



## Effects of Different Boron Compounds to Bean Common Bacterial Blight Disease<sup>#</sup>

Ayşegül Gedük<sup>1,a</sup>, Kubilay Kurtuluş Baştaş<sup>1,b,\*</sup>, Şaban Kordali<sup>2,c</sup>, Ferah Yılmaz<sup>2,d</sup>

<sup>1</sup>Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Selcuk University, 42130 Konya, Turkey

<sup>2</sup>Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Muğla Sıtkı Kocaman University, 4800 Muğla, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><sup>#</sup>This study was presented as an oral presentation at the 5th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress (Tokat, TARGID 2020)</p> <p>Research Article</p> <p>Received : 25/09/2020 Accepted : 30/11/2020</p> <p>Keywords: Bean Boron Control Organic Sustainable Agriculture</p>	<p>Common leaf blight disease caused by <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (<i>Xap</i>) is one of the most important bean bacterial agents that cause significant yield losses in tropical and subtropical climates and are transmitted by seed. Antibiotics and copper compounds are used to combat the disease, but problems are encountered due to the pathogen's resistant mutants and phytotoxicity. Boron (B) is an essential nutrient element for the plant and also plays an important role in the plant disease resistance system. In this study, the effects of 12 different boron compounds on <i>Xap</i> were investigated. <i>In vitro</i> experiments, the effects of chemicals on <i>Xap</i> population growth and MIC values were determined. Under controlled conditions, 6-week-old sensitive bean cultivar Aras 98 plants were inoculated with <i>Xap</i> suspension at a density of 10<sup>8</sup> CFU ml<sup>-1</sup>. Plants were treated twice with 7 days intervals at 5 different concentrations (1, 5, 10, 20, 40 mM) determined <i>in vitro</i> and varied according to the chemical. Disease severity was evaluated with a scale of 1-9 and the chemicals with the lowest disease severity compared to the control (81.15%) were sodium tetrafluoroborate (13.88%) and potassium tetrafluoroborate (15.38%). The highest disease severity was obtained with boric acid application (78%). Phytotoxic effects of the chemicals in plants have not been determined. Depending on the findings obtained from the study, it is thought that some boron compounds may be involved in organic and sustainable agriculture because of their important effects on common bacterial blight in beans.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(sp1): 226-233, 2020

## Fasulye Bakteriyel Adi Yaprak Yanıklığı Hastalığına Karşı Farklı Bor Bileşiklerinin Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 25/09/2020 Kabul : 30/11/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: Fasulye Bor Mücadele Organik Sürdürülebilir Tarım</p>	<p><i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> (<i>Xap</i>)'nin neden olduğu adi yaprak yanıklığı hastalığı, tropikal ve subtropikal iklimlerde önemli verim kayıplarına neden olan ve tohumla taşınan en önemli fasulye bakteriyel etmenlerinden biridir. Hastalıkla mücadelede antibiyotikler ve bakırlı preparatlar kullanılmakta, ancak patojenin dirençli mutantlarına ve fitotoksineye neden olmaları nedeniyle sorunlar yaşanmaktadır. Bor (B), bitki için temel bir besin elementidir ve ayrıca bitki hastalıklarına direnç sisteminde önemli bir rol oynar. Bu çalışmada, 12 farklı bor bileşiğinin <i>Xap</i> üzerindeki etkileri araştırılmıştır. <i>In vitro</i> denemelerde, kimyasalların <i>Xap</i> popülasyon gelişimlerine etkileri ve MIC değerleri belirlenmiştir. Kontrollü koşullarda, 6 haftalık hassas fasulye çeşidi Aras 98 bitkileri, 10<sup>8</sup> CFU ml<sup>-1</sup> yoğunlukta <i>Xap</i> süspansiyonu ile inokule edilmişlerdir. Bitkiler, <i>in vitro</i> 'da belirlenen ve kimyasala göre değişen 5 farklı (1, 5, 10, 20, 40 mM) konsantrasyonda 7 gün ara ile iki kez muamele edilmişlerdir. Hastalık şiddeti, 1-9 skalası ile değerlendirilmiş ve kontrole göre (%81,15) en düşük hastalık şiddetine sahip bileşikler; sodyum tetrafluorborat (%13,88) ve potasyum tetrafluorborat (%15,38) olarak belirlenmiştir. En düşük hastalık şiddeti ise boric asit uygulaması (%78) ile elde edilmiştir. Bitkilerde kimyasalların fitotoksik etkileri tespit edilmemiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara bağlı olarak, bazı bor bileşiklerinin, fasulyede adi yaprak yanıklığı hastalığı üzerindeki önemli etkileri ile organik ve sürdürülebilir tarım içerisinde yer alabileceği düşünülmektedir.</p>

<sup>a</sup> [aysegul.geduk@selcuk.edu.tr](mailto:aysegul.geduk@selcuk.edu.tr) <http://orcid.org/0000-0003-0299-1701>

<sup>c</sup> [sabankordali@mu.edu.tr](mailto:sabankordali@mu.edu.tr) <http://orcid.org/0000-0001-5669-5831>

<sup>b</sup> [kbast@selcuk.edu.tr](mailto:kbast@selcuk.edu.tr)

<sup>d</sup> [yferah@mu.edu.tr](mailto:yferah@mu.edu.tr)

<http://orcid.org/0000-0002-2367-1849>

<https://orcid.org/0000-0003-0954-7478>



## Giriş

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), 38.225.000 ha'lık ekim alanı ile dünya yemeklik tane baklagiller içerisinde ilk sırada yer alan ekonomik öneme sahip tarımsal bir üründür (Bayraktar, 1970; Geçit ve ark., 2009; Elkoca ve Çınar, 2015). Ülkemizde ise üretim miktarı ve ekim alanı açısından nohut ve mercimekten sonra 3. sırada bulunmaktadır ve 2017 yılı verilerine göre 239 bin ton fasulye üretimi yapılmakta olup dekardan 267 kg ürün alınmaktadır (Anonim, 2017).

Fasulyede verim ve kaliteyi etkileyen dünya genelinde yaygın bakteriyel etmenler, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*, *P. syringae* pv. *syringae*, *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*'dir (Hall, 1994; Howard ve ark., 1994; Agrios, 1997). Tohum kökenli *Xap* ılık ve nemli koşullarda epidemiy oluşturmaktadır (Singh ve Schwartz, 2010). Fasulye adı yaprak yanıklığına neden olan *Xap* ilk kez 1893 yılında ortaya çıkmış olup, Smith tarafından 1897 yılında izole edilmiş ve tanımlanmıştır (Zaunmeyer, 1930).

