

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**SİLİSYUM DİOKSİT VE BAZI ENDOFİT BAKTERİLERİN FASULYEDE ADI
YAPRAK YANIKLIĞI HASTALIĞINA (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*)
VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ruken ÇELİK
DANIŞMAN : Doç. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ

VAN-2021

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

**SİLİSYUM DİOKSİT VE BAZI ENDOFİT BAKTERİLERİN FASULYEDE ADI
YAPRAK YANIKLIĞI HASTALIĞINA (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*)
VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Ruken ÇELİK

VAN-2021

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bitki Koruma Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ danışmanlığında, Ruken ÇELİK tarafından sunulan “**Silisyum dioksit ve bazı endofit bakterilerin fasulyede adi yaprak yanıklığı hastalığına (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) ve bitki gelişimi üzerine etkileri**” isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince / / tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İmam Adem BOZKURT

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Bilgin TAŞKIN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun / / 2021 tarih vesayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza
Prof. Dr. Harun AKKUŞ
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ruken ÇELİK

ÖZET

SİLİSYUM DİOKSİT VE BAZI ENDOFİT BAKTERİLERİN FASULYEDE ADI YAPRAK YANIKLIĞI HASTALIĞINA (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ÇELİK, Ruken

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ

Temmuz 2021, 47 sayfa

Bu tez çalışmasının amacı; silisyum dioksit (SiO_2) ve bazı endofit bakterilerin (EB) tekli ve ikili inokulasyonlarının fasulyede *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*'nin (*Xap*) neden olduğu adi yaprak yanıklığına ve bitki gelişimine etkilerinin belirlenmesidir. Önceki çalışmalar ile farklı bakteriyel patojenlere karşı etkinliği belirlenip, bazı özellikleri tespit edilmiş 5 EB çalışmada kullanılmıştır. Torf ve perlit (1/1) karışımından oluşan yetiştirme ortamında iklim odası koşullarındaki (14 saat aydınlık, $25\pm 2^\circ\text{C}$) bitkilerin yapraklarına patojen pülverize edilerek, EB bakteriler ise bitkilere kök boğazından içirme yöntemiyle uygulanmıştır. Yapılan ön *in vivo* çalışmalar ile hastalık kontrolü ve bitki gelişim parametrelerine göre en başarılı EB seçilmiştir. Ayrıca SiO_2 'in farklı uygulama şekli ve dozlarının hastalık şiddeti ve bitki gelişimine olan etkilerine göre en uygun olanları belirlenmiştir. İçirme yöntemi ile uygulanan 30 mM SiO_2 'in %41 düzeyinde hastalığı kontrol ettiği belirlenmiştir. En başarılı EB izolatu V30G2'nin hastalık gelişimini teksel olarak %41 düzeyinde baskılayabildiği gözlenmiştir. SiO_2 ve V30G2 (*Pseudomonas caspiana*) izolatının birlikte kullanımının hastalık gelişimini %52 oranında baskıladığı ve bitki gelişimine pozitif etkileri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca klorofil içeriğini önemli düzeyde arttırarak, bitki biyomasına pozitif katkılarda bulunduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak uygun kombinasyonlar ile EB ve SiO_2 'un birlikte kullanımının hastalık kontrolüne ve bitki gelişimine pozitif katkısı olabileceği belirlenmiştir. Bu yolla biyolojik savaşımın etkinliğinin arttırılarak pestisit ve sentetik gübre girdisinin azaltılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Biyolojik kontrol, Bitki dayanıklılığı, Endofit bakteri, Fasulye, Silisyum, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*.

ABSTRACT

EFFECTS OF ENDOPHYTE BACTERIA AND SILICATE ON COMMON BACTERIAL BLIGHT (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) DISEASE IN COMMON BEAN

