde yapılan B ve S uygulamalarının hem toprak sağlığı hem de besin maddeleri açısından dikkate değer bir öneme sahip olduğunu fark etmekteyiz. Bununla birlikte, baklagiller sınıfına giren fasulye bitkisinde, özellikle püskürtme yöntemiyle uygulanan yüksek dozda B kullanımının verim ve kalite üzerinde ciddi etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Gözlemlerimiz, doğru bir B dozajının, mahsul kalitesini artırarak tarımsal üretimde önemli iyileştirmelere yol açabileceğini göstermektedir.

Soya fasulyesinin vejetatif büyüme evresinde B uygulamasının fotosentez ve su kullanımı üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada ise Net Fotosentez oranı, hücreler arası CO₂ konsantrasyonu, terleme oranı ve stoma iletkenliği gibi parametreler büyüme aşamasındaki ikinci üçlü yapraklarda ölçümler yapılmış ve B uygulamasının, tüm bu değişkenlerde artış sağladığı düşük B içeriğine sahip killi oxisol toprağına B eklenmesi sayesinde, soya fasulyesinin fotosentez hızı ve vejetatif büyüme aşamasındaki su kullanım verimliliği arttırdığını görmekteyiz.

Çalışmamız kapsamında baklagil bitkisi olan yerfıstığının ışık ve B dozu uygulamasının yapıldığı uygulamada yer fıstığının tutulmasına ışığın etkili olduğunu ve yer fıstığı çeşitlerinin ışık ve B'dan etkilendiğini verim ve kaliteyi de birlikte kullanıldığında arttırdığını gözlemlemekteyiz. Bor ve Zn uygulandığı başka bir çalışmada baklagil bitkisi olan yer fıstığında; artan dozlarda Bun bitki büyümesini azalttığını fakat Zn ilavesiyle B toksitesi inhibe olup aşırı B'un neden olduğu büyüme azalmasını azalttığını görmekteyiz.

Ayrıca, bu sonuçlar tarımsal uygulamalarda daha yenilikçi yöntemlerin benimsenmesi gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır.

Literatürdeki çalışmalardan derlediğimiz çalışmalara göre yapılacak öneriler

- Bütün araştırmalarımız sonucunda, baklagil bitkileri ve B arasında hassas bir denge olduğu anlaşılmaktadır. Gerçekleştirilen denemeler, B'un dozu arttıkça etkisinin azaldığını göstermektedir. Bu nedenle, doğru dozda uygulama bu mikro element için en temel unsurdur. Aynı türün farklı varyantları üzerine yapılan çalışmalar B etkisinin genetik koşullarla da bağlantılı olduğunu ortaya koymaktadır.
- Genetik çeşitliliğin korunması, tek tip tohumla yapılan tarımsal faaliyetlerin çeşitlendirilmesi B uygulamalarında avantaj sağlayacak durumlar oluşturabilmektedir. B sadece bitkiler açısından değil, genel toprak özelliklerine bağlı ikincil unsurlar ve uygulama yöntemleri de göz önünde bulundurularak detaylı incelenmesi gereken bir mikro element olduğu sonucuna varılmıştır.
- B'un diğer elementlerle etkileşimini tam anlamıyla anlamak için daha detaylı çalışmaların oluşturulması gerekmektedir. Sadece baklagiller için değil genel tarım uygulamalarında da sinerjik, agonist ve antagonist etkilerinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. B uygulama yöntemleri de bir diğer unsur olarak benimsenmeli ve en etkin uygulamaların yaprak+toprak uygulaması olduğu bilinmelidir ve bunu göz önünde bulundurarak çalışmalar yapılmalıdır.
- Bitki sağlığının ve tarımsal iyileştirmenin yanı sıra, insan sağlığı ve ülke ekonomisi için de önemli yeri olan B elementi, üzerine daha çok düşülmesi ve multidisipliner olarak irdelenmesi gereken bir cevherdir.
- Bu derleme çalışması sonucunda baklagil yetiştiriciliğinde B uygulamasına ihtiyaç duyulmasının yanı sıra toprak analizlerinin yapılması ve yapılan analizler sonucunda uygun gübreleme programları kullanılması kaliteli verim için önemli olacaktır.
- B'ca zengin gübrelerin üretilmesi teşvik edilmeli ve böylece çiftçilerin bitkilere uygun dozda ve zamanda belirli periyotlarla uygulaması gerektiği bildirilmelidir.
- Böylece bitkilerin B'la beslenme zamanında yapılacak ve bununla birlikte kaliteli verim artışı sağlanacaktır.

Bu tez çalışması bu konuda çalışılacak olan araştırmacılar için bir kaynak olmasını amacıyla hazırlanmıştır.