Ülkemizde Marmara ve Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere hastalık etmeninin varlığı yapılan çeşitli çalışmalarla rapor edilmiştir (Benlioglu ve ark., 1994; Demir ve Gündoğdu, 1994; Kahveci ve Maden, 1994; Bozkurt ve Soylu, 2001; Dönmez, 2004; Güven ve ark., 2004; Bastas ve Sahin, 2017).

Patojen tüm toprak üstü bitki aksamalarında enfeksiyona neden olur, fakat yaprak ve bakladaki belirtiler daha şiddetlidir. Yaprak üzerindeki düzensiz nekrotik lezyonlar ve bu lezyonları çevreleyen açık, sarı renkteki hale hastalığın tipik semptomudur. Etmen tohum kaynaklı bir patojendir ve tohumlar primer inokulum kaynağıdır. Şiddetli enfeksiyonların, özellikle yüksek nem, sıcaklık, bol yağış ve ardından havanın kuruması ile %40'ların üzerinde verim kayıplarına yol açtığı bildirilmektedir (Seattler, 1989).

Bakteriyel hastalıklarla mücadelede kullanılan kimyasallar, patojende dayanıklılık sorununa neden olurken çevre ve insan sağlığına verebileceği olası zararlardan dolayı her geçen gün kullanımları kısıtlanmaktadır. Bazı bitki besin elementleri, patojen üzerinde doğrudan etkiye sahipken, bazıları da daha az konsantrasyonda uygulanarak bitki dayanıklılık sistemini harekete geçirebilmektedir (Reuveni ve Reuveni, 1998).

Bor, metaller ve ametaller arasında ara özelliklere sahip ve atomu küçük, sadece üç değerlikli elektronu olan yarı iletken bir elementtir (Greenwood ve Earnshaw, 1984). Türkiye 953.300.000 ton bor ( $B_2O_3$ ) rezervi ile dünyada ilk sırada yer almaktadır (Erper ve ark., 2019). Dünya bor rezervlerinin %73'üne sahip olan Türkiye'de bilinen bor yatakları; Eskişehir-Kırka, Kütahya-Emet, Balıkesir-Bigadiç, Bursa-Kestelek'te bulunmaktadır. Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali vardır. Kolemanit ( $2 CaO, 3 B_2O_3, 5H_2O$ ), Uleksit ( $Na_2O, 2CaO, 5 B_2O_3, 16H_2O$ ), Tinkal ( $Na_2O, B_2O_3, 10H_2O$ ) gibi kalsiyum veya sodyum boratlar en önemlileridir (Boncukçuoğlu ve ark., 2004). Bor ürünleri Türkiye'de; %36 cam, %31 seramik, %9 temizlik-deterjan, %7 tarım, %4 tutkal ve %14 pay ile diğer alanlarda kullanılmaktadır (Anonim, 2020a). Gübre olarak bor noksanlığı görülen alanlarda, genellikle susuz boraks ( $Na_2BO_4 \cdot 10H_2O$ ) ve sodyum boratlar ( $Na_2BO_3 \cdot 10H_2O$ ) kullanılmaktadır (Demirtaş, 2006).

Bitkilerde Bor, Zn ve Mn gibi diğer mikro besin elementlerinin yanı sıra bitki dayanıklılığında önemli olan bazı biyokimyasal ve fizyolojik süreçler içerisinde ve aktif/pasif taşınmada etkilidir (Benkovic ve ark., 2005; Kostas ve ark., 2006). Bitkilerdeki fazla miktardaki Bor, Bor1 ve Bor4 membranefluX proteinleri ile dışarı pompalanarak bitki için zararlı konsantrasyonundan kurtulmaktadır (Miwa ve ark., 2006). Bazı bor bileşiklerinin koruyucu ve antifungal özelliğe sahip olduğu bilinmektedir (Erper ve ark., 2019). Ahmed ve ark. (2017) bor içeren bileşiklerin *Pectobacterium carotovorum* üzerinde antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmada, fasulyede önemli kayıplara neden olan *Xap*'ın neden olduğu bakteriyel adı yaprak yanıklığı hastalığına karşı 12 farklı bor bileşiğinin etkililiği *in vitro* ve *in vivo* koşullarda belirlenmiştir. Hastalığın mücadelesinde yoğun olarak kullanılan bakırlı preparatlara karşı etmede gelişen dayanıklılık ve bitkide görülen fitotoksik etkilerin yanı sıra çevre ve insan sağlığı açısından önemli sorunlara neden olmaları nedeniyle etki düzeyi yüksek bor bileşiklerinin, ilk kez fasulye bakteriyel adı yaprak yanıklığı hastalığının mücadelesinde kullanılarak çevre dostu ve sürdürülebilir tarım uygulamaları içerisindeki yerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Araştırmada, hastalıklara karşı hassas olarak bilinen Aras 98 kuru fasulye çeşidi tohumları kullanılmıştır. *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*'nin *Xap1* kodlu izolatu Selçuk Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü Moleküler Bakteriyojoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonundan ve denemede kullanılan 12 farklı bor bileşikleri Prof. Dr. Şaban Kordali'den (Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi) temin edilmiştir. Bor bileşikleri ve kullanım dozları Çizelge 1'de verilmiştir.

### Metot

#### *In vitro* denemeler

Çizelge 1'de verilen bor bileşikleri belirtilen dozlarda Nutrient Agar (NA) besiyerine eklenerek pH değeri 7,0'a ayarlanarak otoklav edilmiştir. *Xap* (*Xap1*)'ın 48 saatlik taze kültürlerinden hazırlanan bakteriyel süspansiyonlar spektrofotometrede (Eppendorph Bioplus, OD660: 0,15)  $10^6$  hücre  $ml^{-1}$  konsantrasyonda hazırlandıktan sonra farklı bor bileşikleri içerikli NA besiyerlerine yayılarak ekimleri yapılmıştır. Petriler, 28°C'de 48-72 saat inkübe edildikten sonra besiyerlerinde gelişen koloniler sayılarak bakteriyel popülasyon yoğunlukları Klement ve ark. (1990)'na göre belirlenmiştir. Popülasyon yoğunlukları;

$$\text{Bakteri hücre sayısı (ml'de)} = \text{KS} \times \text{ÖSS} \times 10$$

(KS; koloni sayısı, ÖSS; örneğin seyreltme serisi)

Ayrıca besiyerlerindeki bakteriyel gelişimin olmadığı en düşük dozlar minimum engelleme dozu (MIC) olarak kabul edilmiştir. Denemeler 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür.