Çelik, Ruken

M.Sc. Thesis, Department of Plant Protection

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ

July 2021, 47 pages

The aim of this thesis study is to evaluate the effects of Silicon dioxide (SiO₂) and Endophyte Bacteria (EB) single and both of them application on *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (*Xap*) and on plant growth. Five EBs, whose effectiveness against different bacterial pathogens and some properties were determined in previous studies, were used the study. The mixture of peat and perlite (1/1) was used as the growing medium. *Xap* and EB were applied by pulverization and drenching method, respectively, in the climate chamber conditions (14 hours of light, 25±2 °C). The most successful EB isolate was selected according to disease control and plant growth parameters with the preliminary *in vivo* studies. In addition, the appropriate dose and application method of SiO₂ were determined by its effects on disease and plant growth. It was determined that 30mM SiO₂ dose and root drenching method controlled the disease at the level of 41%. Furthermore, it was observed that the most successful EB isolate, V30G2, was able to suppress disease development by a singly application at the rate of 42%. Also, both applications have positive effects on plant growth. The combined use of SiO₂ and V30G2 isolate suppressed the development of the disease by 52%. In addition, the combination significantly increased the total chlorophyll content and making positive contributions to the plant biomass. As a result, appropriate combinations of EB and SiO₂ together can contribute positively to disease control and plant growth. In this way, it is thought that the efficiency of biological control of plant disease can be increased, and the input of pesticides and synthetic fertilizers can be reduced.

Keywords: Beans, Biological control, Endophyte bacteria, Plant resistance, Silicon, *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*.



ÖN SÖZ

Tez çalışmam süresince, sabrı ve anlayışı ile ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Ahmet AKKÖPRÜ'ye teşekkür ederim.

Çalışmamın farklı aşamalarına katkı sağlayan başta Arş. Gör. Enes FİDAN ve meslektaşlarım Mehmet AKYOL, Ayşenur GÜLTEKİN, Melek Rojda AĞIRTMİŞ, Mustafa BAYHAN, Ayşe ÖZBEK ve Ali VURAL'a teşekkür ederim. Ayrıca maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan değerli dostum Sinan EBİNÇ ve her zaman desteklerini arkamda hissettiğim aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Burada ismini yazamadığım ve emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

2021

Ruken ÇELİK



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	7
2.1. <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> ile ilgili çalışmalar	7
2.2. Biyokontrol ajanları ile yapılan çalışmalar.....	9
2.3. Silisyum ile yapılan çalışmalar.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	15
3.1. Materyal.....	15
3.1.1. Bitkisel materyal ve bitki yetiştirme ortamı	15
3.1.2. Silisyum dioksit, patojen ve endofit bakteri izolatları	16
3.1.3. Kullanılan besiyerleri.....	17
3.1.4. Araştırmanın gerçekleştirildiği laboratuvarlar ve iklim odası	17
3.2. Yöntem	18
3.2.1. <i>In vitro</i> çalışmalar	18
3.2.1.1. <i>In vitro</i> da EB'nin <i>Xap</i> 'ye karşı antagonistik etkilerinin belirlenmesi	18
3.2.1.2. Silisyum dioksitin etkinliklerinin belirlenmesi	18
3.2.2. <i>In vivo</i> çalışmalar	19
3.2.2.1. Endofit bakterinin hazırlanması ve uygulanması	19
3.2.2.2. Silisyum dioksitin hazırlanması ve bitkiye uygulanması	19
3.2.2.3. Patojenin hazırlanması ve bitkiye bulaştırılması.....	20