KAYNAKÇA

- Abreu, I., Cerda, M. E., Nancelares, M. P., Baena, I., Lloret, J., Bonilla, I., Bolanos, L., Reguera, M., 2012. Boron Deficiency Affects Rhizobia Cell Surface Polysaccharides Important for Suppression of Plant Defense Mechanisms During Legume Recognition and for Development of Nitrogen-Fixing Symbiosis. *Plant Soil*, 361, 385-395p
- Adiloğlu, A., Bellitürk, K., Adiloğlu, S. ve Solmaz, Y., 2020. Çiftlik gübresinin çavdar (Scale cereale L.) bitkisinin mineral beslenmesine etkisi [Effect of farmyard manure on mineral nutrition of rye (Scale cereale L.) plant]. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23 (2), 316- 320. doi: 10.18016/ksutarimdoga.vi.606574
- Aktaş, M., 1991. Bitki besleme ve toprak verimliliği. Ankara Üni. Zir. Fak. Yayın No: 1202.
- Alam, M. S., ve Islam, M. F. 2016. Effect of zinc and boron on seed yield and yield contributing traits of mungbean in acidic soil. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, 11(02), 941-946.
- Al-Hayani, M. S. B., Al-Jumaili, I. A. S., 2019. Response of Growth and Yield of Mung Bean (*Vigna radiate* L.) to Foliar Application with B1 Vitamin (Thiamin and Boron). *Plant Archives* Vol. 19 No. 2, pp.4470-4476
- Al-Yasari, M. N. H., Al-Mosawi, A. N. A., ve Al-Karhi, M. A. 2022. Response of Three Fabacean Cultivars to Boron. *Biochemical & Cellular Archives*, 22(2)
- Anonim: <https://boren.tenmak.gov.tr> (2024).
- Anonymous, 1982. Micronutrients and The Nutrient Status of Soils. A Global Study, FAO Soils Bulletin No: 48, Rome.
- Arcak, Ç. 2010, Türkiye Topraklarının Bor Statüsünün Belirlenmesi ve Haritalanması Sonuç Raporu, EBoren Derleme Arşivi, Yayın No: 71, Ankara.
- Assunção H., Macherenhas A., 1998. Dry Bean Response to Doses of Boron in Winter and Spring Plantings. *Bragantia Campinas*. 57 (2).387-92.
- Balla, H., Singh, V., Tiwari, D., ve Shaik, M. A. 2020. Effect of boron and molybdenum on growth rate and yield of groundnut (*Arachis hypogea* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(6), 1416-1419.
- Bangar, S., ve Khandagale, G. B. 2015. Effect of Sulphur and Boron on Growth, Biochemical Parameters, Yield and Yield Attributes of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill).
- Bartleta, R.J., Picarelli, C.J., 1973. Availability of boron and phosphorus as affected by liming on acid potata soil. *Soil Sci*. 116:77-83.
- Barut, H., Aykanat, S., Aşıklı, S., Eker, S. 2018. Bitkisel Üretimde Bor. *International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research*, 1(1), 33-46.
- Bayrak, H., Önder, M., ve Gezgin, S., 2005. Bor Uygulamasının Nohut (*Cicer Arietinum* L.) Çeşitlerinde Verim ve Bazı Verim Unsurlarına Etkileri.

- Bellaloui, N., Hu, Y., Mengistu, A., Kassem, M. A., ve Abel, C. A. 2013. Effects of foliar boron application on seed composition, cell wall boron, and seed $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ isotopes in water-stressed soybean plants. *Frontiers in Plant Science*, 4, 270.
- Bellaloui, N., Smith, J. R., ve Mengistu, A. 2017. Seed nutrition and quality, seed coat boron and lignin are influenced by delayed harvest in exotically-derived soybean breeding lines under high heat. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1563.
- Bennett, O.L., Mathias, E.L., 1973. Growth and chemical composition of crownvetch as affected by lime, boron, soil source and temperature regime. *Agron. J.* 65: 587-593.
- Benton, A., Balota, M., ve Welbaum, G. E. 2017. Effects of boron fertilization on peanut seed germination tested in a lab field (TM) Table. In: The 12th Triennial Conference of The International Society for Seed Science 10-14 September.
- Berger, K. C., 1949. Has compiled tables of the boron content and requirements of various Crops. Avdan, Argon., 1,321
- Bergmann, W., 1992. Nutritional disorders of plants development. Visual and analytical diagnosis. Fischer Verlag. Jena
- Bolanos L., Brewin N. J., Bonilla I., 1996. Effects of boron on Rhizobium-legume cell-surface interactions and nodule development, *Plant Physiol.*, 110, 1249-1256.
- Bozoglu, H. ve Mut, Z., 2008. Bor ve manganez uygulamasının nohutun (*Cicer arietinum* L.) bazı tarımsal özellikleri üzerine etkileri. *Asya Kimya Dergisi*, 20 (3), 2398.
- Bulut, F., 2007. Bakla (*Vicia Faba* L.)’Da tuzluluğun Fide gelişimine ve bazı Minerallerin alımına Etkisi, Doktora tezi, Mamara Üniversitesi, İstanbul, 160 s.
- Bulut, H., ve Kendir, H., 2019. Ankara koşullarında farklı dozlarda borlu gübrelemenin iskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.)’nde bitki boyu ile ot ve protein verimine etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(1), 19-28.
- Byers, D. E., Mikkelsen, R. L., ve Cox, F. R. 2001. Greenhouse evaluation of four boron fertilizer materials. *Journal of plant nutrition*, 24(4-5), 717-725.
- Campos, T. S., dos Santos Sousa, W., Rossetti, C., Souza, A. G. V., Faria, L. O., Cintra, P. H. N., ve Miguel, P. 2021. Productivity, quality and composition of soybean seeds in storage as a function of boron doses at different phenological stages. *Revista de Ciências Agrárias*, 44(1).
- Ceyhan, E., Önder, M., Harmankaya, M., Hamurcu, M., ve Gezgin, S., 2007. Bor Eksikliği Olan Kireçli Topraklarda Nohut Çeşitlerinin Bor Uygulamasına Tepkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Analizinde İletişimler*, 38(17-18), 2381–2399.
- Chaithra, M. C., ve Hebsur, N. S. 2018. Growth and Yield of Soybean (*Glycine max* L.) As Influenced by Boron Nutrition in a Vertisol. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 7(11), 3293-3300.
- Chakraborty, A. 2009. Growth and yield of lentil (*Lens culinaris* L.) as affected by boron and molybdenum application in lateritic soil. *Journal of Crop and Weed*, 5(1), 88-91.