Çizelge 1. Denemede kullanılan bor bileşikleri ve kullanım dozları

Table 1. Boron compounds used in the experiment and their usage doses

No	Bor bileşikleri	Kullanım dozları (g L <sup>-1</sup> NA besiyeri)				
		1 mM	5 mM	10 mM	20 mM	40 mM
1	Borik asit	0,062	0,309	0,618	1,237	2,473
2	Sodium tetraborate decahydrate	0,381	1,907	3,814	7,627	15,255
3	Amonyum tetrafloroborat	0,105	0,524	1,048	2,097	4,194
4	Sodyum tetrafloroborat	0,110	0,549	1,098	2,196	4,392
5	Çinko borat	0,314	1,569	3,138	6,275	12,550
6	Amonyum pentaborat tetrahydrate	0,272	1,361	2,722	5,443	10,886
7	Sodyum metaborat tetrahydrate	0,138	0,689	1,379	2,757	5,514
8	Kalsium metaborate	0,1162	0,802	1,617	3,235	6,469
9	Sodium perborate monohydrate	0,0998	0,499	0,998	1,9963	3,9926
10	Sodyum tetraborat	0,20122	1,0061	2,0122	4,0244	8,0488
11	Potassium tetrafluoroborate	0,1259	0,6295	1,259	2,518	5,036
12	Etidot-67 (Di-sodium octoborate tetrahydrate)	0,41253	2,06265	4,1253	8,2506	16,5012

### In vivo denemeler

Farklı Bor bileşiklerinin *Xap*'a karşı etkililiklerinin belirlenmesi amacıyla hassas Aras-98 kuru fasulye çeşidine ait 5'er adet tohum 20 cm çapında saksılara 1'er adet olmak üzere özel karışım toprağa (1:1:1, toprak: yanmış hayvan gübresi: kum) ekilmişlerdir. Bitkiler, 8 hafta süresince 23-25°C'de, %60 nem ve 8000 luX ışık şiddetine sahip kontrollü koşullarda 16/8 saatlik fotoperiyodizmde yetiştirilmişlerdir.

Bakteriyel inokulasyondan yarım saat önce bitkiler steril saf su ile spreylenmiş, stoma ve lentisellerin açılması sağlanmıştır. *Xap*'ın, NA besiyerinde geliştirilen 48 saatlik kültürlerinden hazırlanan süspansiyonların yoğunluğu biyofotometrede (Eppendorph bioplus, OD: 660 nm; 0,15) 10<sup>8</sup> hücre ml<sup>-1</sup> olacak şekilde ayarlanmıştır. İnokulasyon bitkilerin yapraklarına basınçlı el pülverizatörü ile püskürtme ve gövdelerine bakteri süspansiyonuna batırılmış steril kürdan uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol bitkilerine ise aynı yöntemlerle steril saf su kullanılarak uygulama yapılmıştır.

Bor bileşiklerinin ilk uygulamaları; inokulasyondan 5 gün sonra Çizelge 2'de belirtilen ve kimyasallara göre belirlenen MIC dozlarında ve ikinci uygulamalar ise, ilk uygulamalardan sonraki 5. günde yapılmıştır. İnokulasyon sonrası 24 saat süreyle bitkilerin üzeri nemlendirilmiş polietilen torbalar ile kaplanmış ve daha sonra kontrollü koşullarda (%80-90 nem, 23-25°C ve 16/8 fotoperiyodizm) bor bileşiklerinin *Xap* üzerindeki etkililikleri değerlendirilinceye kadar (3 hafta) tutulmuşlardır. Deneme 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür.

### Patojenin re-izolasyonu

Hastalık değerlendirmeleri yapılmadan önce Koch postülatları gereği, hastalık belirtileri gösteren ve kontrol bitkilerden yaprak ve sap örnekleri alınarak patojenin izolasyonu ve tanısı yapılmıştır (Koch, 1884). Etmenin biyokimyasal, morfolojik, fizyolojik ve moleküler tanısı Schaad ve ark. (2001)'na göre yapılmıştır (Çizelge 2). Etmenin moleküler tanısında X4c/X4e primerleri (5'-GGCAACACCCGATCCCTAAAC AGG-3' ve 5'-CGC CCGGAAGCACGATCCTCGAAG-3') ve PCR protokolü olarak 94°C'de 3 dk (1 döngü), ardından 94°C'de 1 dk., 65°C'de 1 dk., 72°C'de 2 dk, (30 döngü), son uzama ise 72°C'de 5 dk. (1 döngü) kullanılmıştır (Audy ve ark., 1994). Elde edilen PCR ürünleri, elektroforeze tabi tutularak Prizma marka görüntüleme cihazında değerlendirilmiştir (Russell ve Sambrook, 2001).

### Hastalık değerlendirmeleri

Farklı bor bileşiklerinin *Xap*'a karşı etkileri uygulamalardan 3 hafta sonra yaprak lezyonları esas alınarak, 0-9 skalasına göre değerlendirilmiştir (Ararsa ve ark., 2018). Skala değerleri; 0=leke yok, 1= %1 lekeli alan, 2= %2-5 lekeli alan, 3= %6-10 lekeli alan, 4= %11-15 lekeli alan, 5= %16-30 lekeli alan, 6= %31-50 lekeli alan, 7= %51-75 lekeli alan, 8= %75-85 lekeli alan, 9= %>85 lekeli alan şeklindedir.

Elde edilen veriler ile yüzde hastalık şiddeti aşağıda verilen Townsend ve Heuberger (1943) formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

$$HS (\%) = \frac{\sum (n \times V)}{Z \times N} \times 100$$

HS: hastalık şiddeti, n: skalada farklı hastalık derecesine giren bitki sayısı V: skala değeri Z: en yüksek skala değeri N: gözlem yapılan toplam bitki sayısı şeklindedir.