3.2.2.4. Endofit bakteri, patojen ve silisyum dioksitin birlikte uygulanması	21
3.2.3. Çalışmaya ait değerlendirmeler	22
3.2.3.1. Hastalık şiddetinin belirlenmesi	22
3.2.3.2. Bitkinin morfolojik parametrelerinin değerlendirilmesi	23
3.2.3.3. Toplam klorofil ölçümü	24
3.2.3.4. İstatistiksel Analiz	24
4. BULGULAR	25
4.1. <i>In vitro</i> Çalışmalar	25
4.1.1. EB'in <i>Xap</i> 'ye karşı antagonistik etkisinin belirlenmesi	25
4.1.2. Silisyum dioksitin <i>Xap</i> 'ye karşı antagonistik etkisinin belirlenmesi	26
4.2. <i>In vivo</i> Çalışmalar	26
4.2.1. EB Seçim çalışmaları	26
4.2.2. Silisyum dioksitin dozu ve uygulama yönteminin belirlenmesi	28
4.2.3. Seçilen endofit bakteri ve SiO ₂ 'un birlikte bitki gelişimi ve hastalık şiddeti üzerine etkisinin belirlenmesi	30
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	33
KAYNAKLAR	39
ÖZ GEÇMİŞ	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Fasulyenin besin içeriği ve miktarları (100 g/dane).....	1
Çizelge 3.1. Bitkilerin besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan Hoagland besin solüsyonunun içeriği (Hoagland ve Arnon, 1950).....	15
Çizelge 3.1. Bitkilerin besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan Hoagland besin solüsyonunun içeriği (Hoagland ve Arnon, 1950) (devam)	16
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan ve önceki çalışmalar ile Babier ve Akköprü (2020) ve Olur (2019) tarafında karakterizasyonu yapılan EB izolatlarının ve özellikleri.	16
Çizelge 3.3. King-B besi yerinin bileşenleri ve miktarları	17
Çizelge 3.4. % 15 gliserol katkılı Nutrient Broth besiyerinin bileşenleri ve miktarları .	17
Çizelge 3.5. Çalışmada oluşturulan uygulama grupları.....	22
Çizelge 4.1. EB uygulamalarının <i>Xap</i> 'nin oluşturduğu fasulye adi yaprak yanıklığı hastalığı üzerine etkileri. Hastalık şiddeti 1-5 skalasına göre değerlendirilerek % hastalık şiddeti ve etki değerleri belirlenmiştir	27
Çizelge 4.2. EB'lerin hastalık baskısı altında YS, YAYA ve YAKA üzerine olan etkileri	27
Çizelge 4.2. EB'lerin hastalık baskısı altında YS, YAYA ve YAKA üzerine olan etkileri devamı	28
Çizelge 4.3. Silisyum dioksitin hastalık şiddeti üzerine etkileri	28
Çizelge 4.4. Silisyum dioksitin patojen baskısı altında YS, YAYA, YAKA üzerine etkileri	30
Çizelge 4.5. Uygulama gruplarının Yeşil aksam ve kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerine olan etkileri	31
Çizelge 4.6. Uygulamaların yaprak sayısı ve klorofil üzerindeki etkileri	32
Çizelge 4.7. Uygulama gruplarının hastalık şiddetine olan etkileri	32

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan plastik bardaklar	15
Şekil 3.2. Spektrofotometrede bakteri yoğunluğunun belirlenmesi ve endofit bakterilerin uygulanması.....	19
Şekil 3.3. Uygulama için hazırlanmış SiO ₂ (a), içirme uygulaması (b) ve pülverize uygulaması (c).	20
Şekil 3.4. Polietilen örtü altında nispi neme maruz bırakılan bitkiler	21
Şekil 3.5. 48 saat sonra polietilen örtüsü kaldırılan bitkiler	21
Şekil 3.6. Skala değerine göre hastalık belirtileri (soldan sağa 1-5)	22
Şekil 3.7. Yeşil aksam yaş ağırlık ölçümü	23
Şekil 3.8. Kök yaş ağırlık ölçümü	23
Şekil 3.9. Örneklerin kurutulması.....	23
Şekil 3.10. SPAD metre cihazı ile klorofil ölçümü	24
Şekil 4.1. King'B besi yerinde EB'nin <i>Xap</i> 'ye antagonistik etkisi.	25
Şekil 4.2. EB izolatları V40K2, V30G2 ve <i>Xap</i> üzerine SiO ₂ etkisi.....	26



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
gr	Gram
Mg	Miligram
Mm	Milimolar
Ml	Mililitre
°c	Santigrad derece
µl	Mikrolitre
CFU	Colony forming unit
Ppm	Milyonda bir
Mm	Milimetre
N	Azot
B	Bor
NH ₄	Amonyum
NO ₃	Nitrat
Mn	Mangan
Al	Alüminyum
SO ₂	Kükürt dioksit
SiO ₂	Silisyum dioksit
Si	Silisyum
K ₂ O	Potasyum oksit
Ca	Kalsiyum
Fe	Demir
Cu	Bakır
P ₂ O ₅	Fosfor pentoksit