- Chen, L., 2020. The Effect of Foliar Boron Application on Seed Production of Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Biosis: Biological Systems*, 1(2), 60-64.
- Choudhary, P., Gautam Ghosh, N., ve Kumari, S. 2017. Effect on yield and benefit cost ratio of green gram at different phosphorus levels and frequency of boron levels. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(6), 1095-103.
- Chourasia, A., Rai, H. K., Prajapati, J., ve Suryawanshi, A. 2020. Boron Content in Different Plant Parts of Soybean as Influenced by Boron Application. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(3), 1286-1294
- Cirak, C., Odabas, M. S., Kevseroglu, K., Karaca, E., ve Gulumser, A. 2006. Response of soybean (*Glycine max*) to soil and foliar applied boron at different rates. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 76(10), 603.
- Cokkizgin, A., 2013. Boron (H_3BO_3) toxicity in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germination. *Annual Research & Review in Biology*, 4(1), 325-336.
- Cordeiro, C. F. D. S., Galdi, L. V., Silva, G. R. A., Custodio, C. C., ve Echer, F. R., 2024. Boron nutrition improves peanuts yield and seed quality in a low B sandy soil. *Revista Brasileira de Ci4ncia do Solo*, 48, e0230043.
- C4m4ert, A., ve Kale 4elik, S., 2017. Farklı Toprak B4nyelerinde Sulama Suyu Bor D4zeylerinin Fasulye Bitkisi Verimi 4zerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3), 323-331.
- C4re, B. 2022. Kimyasal ve Organik G4brelerin 4evre 4zerine Etkisi. *Uluslararası Biyosistem M4hendisliği Dergisi*, 3(2), 98-107.
- 4ikili, Y., Samet, H. ve Dursun, S., 2015. Bor ve Zn'nin fıstık (*Arachis hypogaea* L.) b4y4mesi ve mineral beslenmesi 4zerindeki karşılıklı etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Analizinde İletişimler*, 46 (5), 641-651.
- 4imrin, K. M., ve Boysan, S., 2006. Van y4resi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak 4zellikleri ile ilişkileri. *Y4z4nc4 Yıl 4niversitesi Ziraat Fak4ltesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16, 105-111.
- Dameto, L. S., Moraes, L. A. C., ve Moreira, A., 2022. Effects of boron sources and rates on grain yield, yield components, nutritional status, and changes in the soil chemical attributes of soybean. *Journal of Plant*.
- Das, S., Paul, S. K., Rahman, M. R., Roy, S., Uddin, F. J., & Rashid, M. H., 2022. Growth and yield response of soybean to sulphur and boron application. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 20(1), 12-19.
- Debnath, P., Pattanaik, SK., Sah, D., Chandra, G. ve Pandey, AK. 2018. Effect of boron and zinc fertilization on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L Walp.) in inceptisols of arunachal pradesh. *Journal of Indian Society of Soil Science*. 66 (2): 229 – 234.

- Dell, B. ve L. Huang. 1997. Physiologocial response of plants to law boran. Plant and Soil.Vol.,193(1-2): 103-120.
- Demirtaş, A. 2006. Bor bileşikleri ve tarımda kullanımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(1), 111-115.
- Devi, K. N., Singh, L. N. K., Singh, M. S., Singh, S. B., ve Singh, K. K. 2012. Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality, nutrient uptake and economics of soybean (*Glycine max*) under upland conditions. Journal of Agricultural Science, 4(4), 1.
- Dhassi, K., Aït Houssa, A., Makroum, K., Amlal, F., Fagroud, M., Darrhal, N., Drissi, S., 2020. Kumlu Topraktaki Bor Teminine Yanıt Olarak Yoncanın (*Medicago Sativa L.*) Biyokütle Üretimi ve Besin Durumu. Toprak Bilimi ve Bitki Analizinde İletişimler, 52 (6), 613–624.
- Dias da Silva, R. C., Soares da Silva Junior, G., Pelá, A., Quintao Lana, R. M., ve Mageste da Silva, J. G. 2020. Doses, methods and times of application of boron in soybean under field conditions. Bioscience Journal, 36(6).
- Dinesh Kumar, D. K., Sudkep Sidhu, S. S., Sharma, K. N., ve Singh, V. 2009. Influence of soil applied sulfur and boron on yield and quality parameters of soybean.
- Domingos, C., S., Besen, M. R., Esper Neto, M., Costa, E. J. O., Scapim, C. A., Inoue, T. T., ve Braccini, A. L. 2021. Can calcium and boron leaf application increase soybean yield and seed quality? Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 71(3), 171–181. <https://doi.org/10.1080/09064710.2020.1869818>
- Dordas C., 2006. Foliar boron application improves seed set, seed yield, and seed quality of alfalfa. Agron. J. 98: 907-913.
- Du WH, Tian XH, Zhi ZC, Humphries A., 2009. Effects of micronutrients on seed yield and yield components of alfalfa. Journal of Plant Nutrition, 32: 809-820
- Ebrahim, A., El Sherbieny, A. E., Metwally, A. S., ve Dahdouh, S. M. 2016. Effect of gypsum, boron and potassium on peanut yield, its oil contents and chemical properties. Zagazig Journal of Agricultural Research, 43(6), 2435-2446.
- Ediz N., Özdağ H., 2001. "Bor Mineralleri ve Ekonomisi" DPÜ, FBE. Dergisi, 133-149.
- Elayaraja, D. ve Singaravel, R., 2012. Kıyı kumlu topraklarında yer fıstığı verimi ve besin alımı üzerine çinko ve bor uygulamasının etkisi.
- Enderson, J. T., Mallarino, A. P., ve Haq, M. U. 2015. Soybean yield response to foliar-applied micronutrients and relationships among soil and tissue tests. Agronomy Journal, 107(6), 2143-2161.
- FAO 2016. Let the countdown to the international year of pulses begin. www.fao.org/zhc/detail-events/en/c/358100/.
- Freeborn, J. R., Holshouser, D. L., Alley, M. M., Powell, N. L., ve Orcutt, D. M. 2001. Soybean yield response to reproductive stage soil-applied nitrogen and foliar-applied boron. Agronomy Journal, 93(6), 1200-1209.