Kullanılan bor bileşiklerinin yüzde etkililikleri Abbott (1925) formülü kullanılarak belirlenmiştir. Buna göre;

$$E (\%) = \frac{K - M}{K} \times 100,$$

E= etkililik, K= kontroldeki bitkinin hastalık şiddeti, M= uygulama yapılan bitkinin hastalık şiddeti şeklindedir.

### İstatistiksel Analizler

Çalışmadan elde edilen veriler MINITAB ver. 14 programı kullanılarak varyans analizleri ve istatistiki değerlendirmeler ise MSTAT programında Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanarak kimyasalların hastalık etmeni ile olan interaksiyonları belirlenmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

### Bulgular

Yürütülen çalışmada, fasulye bitkisinin verim ve kalitesini önemli düzeyde etkileyen bakteriyel hastalık etmenlerinden biri olan *Xap*'a karşı farklı bor bileşiklerinin *in vitro*'da bakteri popülasyonlarına etkileri ve kimyasalların patojeni engelleme MIC değerleri ve *in vivo* koşullarda hassas fasulye çeşidi Aras 98 üzerinde hastalık şiddetini engelleme etki düzeyleri belirlenmiştir.

**In vitro bulgular**

Değerlendirilen bor bileşiklerinin farklı dozlarıyla hazırlanan NA besiyerinde *Xap* gelişimleri izlenerek bakteriyel popülasyon yoğunlukları ve MIC değerleri belirlenmiştir (Çizelge 2, Şekil 2). Buna göre, potassium tetrafluoroborate ve sodyum tetrafluoroborat bileşiklerinin 5 mM kullanım dozlarında bakteriyel gelişim görülmemiştir. Borik asit ise 40 mM MIC değeri ile en düşük etkiye sahip bileşik olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda Çizelge 2’de verilen MIC değerleri *in vivo* denemelerde kullanım dozları olmuştur.

*In vitro* çalışmalarda, Çinko borat bileşiği en yüksek etkiye sahip olurken kullanılan hiçbir dozda bakteriyel gelişim görülmemiştir. Bu sırayla 5 mM’lık kullanım dozundaki MIC değerleri ile amonyum tetrafluoroborat, sodyum tetrafluoroborat, potassium tetrafluoroborate, Etidot-67 (Di-sodium octoborate tetrahydrate) takip etmektedir. En başarısız bulunan bor bileşiği ise 40 mM kullanım dozundaki MIC değeriyle borik asit olarak belirlenmiştir.

**In vivo bulgular**

*In vitro* denemelerle elde edilen bor bileşiklerinin MIC değerlerine göre *in vivo* koşullarda uygulamalar gerçekleştirilmiş ve hassas fasulye çeşidi Aras 98 üzerinde *Xap*’ın oluşturduğu yüzde hastalık şiddetleri belirlenmiştir. Buna göre *in vivo* şartlarda en etkili bulunan bor bileşikleri en düşük yüzde hastalık şiddetine neden olan sodyum tetrafluoroborat (%13,88) ve potassium tetrafluoroborate (%15,38) iken, en yüksek hastalık şiddeti borik asit (%78,00) ile elde edilmiştir. Kontrol bitkilerde hastalık şiddeti %81,15 olarak belirlenmiştir (Çizelge 3, Şekil 1, Şekil 2). *In vitro* denemelerde gelişimi önlemede en etkili görülen çinko borat formülasyonunun 1 mM’lık konsantrasyonu bitkilerde fitotoksisitete neden olurken diğer tüm uygulanan kimyasalların bitkide olumsuz etkilerine rastlanılmamıştır. *In vivo* düzeyde başarılı bulunan en düşük MIC değerine sahip bor bileşiği 5 mM ile sodyum tetrafluoroborat (%82,89) ve potassium tetrafluoroborate (% 81,04)’dır (Çizelge 3, Şekil 2). Etki düzeyi en düşük olan bor bileşiği ise 40 mM MIC değeriyle borik Asit (%78) olarak belirlenmiştir.

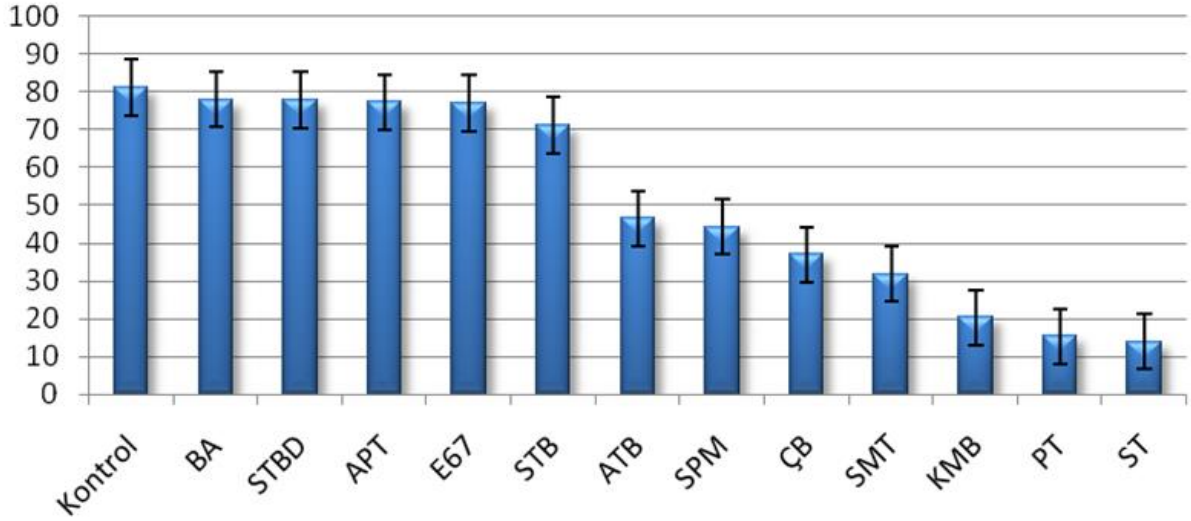
Çizelge 2. Farklı bor bileşiklerinin *in vivo*’da bakteri popülasyonları üzerindeki etkileri ve MIC değerleriTable 2. Effects of different boron compounds on bacterial populations *in vivo*