Simgeler

Açıklama

Zn

Çinko

Mo

Molibden

Mg

Magnezyum

Kısaltmalar

Açıklama

PGPB

Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler

EB

Endofit bakteri

Xap

Xanthomonas axonopodis pv. *phaseoli*

Psp

Pseudomonas syringae pv. *phaseolicola*

Pss

Pseudomonas syringae pv. *syringae*

Cff

Curtobacterium flaccumfaciens subsp. *flaccumfaciens*

MIC

Minimum İnhibitör Konsantrasyon

FAO

Gıda ve tarım örgütü

NK

Negatif kontrol

PK

Pozitif kontrol

YAYA

Yeşil aksam yaş ağırlık

YAKA

Yeşil aksam kuru ağırlık

KYA

Kök yaş ağırlık

KKA

Kök kuru ağırlık

YS

Yaprak sayısı

KB

KingB agar besiyeri

NB

Nutrient broth

YDC

Yeast dextrose carbonate agar

HR

Aşırı duyarlılık reaksiyonu

SAR

Sistemik kazanılmış Dayanıklılık

ISR

Uyarılmış sistemik dayanıklılık

Kısaltmalar

Açıklama

PAL

Fenilalanin amonyum liyaz

IAA

Indol-3-asetik asit

SA

Salisilik asit

IRRI

International Rice Research Institute

SPSS

Statistical Package for the Social Sciences





1. GİRİŞ

Baklagiller (*Leguminosea*) çiçekli bitkiler içinde yer alan en kapsamlı bitki grubu olarak bilinip yaklaşık olarak 700 cins ve 18.000 türden oluşmaktadırlar. Skalası böyle geniş olan baklagiller, hayvan ve insan beslenmesinde, ilaç endüstrisinde, mobilya, kâğıt, boya ve reçine yapımında, kozmetik sanayii gibi birçok alanda da kullanılmaktadır. Ayrıca köklerde bulunup nodul oluşturan ve biyolojik azot fiksasyonuna yeteneğinde olan faydalı bakteriler vasıtasıyla da toprak verimliliğinin artırılmasında önemli etkileri bulunmaktadır (Özdemir, 2002). Baklagiller familyası içinde yer alan bitkilerden en önemlilerinden birisi de fasulye (*Phaseolus vulgaris* L)'dir. Anavatanı Orta Amerika'dır. Amerika kıtasının keşfi ile de önce Avrupa ardından diğer ılıman bölgelere yayılmıştır (Graham ve Ranalli, 1997). Besin içeriğinin oldukça zengin olması nedeniyle de dünya üzerinde en çok tüketilen baklagillerin başında gelmektedir (Duman, 2019) (Çizelge 1.1).

Çizelge1.1. Fasulyenin besin içeriği ve miktarları (100 g/dane)

Besin İçeriği	İçerik Miktarı	Besin İçeriği	İçerik Miktarı
Su	10.1 g	Sodyum	8 mg
Protein	21.0 g	Çinko	2.6 mg
Toplam yağ	1.1 g	Bakır	0.8 mg
Karbonhidrat	64.2 g	Manganez	1.4 mg
Kalsiyum	130.0 mg	Selenyum	13 mg
Demir	6.8 mg	Thiamin	0.8 mg
Magnezyum	182.0 mg	Riboflavin	0.2 mg
Fosfor	415.0 mg	Vitamin B-6	0.5 mg
Potasyum	1.464.0 mg	Pantothenic acid	1.0 mg

Dünya Gıda ve Tarım Organizasyonu (FAO)'nun istatistiklerine göre; Dünya genelinde 27.536.829 hektar alanda kuru fasulye ekilmiş ve toplam 31.405.912 ton ürün elde edilmiştir. Ayrıca 2019 yılında 1.649.711 ha alanda taze fasulye ekimi yapılmış ve 26.981.784 ton verim alınmıştır (FAO, 2021). Ülkelerdeki üretim durumlarına bakıldığında, kuru fasulye yetiştiriciliğinde Hindistan 6.390.000 ton üretim ile ilk sırayı alırken, bu ülkeyi 5.466.166 ton ile Myanmar, 3.033.017 ton ile Brezilya, 1.625.900 ton ile ABD ve 1.322.214 ton ile Çin Halk Cumhuriyeti takip etmiştir. Türkiye ise 239.000

ton üretim ile ilk 10 ülke içinde yer almamıştır. Taze fasulye yetiştiriciliğinde durum oldukça farklı olmuş, Çin 19.281.055 ton üretim ile ilk sırayı alırken, ikinci sırayı 915.591 ton ile Endonezya, 3. sırayı 675.188 ton ile Hindistan, 4. sırayı 630.347 ton ile Türkiye ve 5. sırayı 313.596 ton ile Tayland takip etmiştir.