- Freitas, I. L., Teixeira, G. C. M., Campos, C. N. S., Teodoro, L. P. R., Rodrigues, D. M., Alvarez, R. D. C. F., ve Teodoro, P. E. 2024. Impact of boron fertilisation on soybean grain yield as affected by associated physiological factors. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1-12.
- Fujiyama, B. S., Silva, A. R. B. E., Silva Júnior, M. L. D., Cardoso, N. R. P., Fonseca, A. B. D., Viana, R. G., ve Sampaio, L. S. 2019. Boron fertilization enhances photosynthesis and water use efficiency in soybean at vegetative growth stage. *Journal of plant nutrition*, 42(19), 2498-2506.
- Gezgin, S., Korkmaz, A., ve Yılmaz, F. G. 2023. Evaluating of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars for Boron Efficient and Tolerant. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 9(1), 218-227.
- Gowthami, P., Rao, G. R., Rao, K. L. N., ve Lal, A. M. 2018. Effect of foliar application of potassium, boron and zinc on quality and seed yield in soybean. *Int. J. Chem. Stud*, 6(1), 142-144.
- Göncü, N., 1982. Dünya ve Türkiye'de Metal ve Mineral Kaynaklarının Potansiyeli, Ticareti, Beklenen Gelişmeler, 10. Bor Mineralleri, M.T.A. Enst. Yayınları, 187, Ankara.
- Gupta, U.C., 1968. Relation ship of total and hotwater soluble boron, and fixation of added boron, to properties of podzol soils. *Soil Sci. Soc. Am. J. Proc.* 32:45-48.
- Gupta, U.C., 2007. Handbook of Plant Nutrition. In: Boron (pages 241-277). Agriculture and Agri-Food, Canada.
- Gülümser, A., Odabas, M. S., ve Özturan, Y., 2005. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) yapraktan ve topraktan uygulanan farklı bor dozlarının verim ve verim unsurlarına etkisi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 18(2), 163-168.
- Güner, H., 1961. Gübreleme Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 40, İzmir.
- Güneş, A., Gezgin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H., & Çakmak, İ., 2017. Bor elementinin bitkiler için önemi. *Boron* 2, 39, 108-174.
- Habib, A. S., Ahsan, M., 2013. Response of Zinc and Boron on Growth, Yield and Quality of Black Gram (*Vigna mungo* L.) (Doctoral dissertation, Sher-e-Bangla Agricultural University, Dhaka, Bangladesh).
- Habib, J. Z., Ali, O. N., ve Alsajri, F. A. 2023. Response of Soybean Cultivars to Foliar Fertilizers Using Iron and Boron in Gypsum Soil. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1262, No. 5, p. 052011). IOP Publishing.
- Hakkoymaz O., Önder M., Gezgin S., 2006. Konya ekolojik şartlarında yazlık mercimek çeşitlerinin adaptasyonu ve bor toksisitesine tepkilerinin belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Yayınları*, 20 (38):98-107.
- Hamurcu, M., Arslan, D., Hakki, E. E., Ozcan, M. M., Pandey, A., Khan, M. K., ve Gezgin, S. 2019. Boron application affecting the yield and fatty acid composition of soybean genotypes.

- Hamurcu, M., Tamkoç, A., Gökmen, F., Gezgin, S., Özbek, Z., Babaoğlu, M., Hakkı, E.E., 2006b, Farklı Bor ve Demir Uygulamalarının Bezelye Hatlarının Gelişimi Üzerine Etkisi. 3. Uluslararası Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı s: 145-153. 02-04 Kasım, Ankara.
- Hamurcu, M., ve Gezgin, S., 2007. Bor ve Çinko Uygulamasının Bazı Bodur Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) Genotiplerinin Biyolojik Verim Değerlerine Etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 21(41), 11-22.
- Hildreth, A. C., Magness, J. R. ve Mitchell, J. W., 1941. Effects of climatic factors on growing plants in Climate and Man; Yearbook of Agriculture (eds Hambidge, G. & Drown, M. J.) 292–307 (United States Department of Agriculture).
- Hirpara, DV, Sakarvadia, HL, Jadeja, AS, Vekaria, LC ve Ponkia, H.P., 2019. Kireçli toprakta yer fıstığının (*Arachis hypogaea* L.) büyümesi ve verimi üzerinde bor ve molibden gübrelerinin etkileşimli etkileri. *Farmakognozi ve Fitokimya Dergisi*, 8 (6), 1745-1748.
- Hossain, M. B., Hasan, M. M., Sultana, R., ve Bari, A. A. 2016. Growth and yield response of chickpea to different levels of boron and zinc. *Fundamental and Applied Agriculture*, 1(2), 82-86.
- Inbaraj, MP. ve Muthuchelian, K. 2011. Effect of boron and high irradiance stresses on chlorophyll, protein and starch content in leaves of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp. P152). *Journal of Biosciences Research*, 2, 55-61.
- K.E. McPhee, A. Kahraman, M. Önder, E. Ceyhan ve B. Tashtemirov, 2012. Response of chickpea genotypes to drought. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 66 475-480.
- Kacar B., 2009. Toprak analizleri (Genişletilmiş 2. Baskı). Nobel Yayınları No: 1387, ISBN: 978605-395-184-1, Ankara.
- Kala, D. C., Dixit, R. N., Meena, S. S., Nanda, G., ve Kumar, R. 2017. Effect of graded doses of sulphur and boron on yield attributes and nutrient uptake by chickpea. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(6), 55-60.
- Kamaleshwaran, R., Elayaraja, D., Dhanasekaran, K., ve Jawahar, S. 2021. Effect of different levels and source of boron fertilizers on the growth and yield of groundnut in coastal saline soil. *Int. J. Bot. Studies*, 6(6), 1265-1269.
- Kamboj, N. ve Malik, RS. 2018. Influence of phosphorus and boron application on yield, quality, nutrient content and their uptake by green gram (*Vigna radiata* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(3), 1451-1458.
- Karaman, M.R., Adiloğlu, A., Brohi, R., Güneş, A., İnal, A., Kaplan, M., Katkat, V., Korkmaz, A., Okur, N., Ortaş, İ., Saltalı, K., Taban, S., Turan, M., Tüfenkçi, Ş., Eraslan ve F., Zengin, M., 2012. Bitki Besleme. Dumat Ofset, Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti., 1080 s, Ankara
- Karasu, A., Öz, M., Göksoy, A.T., 2002. Bazı soya fasulyesi (*Glycine max* L. Merrill) çeşitlerinin Bursa koşullarına adaptasyonu konusunda bir çalışma. *UÜ Zir. Fak. Derg.* 16(2): 25-34.