No	Bor bileşikleri	Kullanım dozları (g L <sup>-1</sup> NA besiyeri)					M
		1mM	5 mM	10 mM	20mM	40mM	
K	K	1,60X10 <sup>6abc</sup>	1,78X10 <sup>6a</sup>	1,34X10 <sup>6abcde</sup>	1,60X10 <sup>6abc</sup>	1,50X10 <sup>6abcd</sup>	0*
1	BA	1,63X10 <sup>6ab</sup>	1,25X10 <sup>6bcdef</sup>	1,14X10 <sup>6bcdefg</sup>	1,27X10 <sup>6bcdef</sup>	0	40
2	STD	1,57X10 <sup>6abcd</sup>	0,33X10 <sup>5hi</sup>	0	0	0	10
3	AT	1,30X10 <sup>6abcde</sup>	0	0	0	0	5
4	ST	1,32X10 <sup>6abcde</sup>	0	0	0	0	5
5	ÇB	0	0	0	0	0	1
6	APT	1,31X10 <sup>6abcde</sup>	1,01X10 <sup>6efg</sup>	0,71X10 <sup>5gh</sup>	0	0	20
7	SMT	1,20X10 <sup>6bcdefg</sup>	0,40X10 <sup>5hi</sup>	-	0	0	10
8	KM	1,45X10 <sup>6abcde</sup>	1,11X10 <sup>6cdefg</sup>	0,77X10 <sup>5fgh</sup>	0	0	20
9	SPM	1,14X10 <sup>6bcdefg</sup>	1,02X10 <sup>6bcdefg</sup>	1,26X10 <sup>6bcdef</sup>	0	0	20
10	STET	1,22X10 <sup>6bcdef</sup>	1,06X10 <sup>6efg</sup>	0,48X10 <sup>6hi</sup>	0	0	20
11	PT	1,12X10 <sup>6cdefg</sup>	0	0	0	0	5
12	E67	1,10X10 <sup>6defg</sup>	0	0	0	0	5

K: Kontrol, BA: Borik asit, STD: Sodyum tetraborate decahydrate, AT: Amonyum tetrafluoroborat, ST: Sodyum tetrafluoroborat, ÇB: Çinko borat, APT: Amonyum pentaborat tetrahydrate, SMT: Sodyum metaborat tetrahydrate, KM: Kalsium metaborate, SPM: Sodyum perborate monohydrate, STET: Sodyum tetraborat, PT: Potassium tetrafluoroborate, E67: Etidot-67 (Di-sodium octoborate tetrahydrate), M: MIC değerleri (mM), 0; Bakteriyel gelişim yok

Çizelge 3. *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*’ye karşı kullanılan bor bileşiklerinin hastalık şiddeti ve etkililiğinin belirlenmesiTable 3 Determination of disease severity and effectiveness of boron compounds against *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*

No	Bor Bileşikleri	Hastalık Şiddeti (%)	Bor Bileşiklerinin Hastalığı Önlemede ki Etkililiği (%)
K	Kontrol	81,15±0,02 <sup>a</sup>	-
1	Borik asit	78,00±3,60 <sup>a</sup>	3,88
2	Sodyum tetraboratedecahdrate	77,86±11,08 <sup>a</sup>	4,05
6	Amonyum pentaborat tetrahydrate	77,30±8,99 <sup>a</sup>	4,74
12	Etidot-67 (Di- sodium octoboratetetrahydrate)	76,99±20,37 <sup>ab</sup>	5,12
10	Sodyum tetraborat	71,18±15,94 <sup>ab</sup>	12,28
3	Amonyum tetrafluoroborat	46,58±3,70 <sup>abc</sup>	42,60
9	Sodyum perboratemonohydrate	44,26±5,93 <sup>abc</sup>	45,45
5	Çinko borat	36,99±2,69 <sup>abc</sup>	54,41
7	Sodyum metaborat tetrahydrate	31,79±6,28 <sup>bc</sup>	60,82
8	Kalsium metaborate	20,25±4,69 <sup>bc</sup>	75,05
11	Potassium tetrafluoroborate	15,38±10,20 <sup>c</sup>	81,04
4	Sodyum tetrafluoroborat	13,88±9,20 <sup>c</sup>	82,89



Şekil 1. *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*'ye karşı kullanılan bor bileşiklerinin hastalık şiddeti.

BA: Borik Asit, STBD: Sodyum tetraboratedecahdrate, APT: Amonyum Pentaborat tetrahydrate, E67: Etidot-67 (Di- sodyum octoborate tetrahydrate), STB: Sodyum tetraborat, ATB: Amonyum tetrafluorborat, SPM: Sodyum perboratemonohydrate, ÇB: Çinko Borat, SMT: Sodyum metaborat tetrahydrate, KMB: Kalsium metaborate, PT: Potassium tetrafluorborate, ST: Sodyum tetrafluorborat.

Figure 1. Disease severity of boron compounds used against *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. BA: Boric Acid, STBD: Sodium tetraboratedecahdrate, APT: Ammonium Pentaborate tetrahydrate, E67: Etidot-67 (Di-sodium octoborate tetrahydrate), STB: Sodium tetraborate, ATB: Ammonium tetrafluorborate, SPM: Sodium perboratemonohydrate, ÇB: Zinc Borate, SMT: Sodium metaborate tetrahydrate, KMB: Calcium metaborate, PT: Potassium tetrafluorborate, ST: Sodium tetrafluorborate.



Şekil 2. Farklı bor formülasyonlarının *in vitro* ve *in vivo* deneylerde elde edilen sonuçlar. Sodyum tetrafluorborat (1,2), Potassium tetrafluorborate (3, 4) ve Borik asit (5, 6).

Figure 2. Results obtained in *in vitro* and *in vivo* trials of different boron formulation Sodium tetrafluoroborate (1,2), Potassium tetrafluoroborate (3, 4) and Boric acid (5, 6).