Ülkemizde en fazla üretimi yapılan sebze türlerinden birisi olan fasulyenin hem sahil hem de iç bölgelerimizde yetiştiriciliği yapılmaktadır. Üretimi genellikle tarla şartlarında açıkta bodur ve sırık tipleriyle yapılmaktadır. Fasulye hem taze hem de kuru olarak değerlendirilmesinin yanısıra konserve edilerek, dondurularak, güneşte ve yapay yollarla yeşil olarak kurutularak da tüketilmektedir. Türkiye’de yetiştirmek için tercih edilen fasulyelerin neredeyse tamamı *Phaseolus vulgaris* L. türü içinde yer almaktadır (Özdemir, 2002). Türkiye 2018 yetiştirme sezonuna bakıldığında bölgelerin hemen her yerinde taze ve kuru olarak üretilen fasulye; en fazla Orta/iç Anadolu bölgesinde yetiştirilmiş, bu bölgeyi Ege/Marmara, Akdeniz, Karadeniz ve diğer (Trakya, Güneydoğu ve Doğu Anadolu) bölgeleri izlemiştir

İstatiksel veriler incelendiği zaman Türkiye’de birim alandan elde edilen verimin yetersiz düzeyde olduğu görülmektedir. Bu durumun nedenleri: çiftçilerin ürün yetiştiriciliğinde uygulama tekniklerinde sıkça yaptıkları yanlışlıklar, bölgeye adapte olmuş yüksek verimli çeşitlerin kullanılmaması ve genel hastalık ve zararlıların neden olduğu kayıplardır (Balkaya ve ark., 1999).

Fasulye üretimi ve kalitesi diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi birçok bakteriyel, fungal ve viral patojenler tarafından olumsuz yönde etkilenmektedir (Nywall, 1989).

Dünyada ve ülkemizde Fasulye üretim alanlarında yaygın olarak görülüp ekonomik olarak önemli kayıplara sebep olan en önemli bakteriyel hastalık etmenlerinin *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Xap), *Xanthomonas axonopodis* *phaseoli* var. *fuscans*, *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (Psp), *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* (Pss) ve *Curtobacterium flaccumfaciens* subsp. *flaccumfaciens* (Cff) olduğu bildirilmektedir (Coyne ve Schuster, 1976; Schwartz ve Galvez, 1980; Goto, 1992; Sıgee, 1993; Hall, 1994; Howard ve ark., 1994).

Bunların dışında fasulyede ikincil derecede önemli kayıplara sebep olan diğer fitopatojen bakteriyel hastalık etmenleri; *Xanthomonas phaseoli* var. *sojense* (bakteriyel siğil), *Agrobacterium tumefaciens* (kök uru), *Bacillus lathyri*, *Rhodococcus fascians* (ur

hastalığı), *Erwinia lathry*, *Pseudomonas aptata* (yaprak lekesi), *Pseudomonas coadunata* (depo hastalığı), *Pseudomonas ovalis* (depo hastalığı), *Pseudomonas solanacearum*, *Pseudomonas tabaci* (vahşi yanıklık), *Erwinia carotovora* (yumuşak çürüklük), *Pseudomonas viridiflava* (yanıklık), *Xanthomonas phaseoli* pv. *vignicola* (yaprak yanıklığı) ve *Xanthomonas alfalfae* (bakteriyel alfaalfa yaprak lekesi)'dir (Valladeres-Sanches ve ark., 1979; Schwartz ve Galvez, 1980; Schuster ve Coyne, 1981; Ertekin, 2016)

Fasulye adi yaprak yanıklığına neden olan *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* ilk kez 1893 yılında gözlenmiş ve Smith tarafından 1897 yılında izole edilmiş ve tanımlanmıştır (Zaumeyer, 1930). Günümüzde etmenin varlığı dünyada ticari olarak fasulye üretimi yapılan pek çok ülkede çeşitli çalışmalarla rapor edilmiştir (Coyne ve Schuster, 1974; Malin ve ark., 1983; Bradbury, 1984; Naumann ve Karl, 1985; Bradbury, 1986; Arnaudsantana ve ark., 1991; Torres ve ark., 2009; Popović ve ark., 2010; Osdaghi, 2014).