- Kaya, MD, Ergin, N. ve Harmancı, P., 2023. Ayçiçeği, soya fasulyesi ve haşhaş tohumlarında bor form ve dozlarının çimlenme üzerine etkileri. Tarımsal Üretim Dergisi, 4 (1), 1-6.
- Keerati-Kasikorn, P., Bell, RW, ve Loneragan, JF 1991. İki fıstık (*Arachis hypogaea* L.) çeşidinin bor ve kalsiyuma tepkisi. Bitki ve toprak, 138, 61-66.
- Khalaf, Y. B., Aldahadha, A., Migdadi, O., Khasawneh, Y., Bsharat, S., ve Nukta, R. A. 2024. Foliar Boron Application and Row Spacing Effects on Growth, Yield and Protein Contents of Lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Journal of Ecological Engineering*, 25(10), 307-317.
- Khattab, E. A., Badr, E. A., ve Afifi, M. H. 2016. Response of some varieties of faba bean (*Vicia faba* L.) to boron and potassium. Int. J. Chem. Tech. Res, 9(8), 98-103.
- Krishna, B. M., Kumar, H. S., Priyanka, G., NAIL, M., ve Umesha, C. 2022. Influence of boron and zinc on growth and yield of green gram (*Vigna radiata* L.). *Pharma Innov. J*, 11(3), 1674.
- Kumar, A. Y., ve Umesha, C. 2023. Influence of molybdenum and foliar application of boron on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata*). *J. Exp. Agric. Int*, 45(8), 41-48.
- Kumar, D., ve Sidhu, S. S. 2013. Response of soybean to soil applied sulfur and boron in a calcareous soil. *Journal of plant nutrition*, 36(11), 1795-1807.
- Kumari, V. V., Nath, R., Sengupta, K., Banerjee, S., Dutta, D., ve Karmakar, S. 2021. Effect of sowing and micronutrients foliar spray on lentil (*Lens culinaris*) in West Bengal. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 91(4), 573-6.
- Laftta, W. M., ve Habib, Z. K. 2021. Effect of Spraying with Boron and the added Potassium Fertilizer on the growth of Broad Bean (*Vicia Faba* L.). *Int. J. Agricult. Stat. Sci*, 17, 1111-1117.
- Laxmi, S., Meena, R., Meena, R. N., Patel, M. K., Paul, A., Dubey, A., ve Meena, K. 2020. Effect of graded dose of sulfur and boron on yield and nutrient uptake by mungbean (*Vigna radiata*).
- Layek, J. 2008. Response of Soybean (*Glycine Max* (L). Merrill) to Sulphur and Boron Nutrition (Doctoral dissertation, IARI, Division of Agronomy, New Delhi).
- Lima, M. L., Silva, G. C., Silva, I. L., Lisboa, C. F., Silva, D. D. A., França, E. E., ve Pelá, A. 2018. Boron sources and levels on the nutrition and production of common bean intercropped with castor. *Journal of Agricultural Science*, 10(7), 218
- Longkumer, L. T., Singh, A. K., Jamir, Z., ve Kumar, M., 2017. Effect of sulfur and boron nutrition on yield and quality of soybean (*glycine max* L.) grown in an acid soil. *Communications in soil science and plant analysis*, 48(4), 405-411.
- Loomis, W. D. ve Durst, R. W., 1992. Boron and cell walls. *Curr. Top. In Plant Biochem. Physiol.*, 10: 149-178.
- Maku Sanathkumar, N. M., Patil, S., ve Reddy, M. 2024. Effect of sulphur and boron on yield and economics of lentil (*Lens culinaris* Medik).