**Hastalık Etmeninin Re-İzolasyonu ve Tanısı**

Uygulamaların yapıldığı ve kontrol bitkilerdeki hastalık belirtilerinin *Xap* olduğunu doğrulamak amacıyla bakteriyel izolasyonlar yapılmış ve Çizelge 4’de verilen biyokimyasal, morfolojik, fizyolojik ve moleküler tanı testleri ile hastalığa neden olan etmen *Xap* olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4. Patojenin re- izolasyonundan sonra yapılan biyokimyasal ve moleküler tanılama test sonuçları  
Table 4. Biochemical and molecular diagnostic test results after the re-isolation of the pathogen

Testler	RI	RZ
Gram reaksiyon	-	-
35 °C’de gelişim	+	+
KB besiyerinde fluoresan pigment oluşumu	-	-
Cysteinden H <sub>2</sub> S Oluşumu	+	+
Levan oluşumu	+	+
Esculin testi	+	+
Katalaz testi	+	+
Oksidaz testi	-	-
Tütünde HR testi	+	+
PCR tanısı (730 bp)	+	+

RI: Referans izolat (145X), RZ: Re-izolasyon sonucu elde edilen izolatlar, (+) pozitif reaksiyon, (-) negatif reaksiyon

**Tartışma**

Kuru fasulye, yemeklik dane baklagiller arasında çeşitlilik bakımından en zengini ve insan beslenmesi yönünden en fazla tüketilenidir (Sat, 1997). Türkiye kuru fasulye üretiminin %65,2’si İç Anadolu Bölgesi’nden karşılanmaktadır ve bölgede verimi etkileyen en önemli bakteriyel hastalıklardan biri *X. a. pv. phaseoli*’nin neden olduğu fasulye bakteriyel adi yaprak yanıklığı hastalığıdır (Anonim, 2018). Hastalığın mücadelesinde kullanılan bakırlı preparatların, etmede dayanıklılık oluşumuna ve aynı zamanda bitkide fitotoksositeye sebep olduğu bildirilmektedir (Saygılı ve ark., 2008).

Bor, bitki büyümesi ve meyve kalitesinin iyileştirilmesi için önemli bir mikro elementtir (Strong ve Robert, 2001; Huang ve Snapp, 2009). Bitki metabolizmasındaki öncelikli işlevinin açık olmamasına rağmen, bulgular, borun hücre uzamasında, nükleik asit sentezinde, hormon tepkimelerinde ve zar işlevlerinde rol aldığını göstermektedir (Anonim, 2016). Esin ve Latif (2008), soya fasulyesinde fizyolojik analizlerde bor (0,1 mM) uygulamasının fotosentetik verimi, gövde boyunu ve bakla sayısını artırıcı yönde etki yaptığını belirtmiştir.

Ancak boratın inhibe edici etkisi için çeşitli olası mekanizmalar vardır. Bunlar arasında borat iyonlarının ATP, NAD ve NADH gibi kimyasal enerji taşıyıcılarına bağlanması, protein sentezinin engellenmesi, mitokondrinin bozulması ve hücre bölünmesinin engellenmesi bulunmaktadır (Kim ve ark., 2003; Reid ve ark., 2004).

Yüksek tuz konsantrasyonları düzenleyici süreçleri bozarak bakteri gelişimini azaltmaktadır. Yüksek alkalinite, hücre yüzeyindeki proteazı denatüre ederek sitoplazmik pH’ı değiştirmekte ve DNA’yı bozabilmektedir. İnorganik tuz bileşenlerinin su iyonlaştırma kapasitesi ve lipofilikliği, bakteri gelişiminin engellenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Su iyonlaştırma kapasitesine ek olarak borat tuzunun, bakteri

hücre zarının lipit bileşenleri ile etkileşime girmesini sağlayarak bakteri hücrelerine hidrofobik yapı özelliği kazandırabilmektedir. Bu etkileşim, bakteri işlevinin ve gelişiminin engellenmesine yol açabilmektedir (Ahmed ve ark., 2017).

Bazı araştırmalar potasyum tetraborat (PTB)’in hasat sonrası hastalıkların kontrolü için fungus gelişimini önleyici bir bileşik olarak kullanılabileceğini göstermiştir (Qin ve ark., 2010; Thomidis ve Exadaktylou, 2010; Shive ark., 2011 ve 2012). Qin ve ark. (2007), PTB’in %0,1’lik konsantrasyonunun *Penicillium expansum* misel gelişimini %10-15 oranında azalttığını belirlemişlerdir. Mango’da antraknoz hastalığına neden olan *Colletotrichum gloeosporioides*’e karşı kullanılan PTB’nin 20 mM konsantrasyonunun lezyon oluşumunu yaklaşık %47 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Shi ve ark., 2012). Lahanalarda *Plasmodiophora brassicae*, fasulyede Tobacco Mosaic Virüs, *Fusarium solani*, domates ve pamukta *Verticillium albo-atrum*, domateste Tomato Yellow Leaf Curl Virüs, buğdayda *Gaeumannomyces graminis* üzerinde bor etkisi bildirilmiştir (Graham ve Webb, 1991).

Bor bileşiklerinin bitki patojeni bakterilere karşı etkililik çalışmaları son derece sınırlıdır. Ahmed ve ark.(2017) tarafından yapılan bir çalışmada, domateste hasat sonrası *Pectobacterium carotovorum*’a karşı PTB uygulamışlar, 100 mM ve pH 7,0’da etmenin gelişimi tamamen engellenmiştir. Çalışmamızda *in vitro*’da 5 mM ve pH 7.0’da *Xap*’nin popülasyon gelişimini tamamen engellerken *in vivo*’da %81,07 oranında etkili bulunmuştur. Ferrante ve Scortichini (2010), %0.05 bor, %0,05 çinko ve kitosan içeren organik karışımı *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*’ye karşı uygulamışlardır. Bu karışımın bakır bazlı bileşikler gibi davrandığı ve bakteri gelişimini engellediği belirlenmiştir.

Çalışmamızda *Xap*’a karşı *in vivo* koşullarda sodyum tetrafloroborat ve potasyum tetrafloroborate sırasıyla %82,89 ve %81,07 oranlarında etkili bulunmuştur. Potasyum tetraborat en çok tanınan ve uygulanan borlu gübrelerdir. Kullanılma yönünden bunları sodyum pentaborat ile solubor izlemektedir. Solubor (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>.5H<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>B<sub>10</sub>O<sub>16</sub>.10H<sub>2</sub>O) dışında diğer sodyum boratlar toprağa doğrudan uygulandığı gibi yüksek çözünme özellikleri nedeniyle püskürtülerek de başarılı bir şekilde kullanılabilirler (Demir, 2014). Ancak sodyum tetrafloroborate ve potasyum tetrafloroborate’ın bitki patojenlerine karşı kullanımı oldukça sınırlıdır ve henüz ticari bir preparatı bulunmamaktadır.