X. axonopodis pv. *phaseoli* Proteobacteria Şubesi, GammaProteobacteria sınıfı, *Xanthomonadaceae* familyası, *Xanthomonas* cinsi içerisinde yer alır. Gram negatif, aerobik, tek polar kamçıya sahip, çubuk şeklinde, HR pozitif, 40 °C'de gelişim gösteren, konveks YDC agar üzerinde sarı koloniler oluşturan bir bakteridir (Rudolph, 1993; Vauterin ve ark., 1993). Hastalık gelişimi için optimal sıcaklık 28-32 °C'dir (Saettler, 1989; Opio ve ark., 1992). Etmen ılıman ve tropikal iklim koşullarında sıklıkla ortaya çıkıp fasulye ekim alanlarında ciddi verim kayıplarına sebep olur (Seattler, 1989; Gilbertson ve Maxwell, 1992). Patojenin bitkiye stoma, hidatod gibi doğal açıklıklar yoluyla giriş yapar. Bitkiye giriş yapan bakteri yapraklarda hücreler arası boşluklara yerleşip orta lamelin erimesine sebep olur, gövdeye ise hipokotil ve epikotildeki stomalardan, yapraklardaki vesiküler sistemlerden veya enfekteli kotiledonlardan taşınabilmektedir (Ertekin ve ark., 2016). Hastalık etmeni kışı enfekteli bitki artıklarında veya tohumlarda geçirir. Serin ve nemli iklim koşulları hastalığın yayılması ve enfeksiyon şiddetinin artması için oldukça uygundur. (Anonim, 2008).

Patojen bitkinin tüm toprak üstü aksamalarında enfeksiyona neden olur, fakat yaprak ve bakladaki belirtiler daha şiddetlidir. Patojen enfeksiyonundan sonra 4 ila 10 gün içinde ortaya çıkan yaprak belirtileri ıslaklık şeklinde başlayan lezyonlar halinde belirir. Bakteri hücrelerinin çoğalmaya başlamasıyla birlikte bu ıslaklıklar genişleyerek

yüzeyi kaplar ve daha sonra nekrotik bir hal alırken etrafında hastalığın tipik simptomsu olan dar, ince limon sarısı renginde bir hale oluşumu gözlenir (Rudolph, 1993; Vidaver, 2012). Yaprığın kenarları ile damar aralarında gözlenen lezyonlar zamanla genişleyip birleşerek yanıklık belirtilerine dönüşür. Patojen yaprak belirtilerinin yanı sıra meyvelerde de hastalık belirtilerine sebep olur. Meyvedeki belirtiler bitki gelişme dönemine bağlı olarak şekil ve büyüklük bakımından değişiklik gösterip genel olarak dairesel, hafif çökük, koyu kırmızı-kahve renktedir ve etrafında kırmızı renkte sınırlı oluşur. Ortamdaki nemin yüksek olduğu durumlarda lezyonlar açık sarı bakteriyel akıntı (eksudat) ile kaplanmaktadır. Gövdede oluşan lezyonlar ise koyu kırmızı renkte olup, kuşak gibi gövdeyi sararak sonuçta gövde kırılmalarına sebep olabilir. Tohumda bulunan patojen tohum kabuğunda ya da hilumda yer alıp beyaz tohumlarda sarımsı ya da kahverengi simptomsu sebep olur. Enfeksiyonun şiddetli olduğu durumlarda ise tohumlar büzüşmekte, zayıf çimlenme özelliği göstermektedir (Ertekin ve ark., 2016).