- Martens, D.C., ve D.T. Westermann., 1991. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. p. 549–583. In J.J. Morvedt et al. (Ed.) Micronutrients in agriculture. 2nd ed. SSSA Book Ser. 4. SSSA, Madison, WI
- Meena, D., Bhushan, C., Shukla, A., Chaudhary, S., ve Meena, S. S. 2017. Effect of foliar application of nutrients on biological yield and economics urdbean (*Vigna mungo* (L.) Hepper). *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 6(5), 2658-2662.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. pp.559-572. International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Mishra, U. S., Sharma, D., ve Raghubanshi, B. P. S. 2018. Effect of zinc and boron on yield, nutrient content and quality of blackgram (*Vigna mungo* L.). *Research on Crops*, 19(1), 34-37.
- Moseman R., 1994. Chemical Disposition of Boron in Animals and Humans, *Environ Health Perspect* 102 (Suppl 7):113–117
- Movalia J., A., Parmar, KB. ve Vekaria LC., 2018. Effect of boron and molybdenum on yield and yield attributes of summer green gram (*Vigna radiata* L.) under medium black calcareous soils." *International Journal of Communication Systems*, 6.1 (2018): 321-323.
- Muntean, D.W., 2009. Boron, the Overlooked Essential Element. Soil and Plant Laboratory Inc., Bellevue, WA 98009. P.O Box 1648.
- Myageri, P. V., ve Dawson, J., 2021. Effect of phosphorous and boron levels on growth and yield of lentil (*Lens culinaris* L.). *Int J Plant Soil Sci*, 34(20), 504-10.
- Nagar, R., ve Kumar, M. 2022. Effect of lime and boron application on growth, yield and quality of soybean *Glycine max* (L.).
- Naik, MV ve Debbarma, V. 2022. Azot ve borun mercimeğin (*Lens culinaris* Medikus.) büyümesi ve verimi üzerindeki etkisi. *Uluslararası Bitki ve Toprak Bilimi Dergisi*, 34 (21), 882-887.
- Nawaz, N., Shah, M., Mubashir, N., Khan, A., Yasin, M. M., Baig, D., ve Sher, M. A. 2014. Effect of boron on peanut genotypes under rainfed conditions. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 27(2).
- Naznin, F., Hossain, M. A., Khan, M. A., Islam, M. A., ve Rahman, A. K. M. H. 2020. Effect of Boron on Growth, Yield and Nutrient Accumulation in Black Gram.
- Nema, S., Pandey, S. B., Kumar, A., Sachan, R., Sirohiya, A., ve Singh, A. K. 2022. Interaction effect of phosphorus and boron on yield components, productivity parameters and quality traits of lentil (*Lens culinaris* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(11), 1426-1433.
- Oluk, E. ve Latif, N., 2008. Soya fasulyesi (*glisin max* (l) merrill var. “Umut 2002” büyümesi ve gelişimi üzerine bor fazlasının etkileri. *Erzincan Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1 (1), 27-38.
- Öktem, A.G., 2022. Farklı bor uygulamalarının kırmızı mercimeğin tohum verimi ve bazı tarımsal özellikleri üzerine etkileri. *Türkiye Tarla Bitkileri Dergisi*, 27 (1), 112-118.

- Özkorkmaz, F., 2020. Bor ve Demir Uygulamalarının Farklı Zamanlarda Ekilen Börülcenin (*Vigna Sinensis*L.) Verim, Verim Unsurları ve Tane Kalitesine Etkisi. Doktora Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 26-93.
- Özkorkmaz, F., ve Yılmaz, N. 2022. Determination of the effects of different doses boron and iron fertilizers application on the grain quality in cowpea (*Vigna unguiculata* L.).
- Öztaş, T., Akgül, M., Aydın, A., Canbolat, M. 2013. Atatürk Üniversitesi Çiftliği Topraklarının Verimlilik Durum Değerlendirilmesi I: Makro Elementler (N, P, K). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1), 38-45.
- Özyazıcı, M. A., Dengiz, O., ve Sağlam, M., 2013. Artvin ilinde yonca (*Medicago sativa* L.) tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması.
- Patra, P. K., ve Bhattacharya, C., 2009. Effect of different levels of boron and molybdenum on growth and yield of mung bean (*Vigna radiata* L.) Wilczek (cv. Baisakhi Mung)) in Red and Laterite Zone of West Bengal. Journal of Crop and Weed, 5(1), 111-114.
- PATTAR, P., Nandagavi, R. A., ve Karabhantanal, S. S. 2023. Effect of boron and molybdenum on chickpea under rainfed ecosystem. Journal of Farm Sciences, 36(02), 140-144.
- Pawlowski, M. L., Helfenstein, J., Frossard, E., ve Hartman, G. L. 2019. Boron and zinc deficiencies and toxicities and their interactions with other nutrients in soybean roots, leaves, and seeds. Journal of Plant Nutrition, 42(6), 634-649.
- Quamruzzaman, M., 2015. Yer fıstığı tohumunun verimi ve kalitesinin ışık ve bordan etkilenmesi (Doktora tezi, Tarım Anabilim Dalı).
- Quddus, M. A., Hossain, M. A., Naser, H. M., Naher, N., ve Khatun, F., 2018. Response of chickpea varieties to boron application in calcareous and terrace soils of Bangladesh.
- Quddus, M., Rashid, M., Hossain, M. ve Naser, H., 2011. Effect of zinc and boron on yield and yield contributing characters of mungbean in low ganges river floodplain soil at Madaripur, Bangladesh. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 36(1), 75-85.
- Rafique, E., Mahmood-ul-Hassan, M., Yousra, M., Ali, I., ve Hussain, F. 2014. Boron nutrition of peanut grown in boron-deficient calcareous soils: genotypic variation and proposed diagnostic criteria. Journal of Plant Nutrition, 37(2), 172-183.
- Rahman, M. H. H., Arima, Y., Watanabe, K., ve Sekimoto, H. 1999. Adequate range of boron nutrition is more restricted for root nodule development than for plant growth in young soybean plant. Soil science and plant nutrition, 45(2), 287-296.
- Rahman, MM. ve Rasul, MG., 2016. Organoleptic assessment of groundnut (*Arachis hypogaea* l.) as influenced by boron and artificial lightening at night. World Journal of Agricultural Sciences, 12(1), 1-6.
- Ramya, N., Mamatha, B., Reddy, M. S., T Subbarayappa, C., ve S Sukanya, T. 2021. Effect of Soil and Foliar Application of Boron on Yield and Economics of Green Gram (*Vigna radiata* L.).