Yürütülen denemelerde *in vitro* koşullarda çinko borat tüm dozlarda en etkili bileşik olarak belirlenirken 1 mM dozunda *in vivo* uygulamalarda fitotoksosite göstermiştir. Bu sonuçlar itibarıyla çinko boratın 1 mM’ın altındaki dozların *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda denenmesi ve fitotoksositeye sebep olmayan etkili dozların belirlenmesi gerekmektedir.

İklim değişikliklerinin neden olduğu sıcaklık artışı bitki bakteri hastalıklarının artışına neden olmaktadır ve *Xap*, diğer bakteriyel etmenlere oranla daha yüksek sıcaklıkları seven bir etmendir (Anonim, 2020b). Birçok bitki patojeni yüksek sıcaklıkta gelişebilmektedir. *Xap*’da yüksek sıcaklıkta (37°C) gelişebilen bir patojendir (Schaad ve ark., 2001). İklim değişikliğinde, sürdürülebilir gıda üretiminin sağlanması için hastalık yönetim sistemlerinin yeniden

gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle arazi koşullarında farklı iklim ve farklı toprak özelliklerinde de borlu preparat denemelerinin yapılması gerekmektedir.

Türkiye bor kaynakları bakımından dünyanın en büyük rezervlerine sahip bir ülkedir. Bu sebeple hem maliyetinin düşük olması hem de çevre dostu bir yaklaşım olması nedeniyle borlu bileşiklerin bitki patojenlerine karşı kullanımı önem arz ettiği düşünülmektedir.

Çalışmamızda 12 farklı bor bileşiği ilk kez *X. a. pv. phaseoli*'ye karşı kullanılmış olup bunlardan 2 tanesinin (Sodyum tetrafloroborat ve Potassium tetrafluoroborat) %80'nin üzerinde ve fitotoksik etkisi olmadan başarılı olduğu belirlenmiştir. Bor içerikli bileşiklerin insan ve çevre sağlığına herhangi bir olumsuz etkisinin olmaması ve maliyetinin uygun olmasından dolayı bu bileşikler kimyasal bileşiklere alternatif olarak sürdürülebilir ve organik tarım kapsamında kullanılabilmesi düşünülmektedir.

## Kaynaklar

Abbott W. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide, *Journal of Economic Entomology*, 18 (2): 265-267.

Agrios MG. 1997. *Plant Pathology*. Academic Press, Inc., P635.

Ahmed AF, Arif M, Alvarez MA. 2017. Antibacterial effect of potassium tetraborate tetrahydrate against soft rot disease agent *Pectobacterium carotovorum* in tomato. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1728. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01728>

Anonim, 2016. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü El Kitabı, <https://www.boren.gov.tr>. (Erişim tarihi: 05.01.2019).

Anonim, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) bitkisel üretim istatistikleri. (Erişim tarihi: 12.09.2020).

Anonim, 2018. Kuru fasulye, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr>. (Erişim tarihi: 10.06.2020).

Anonim, 2020a. Türkiye'nin Yükselen Değeri: Bor, <http://www.etimaden.gov.tr>, (Erişim tarihi: 16.09.2020).

Anonim, 2020b. İklim değişikliği bitki hastalıklarının artmasına neden oluyor. <http://www.turktarim.gov.tr>. (Erişim tarihi: 17.09.2020).

Ararsa L, Fikre L, Getachew A. 2018. Evaluation of integrated management of common bacterial blight of common bean in central rift valley of Ethiopia, *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, p. 6, 1-3.

Audy P, Laroche A, Saindon G, Huang HC, Gilbertson RL. 1994. Detection of the bean common blight bacteria, *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* and *X. c. phaseoli* var. *fuscans*, using the polymerase chain reaction. *Phytopathology*, 84(10): 1185-1192.

Bastas KK, Sahin F. 2017. Evaluation of seedborne bacterial pathogens on common bean cultivars grown in central Anatolia region, Turkey, *European Journal of Plant Pathology*, 147 (2): 239-253. DOI: 10.1007/s10658-016-0995-6

Bayraktar K. 1970. Sebze Yetiştirme. Cilt-II. Kültür Sebzeleri. Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınlan No: 169. Bornova - İzmir.

Benkovic SJ, Baker SJ, Alley MRK, Woo YH, Zhang YK, Akama T, Mao WM, Baboval J, Rajagopalan PTR, Wall M, Kahng LS, Tavassoli A, Shapiro L. 2005. Identification of borinicessters as inhibitors of bacterial cell growth and bacterial methyl transferases, CcrM and MenH. *Journal of medicinal chemistry*, 48: 7468-7476. DOI: <https://doi.org/10.1021/jm050676a>

Benlioglu K, Ozakman M, Onceler Z. 1994. Bacterial blight of beans in Turkey and resistance to halo blight and common blight, 9th Congress of the Mediterranean Phytopathological Union, 547-550.

Boncukçuoğlu R, Kocakerim M, Yılmaz EA, Yılmaz TM. 2004. Bor elementinin çevresel açıdan değerlendirilmesi. Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu IV, Kocaeli, Türkiye, 5-6 Mayıs 2004, 83-89.

Bozkurt İ, Soylu S. 2001. Farklı fasulye çeşitlerinin fasulye hale yanıklığı etmeni *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* ırklarına karşı gösterdiği reaksiyonların belirlenmesi, Türkiye IX. Fitopatoloji Kongresi Bildirileri, Tekirdağ, 506-515.

Demir G, Gündoğdu M. 1994. Bacterial diseases of food legumes in Aegean region of Turkey and effectivity of some seed treatments against bean halo blight, *Journal of Turkish Phytopathology*, 23 (2): 57-66.

Demir SB. 2014. Borun insan ve bitki için önemi ve bazı üzüm çeşitlerinde bor tayini, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 13.

Demirtaş A. 2006. Bor bileşikleri ve tarımda kullanımı, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 37 (1): 111-115. ISSN: 1300-9036

Dönmez M. 2004. Erzurum ve Erzincan illerinde fasulye bitkisinde, (*Phaseolus vulgaris*) görülen bakteriyel hastalık etmenlerinin tanılanması ve *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* ve *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*'ye karşı çeşitli fasulye genotip ve çeşitlerin dayanıklılıklarının belirlenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 305.

Düzgüneş O, Kesici T, Gürbüz F. 1983. İstatistik Metodları. AÜZF Yayınları No:861. Ankara.