Hastalık mücadelesinde genellikle; dayanıklı çeşit tercihi, hastalıktan arı ve sertifikalı tohum kullanımı, hasat ve diğer işlemler sırasında kullanılan alet ve ekipmanların çeşitli kimyasallarla (chlorine dioxide, sodium hypochlorite vb.) dezenfeksiyonu, hasat sonrası tarlada bulunan enfekteli bitki artıklarının toplanarak imha edilmesi, bakırlı bileşikler ile yaprak ilaçlaması ve tohumlara antibiyotik uygulaması gibi yöntemler önerilmektedir (Schwartz ve ark., 2007; Bozkurt, 2009)

Hastalık mücadelesinde tercih edilen kimyasal ilaçlamalar özellikle meyve enfeksiyonlarını engellemede yetersiz kalmaktadır (Weller ve Saettler, 1976) ve tatmin edici sonuçlar vermemektedir (Opio ve ark., 1996; Park ve ark., 1999; Erdinç ve ark., 2018). Antibiyotiklerin kullanımı da birçok ülkede yasaklanmıştır, çünkü hastalık etmeninde antibiyotik ve bakırlı preparatlara karşı kısa sürede dayanıklılık gözlenmektedir. Tarımsal üretimde kalite ve verimi artırmak amacıyla kullanılan bu kimyasalların uzun vadede oluşturabileceği hasarının farkına varan araştırmacılar yıllardır kimyasallara alternatif çözümler arayışı içindedirler (İmriz ve ark., 2014). Hastalıklarla kimyasal mücadeleye alternatif çevre dostu yöntemlerden birisi de ‘biyolojik mücadele’dir. Biyolojik mücadele, hastalıklı bitkileri korumak için hastalık baskılayıcı mikroorganizmalardan yararlanmayı içerir. Biyolojik savaş elemanları ile yapılan hastalık baskılanması; patojen, bitki, biyokontrol elemanı, bitki çevresinde ve üzerindeki mikrobiyal topluluk ve fiziksel çevre arasındaki etkileşim sonucu ortaya

çıkılmaktadır. Söz konusu mücadele yönteminin çevre ve insan sağlığı açısından olumlu yönleri yapılan çalışmaların son yıllarda artarak devam etmesiyle gittikçe daha iyi kavranmaktadır (Duman, 2019).

Biyolojik mücadelede son yıllarda PGPB olarak adlandırılan, çoğunlukla bitkilerin yetiştirilme ortamlarında bulunan ve bitkiler ile etkileşim içerisine giren, bitki gelişimini teşvik eden bakteriler önem kazanmaktadır (Bashan ve Holguin, 1997). PGPB (Plant Growth Promoting Bacteria) terimi ilk olarak 1978 yılında Kloepper ve Schroth tarafından biyolojik mücadelede kullanılan bakteriler için tanımlanmıştır (Kloepper ve Schroth, 1978). Bitki gelişimini teşvik edici özelliğe sahip bu bakteriler (PGPB) toprağa ve bitki rizosferine özgü olup tohumun çimlenmesi, bitkinin toprak suyundan daha iyi faydalanması, bitki kök sisteminin gelişiminin artmasını sağlayabilir (Siddiqui, 2006). Ayrıca bu bakteriler doğrudan veya dolaylı olarak bitki patojenlerinin biyolojik kontrolünde etkili olabilmektedirler. Siderefor üretimi, fosfat çözünürlüğünün artırılması, biyolojik azot fiksasyonu, bitki gelişimini teşvik edici hormonların sentezlenmesi, vb. yollarla bitki gelişimini doğrudan etkileyebilir (Vessey, 2003) veya antibiyosis, yer veya besin için rekabet ve sistemik dayanıklılığın uyarılması vd. biyolojik savaş mekanizmaları ile de dolaylı olarak etkileyebilir (Bora ve Özaktan, 1998). Endofitler, patojenlere karşı bazı mekanizmaları kullanmak suretiyle bitki savunmasını ve gelişimini etkileyerek bitki için yararlı veya nötr olabilirler (Hallmann ve ark., 1997; Schulz ve Boyle, 2006; Sülü, 2020).

PGPB grubu bakterileri içerisinde yer alan ve yaşamının en az bir dönemini bitkilerin içsel dokularında endofitik olarak sürdürülebilen bakteriler vardır (Hardoim ve ark., 2008; Sülü ve ark., 2016). Bu gruba Endofitik Bakteriler (EB) denmektedir (Hardoim ve ark., 2008). Genel olarak endofit bakteriler, yüzey dezenfeksiyonu yapılmış bitkilerin meyve, çiçek, yaprak, gövde, kök ve tohumlarından izole edilip (Lilley ve ark., 1996) bitkilere gözle görülür herhangi bir zararı olmayan yararlı bakterilerdir (Sülü ve ark., 2016). Yeryüzünde bulunan yaklaşık 300.000 bitki türünden her bir bitki bir veya daha fazla endofite ev sahipliği yapmaktadır. Endofitler, bitkilerde lokal ya da sistematik olarak hücreler arasında kolonize olabilirler (Ryan ve ark., 2008). EB'ler bitki iç dokusu içerisinde bulunup taşınabilmeleri sayesinde antagonist baskılardan daha az etkilenip, biyotik ve abiyotik stres faktörlerinden korunmaktadırlar.