- Rawashdeh, H. ve Sala, F., 2016. The Effect of iron and boron foliar fertilization on yield and yield components of wheat. *Romanian Agricultural research*, 33, 1-9.
- Reddy, G. A., ve Umesha, C. 2022. Effect of organic manures and boron on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Int J Environ Clim Change*, 12(10), 620-5.
- Reisenauer, H.M., Walsh, L.M., Hoeft, R.G., 1973. Testing Soil for Sulphur, Boron, Molybdenum and Chlorine. In L.M. Walsh and J.D. Beaton Ed. *Of Soil Testing and Plant Analysis*, p:173. Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, Wisconsin.
- Rodrigues, L. U., Nascimento, V. L., Peluzio, J. M., Santos, A. C. M. D., ve Silva, R. R. D. 2019. Morphophysiological and grain yield responses to foliar and soil application of boric acid on soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(13), 1640-1651.
- Ross, J. R., Slaton, N. A., Brye, K. R., ve DeLong, R. E. 2006. Boron fertilization influences on soybean yield and leaf and seed boron concentrations. *Agronomy Journal*, 98(1), 198-205.
- S. Şehirali, 1988. Yemeklik Dane Baklagiller. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın. No: 1089, Ders Kitabı: 314. Ankara.
- Sakal, R., Singh, A.P. ve Sinha, R.B., 1988. Differential Reaction of Lentil Varieties To Boron Application In Calcareous Soil. *LENS Newsletter* 15(1), 27-29.
- Salunke, D.K., Kadam, S.S., 1989. *Handbook of World Food Legumes: nutritional chemistry, processing technology, and utilization*. Vol. 1. CRC Pres, 310, Boca Raton, USA.
- Samet, H., Çıkılı, Y., ve Dursun, S. 2013. Interactive effects of boron and potassium on the growth and mineral composition of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Soil-Water Journal*, 2(2-1), 689-696.
- Sarı, D. 2023. Effects of PEG-Induced Drought Stress and Different Boron Levels on Seed Germination and Seedling Growth Characteristics in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 154-161.
- Sarıoğlu, G., ve Velioğlu, Y. S. 2018. Baklagillerin Bileşimi. *Akademik Gıda*, 16(4), 483-496. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.505547>
- Sarker, S. K., Chowdhury, M. A. H., ve Zakir, H. M. 2002. Sulphur and boron fertilization on yield quality and nutrient uptake by Bangladesh soybean-4. *Journal of Biological Sciences*, 2(11), 729-733.
- Şehirali, S. 1988. Grain legume crops. Ankara University, Faculty of Agricultural Engineering, Ankara, Turkey 1089 (314), pp. 435.
- Seidel, E. P., Egewarth, W. A., Piano, J. T., ve Egewarth, J. 2015. Effect of foliar application rates of calcium and boron on yield and yield attributes of soybean (*Glycine max*). *African Journal of Agricultural Research*, 10(4), 170-173.
- Sezen, Y., 1988. Suların Genel Özellikleri ve Kalitesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum.

- Shamsuddoha, A. T. M., Anisuzzaman, M., Sutradhar, G. N. C., Hâkim, M. A., ve Bhuiyan, M. S. I. 2011. Effect of sulfur and boron on nutrients in mungbean (*Vigna radiata* L.) and soil health. *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 2(2), 224-229.
- Shashank, A., Mondal, S., Challam, D. A., ve Reddy, M. H. 2013 Yield responses of groundnut genotypes as influence by boron and zinc.
- Sheoran, R. S., ve Kumar, S. 2020. Effect of potassium and boron fertilization on growth, forage yield and quality of berseem (*Trifolium alexandrinum* L.). *Legume Research-An International Journal*, 43(3), 421-426.
- Shorrocks, V.M., 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil*. Vol., (1-2): 121-148.
- Singh, Amrit, Jat, R.S. ve Misra, J. B. 2009. Boron fertilization is a must to enhance peanut production in India. UC Davis: Department of Plant Sciences. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/9z63872f>
- Silva Gomes, I., ve Benett, C. G. S. 2017. Boron fertilisation at different phenological stages of soybean. *Australian Journal of Crop Science*, 11(8), 1026-1032.
- Singh, A.P., ve Nayyar, V.K., 2004. Transfer of Scientific Knowledge to Usable Field Practices, Indian Council of Agricultural Research (ICAR), 14th International Symposium on Micronutrients, 23-25 February 2004, New Delhi, India.
- Singh, Dharendra, Khare, Archana, Sharma, Reena, ve Chauhan, S.S., 2015. Effect of boron on yield quality and nutrient uptake by lentils. *Annals of Plant and Soil Research*, 17 (4), 385-387.
- Sinha, R.B., Sakal, R., Singh, A.P. ve Bhogal, N.S., 1991. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 39: 118-122.
- Souza, J. A., Fraton, M. M. J., Moraes, L. A. C., ve Moreira, A. 2018. Boron and amino acid foliar application on wheat-soybean intercropping in a non-tillage system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(13), 1638-1649.
- Srivastava, S.P., Bhandari, T.M.S, Yadav, C.R., Joshi, M. ve Erkesine, W., 2000. Boron Deficiency in Lentil Yield Loss And Geographic Distribution In A Germplasm Collection. Rampur Research Station. Research Station P.O. Rampur Narayani Zone: Chitvan Nepal. *Plant And Soil* 219: 147-151.
- Staiger K, Machelet B., 1984. Grenzwerte für Schwermetalle und Bor im Bewässerungswasser. *Proc. Mengen. u. Spurenelemente Arbeitst.*, Karl-Marx Univ. Leipzig. 236-239.
- Stoltz, E., ve Wallenhammar, A. C. 2014. Influence of boron in organic red clover (*Trifolium pratense* L.) seed production. *Grass and Forage Science*, 69(2), 285-293.
- Sutradhar, A. K., Kaiser, D. E., ve Behnken, L. M. 2017. Soybean response to broadcast application of boron, chlorine, manganese, and zinc. *Agronomy Journal*, 109(3), 1048-1059.
- Takkar, P.N., Singh, M.V. ve Ganeshamurthy, A.N., 1997. In *Plant nutrient needs, supply, efficiency and policy issues: 2000-2025*, (Kanwar, J.S. and Katyal, J.C. Eds.), NAAS, New Delhi
- Tanaka H., 1967. Boron adsorption by plant roots, plant and Soil, 27, 300-302.