Elkoca E, Çınar T. 2015. Bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşit ve hatlarının Erzurum ekolojik koşullarına adaptasyonu, tarımsal ve kalite özellikleri, *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 141-153. DOI: 10.7161/anajas.2015.30.2.141-153

Erper İ, Kalkana Ç, Kaçara G, Türkkanc M. 2019. Elmada mavi küfe neden olan *Penicillium expansum*'a karşı bazı bor tuzlarının antifungal etkisi, *Anadolu Tarım Bilim Derg./Anadolu J AgrSci*, 34. DOI: 10.7161/omuanajas.515031

Esin O, Latif N. 2008. Soya fasulyesi (*Glycine max* (L) merrill var. umut 2002) büyümesi ve gelişimi üzerine bor fazlalığının etkileri. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1(1): 27-38.

Ferrante P, Scortichini M. 2010. Molecular and phenotypic features of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* isolated during recent epidemics of bacterial canker on yellow kiwifruit (*Actinidia chinensis*) in central Italy. *Plant Pathology* 59: 954-62. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02304.x>

Geçit H, Çiftçi C, Emekler Y, İkincikarakaya S, Adak M, Kolsarıcı Ö, Ekiz H, Altınok S, Sancak C, Sevimay C. 2009. Tarla bitkileri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1569.

Graham DR, Webb MJ. 1991. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: Mortvedt, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch, (Eds.), *Micronutrients in Agriculture* (second ed), Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA, pp. 329-370. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssabookser4.2ed.c10>

Greenwood NN, Earnshaw A. 1984. *Chemistry of the Elements*, Pergamon Press, NewYork, 1984.

Güven K, Jones J, Momol M, Dickstein E. 2004. Phenotypic and genetic diversity among *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, *Journal of Phytopathology*, 152 (11-12), 658-666. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2004.00913.x>

Hall R. 1994. *Compendium Of Bean Diseases*. APS Pres, St. Paul, Minnesota, P73.

Howard RJ, Garland JA, Seaman WL. 1994. Diseases and pests of vegetable crops in Canada. *The Canadian Phytopathological Society, Canada*, P554.

Huang J, Snapp S. 2009. Potassium and boron nutrition enhance fruit quality in Midwest fresh market tomatoes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 40: 1937-1952. DOI: <https://doi.org/10.1080/00103620902896811>

- Kahveci E, Maden S. 1994. Detection of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* and *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* by bacteriophages, Journal of Turkish Phytopathology, 23: 79-85.
- Kim DH, Marbois BN, Faull KF, Eckhart CD. 2003. Esterification of borate with NAD<sup>+</sup> and NADH as studied by electro spray ionization mass spectrometry and 11B NMR spectroscopy. Journal of Mass Spectrometry, 38(6): 632–640. DOI: <https://doi.org/10.1002/jms.476>
- Klement Z, Rudolph K, Sands D. 1990. Methods in Phytobacteriology, Akademiai Kiado, p.112.
- Koch R. 1884. Die Aetiologie der Tuberkulose. Mitt Kaiser Gesundh. 2: 1–88.
- Kostas BS, Dordas C. 2006. Effect of foliar applied boron, manganese and zinc on tan spot in winter durum wheat. Crop Prot. 25:7, 657-663. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.007>
- Miwa H, Ahmed I, Yokota A, Fujiwara T. 2009. *Lysinibacillus parviboronicapiens* sp. nov., a low-boron-containing bacterium isolated from soil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 59: 1427-1432. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijs.0.65455-0>
- Qin G, Tian S, Chan Z, Li B. 2007. Crucial role of antioxidant proteins and hydrolytic enzymes in pathogenicity of *Penicillium expansum* analysis based on proteomics approach. Mol. Cell. Proteomics 6: 425–438. DOI: <https://doi.org/10.1074/mcp.M600179-MCP200>
- Qin G, Zong Y, Chen Q, Hua D, Tian S. 2010. Inhibitory effect of boron against *Botrytis cinerea* on table grapes and its possible mechanisms of action. Int. J. Food Microbiol. 138: 145–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.12.018>
- Reid RJ, Hayes JE, Post A, Stangoulis JCR, Graham RD. 2004. A critical analysis of the causes of boron toxicity in plants. Plant Cell Environ. 27: 1405–1414. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2004.01243.x>
- Reuveni R, Reuveni M. 1998. Foliar-fertilizer therapy, a concept in integrated pest management. Crop Protection. 17: 111–118. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(97\)00108-7](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(97)00108-7)
- Russell DW, Sambrook J. 2001. Molecular cloning: a laboratory manual, Cold Spring Harbor Laboratory Cold Spring Harbor, NY, p1890.
- Sat IG. 1997. Seker ve Yunus–90 Çesidi kuru fasulyelerin genel besinsel bileşimleri ve gaz oluşturan faktörlerinin giderilmesi imkanları, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Saygılı H, Şahin F, Aysan Y. 2008. Bitki Bakteri Hastalıkları. Meta Basım, İzmir, 61- 68: 177-178.
- Schaad NW, Jones JB, Chun W. 2001. Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria. Ed. 3, American Phytopathological Society (APS Press).
- Seattler A. 1989. The need for detection assay, Detection of bacteria in seed and other planting material, 54 (3): 1-2.
- Shi X, Li B, Qin G, Tian S. 2012. Mechanism of antifungal action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* related to mitochondrial degradation in spores. Post harvest Biology and Technology, 67: 138-143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.01.003>
- Shi XQ, Li BQ, Qin GZ, Tian SP. 2011. Antifungal activity and possible mode of action of borate against *Colletotrichum gloeosporioides* on mango. Plant Dis. 95: 63–69. doi:10.1094/PDIS-06-10-0437.
- Strong P, Robert I. 2001. “Boric acid and inorganic borate pesticides,” in Handbook of Pesticide Toxicology, ed. R. Krieger (Cambridge, MA: Academic Press), 1249.
- Thomidis T, Exadaktylou E. 2010. Effect of boron on the development of brown rot (*Monilinia laxa*) on peaches. Crop Protection. 29: 572–576. doi: 10.1016/j.cropro.2009.12.023.
- Townsend GR, Heuberger JW. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments, Plant Disease Reporter, 27: 340-343.
- Zaumeyer WJ. 1930. The bacterial blight of beans caused by *Bacterium phaseoli*, Technical Bulletin, 186, 34.