- Tania, SA, Uddin, FJ ve Sarkar, MAR., 2019. Seçilmiş mung fasulyesi (*Vigna radiata* L.) çeşitlerinin bor gübrelemesine tepkileri. *Temel ve Uygulamalı Tarım*, 4 (1), 655-660.
- Terzić D., 2010. Uticaj vremena kosidbe, đubrenja, mikroelementima i regulatorima rasta na prinos i kvalitet semena lucerke (*Medicago sativa* L.). Doktorska Disertacija, Poljoprivredni Fakultet Zemun.
- Terzić, D., Stanisavljević, R., Dinić, B., Vučković, S., Đokić, D., ve Marković, J., 2012. The effect of foliar application of boron on alfalfa seed yield.
- Timotiwi, P. B., Agustiansyah, A., Ermawati, E., ve Amalia, S. 2018. The effects of foliar boron and silica through the leaves on soybean growth and yield. *Journal of Agricultural Studies*, 6(3), 34-48.
- Ton, A., Karaköy, T. İ., ve Anlarsal, A. E. 2014. Türkiye 'de Yemeklik Tane Baklagiller Üretiminin Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 2(4), 175-180.
- Uçar, Ö., Soysal, S. ve Erman, M., 2020. Siirt ili ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı bakla (*Vicia faba* L.) çeşitlerinin tane verimi ve verim özelliklerinin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(3): 542-549.
- Uddin, F. J., Mira, H. H., Sarker, U. K., ve Akondo, M. R. I. 2020. Effect of variety and boron fertilizer on the growth and yield performance of alnch bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(3), 241-246.
- Uygan, D, Çetin, Ö., 2004. Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri. Seydisuyu Su Toplama Havzası, II. Uluslararası Bor Sempozyumu. 23-25 Eylül. Maden.
- Verma, C. B., Ram Pyare, R. P., Dhananjai Singh, D. S., Harshita Sharma, H. S., Jitendra Singh, J. S., Dipti Pal, D. P., ve Divya Pal, D. P. 2017. Effect of micronutrients with and without seed soaking and foliar spray on productivity profit ability and quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.)
- Verma, V. K., Yadav, J., Pyare, R., Tiwari, U. S., ve Verma, M. 2019. Superimposition of Sulphur and Boron on Production and Quality of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 8(3), 1740-1745.
- Vishwakarma, S. P., Singh, J. K., Sharma, P., Singh, A. K., ve Kumar, N. M. 2024. Sulphur and boron application for enhanced yield of blackgram (*Vigna mungo* L.) under custard apple (*Annona squamosa* L.) based agroforestry system in Vindhyan region. *Ecology, Environment ve Conservation* (0971765X), 7.
- Vučković S., 1994. Uticaj načina setve i đubrenja borom i cinkom na prinos i kvalitet semena. Doktorska Disertacija. Poljoprivredni Fakultet Beograd.
- Yadav, H.D., Yadav, O.P., Dahankar, O.P., Oswal, U., 1989. Effect of chloride salinity and boron on germination mineral composition of chickpea. (*Cicer arietinum* L.) *Arial Zone*, 28: 63-67.

- Yang, Y. H., Gu, H. J., Fan, W. Y., ve Abdullahi, B. A. 2004. Effects of boron on aluminum toxicity on seedlings of two soybean cultivars. *Water, air, and soil pollution*, 154, 239-248.
- Yenmez, N. 2009. Stratejik bir maden olarak bor minerallerin Türkiye için önemi. *Coğrafya Dergisi*, (19), 59-94.
- Yıldıztekin, M., ve Tuna, A. L., 2015. Farklı Ekim Sisteminde Yetiştirilen Yonca (*Medicago sativa* L.) Bitkisinin Bor Alımı Yönünden Değerlendirilmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1), 29-34.
- Yılmaz H.A.,1999. Kahramanmaraş ekolojisinde farklı ekim sıklıklarının iki soya (*Glycine max.* L. Merill) çeşidinde verim ve verim unsurlarına etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23:223-232.
- Yılmaz, N., ve Elmas, Y., 2021. Börülce (*Vigna unguiculata* L.)’de fosfor ve bor uygulamalarının verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 13(1), 119-128.
- Yücel, A., 2010. Dünyadaki Başlıca Bor Yatakları, Üretimi, Pazarlaması ve Türkiye’nin Önemi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Maden Mühendisliği bölümü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Zimicz, C. C., Moretto, A. S., ve Camilion, C. 2023. Botanical and physiological parameters response of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under increasing boron concentrations. *Journal of Plant Nutrition*, 46(16), 4001-4018.
- Zimicz, CC, Moretto, AS ve Camilion, C. 2023. İki Soya Fasulyesi (*Glycine max* L.) Çeşidinin Bor Toksisite Toleransının Karakterizasyonu. *Toprak Bilimi ve Bitki Beslenmesi Dergisi*, 23 (3), 4104-4114.



ÖZGEÇMİŞ

Fatma Pınar TOYGAR, ilk orta ve lise öğretimini Adana’da tamamladı. 2016 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünden 2020 yılında mezun oldu. Mezun olduktan bir sene sonra 2021 yılında yüksek lisans eğitimine başladı. 2024 yılında tez sunumu yaparak mezuniyet hakkı kazanmıştır.