Ayrıca ihtiyaç duydukları besine ulaşma yolunda karşılaştıkları rekabet daha az düzeyde olmaktadır. (Sturz ve ark., 2000; Hardoim ve ark., 2008).

Endofit bakterilerin yanısıra son yıllarda bitkilerin gelişim ve fonksiyonları üzerine silisyum elementinin doğrudan veya dolaylı olumlu etkilerinden dolayı dünyada silisyuma artan bir ilgi oluşmuştur. Yapılan birçok çalışma, silisyumun bitki büyümesi ve sağlığı üzerine yararlı etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur (Savant ve ark., 1997).

Silisyum (Si) elementi %27.7 oranında yerkabuğunda bulunup miktar bakımından oksijenden sonra ikinci sırada yer almaktadır (Kim ve ark., 2002). Oda sıcaklığında katı halde olup toprakta SiO_2 ve değişik silikat mineralleri halinde bulunmaktadır. Silisyumun bitkiye yarayışlı formlara dönüşmesi silikat minerallerinin ayrışmasıyla olur (Loué, 1986; Temür, 2016)

Silisyum özellikle aşırı sıcaklık ve kuraklık stresi gibi uygun olmayan iklim şartları, mineral toksisitesi ve yıpranma gibi abiyotik; bitki hastalıkları ve böcek zararlıları gibi biyotik streslere karşı bitkiyi koruyan ve gelişimini artıran potansiyel etkilere sahiptir (Sistani ve ark., 1997; Ma, 2004). Akümülator bitki olarak değerlendirilen çeltik, sucul çayırlar gibi bazı bitkiler silisyumu dokularında %1-5'den daha fazla miktarlarda biriktirmektedirler. Domates, salatalık, mısır, arpa, soya fasulyesi gibi bazı bitkiler ise dokularında %1'den daha az oranda silisyum biriktirmektedirler ve silisyumun dolaylı etkileri altında bulunmaktadır. Yani stres koşullarının olmadığı normal toprak şartlarında sağlıklı gelişirken, stresin oluşmaya başlamasıyla birlikte toprakta yeteri kadar silisyum da bulunmaz ise yaşamsal fonksiyonları bozulmaktadır. Bitkiler silisyumun toprakta yeterli miktarda bulunması durumunda ise stres şartları altında olsalar bile herhangi bir fonksiyonel bozukluk göstermemektedirler (Takahashi ve ark., 1990; Savant ve ark., 1999).

Bitki bünyesinde bulunan silisyum immobil durumda olduğu için transpirasyonla bitkinin üst yapraklarına kolaylıkla taşınabilir. Silisyum özellikle yaprak kütikül tabakasının altında birikerek yaprakların daha dik durmasını sağlar, fotosentetik aktiviteyi artırır ve transpirasyonu iyileştirir. Bunların yanında bitki sapının stabilitesini güçlendirerek yatmaya karşı bitkinin direncini artırır ve fide dikimi sonrası kardeşlenme sayısını artırır (Liang ve ark., 2007).

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1. *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* ile ilgili çalışmalar

Fasulye bakteriyel yanıklık etmeni 1995 yılına kadar *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* olarak adlandırılmaktaydı. Vauterin ve ark. (1995) tarafından yapılan DNA-DNA hibridizasyon çalışmalarıyla *Xanthomonas axonopodis*'in bir patovarı olarak sınıflandırılıp *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (*Xap*) olarak isimlendirilmiştir

Hastalık etmeni 1892 ile 1928 yılları arasında Kuzey Amerikadaki fasulye yetiştiriciliği yapılan birçok alanda yayın olarak görülmüştür. 1899- 1941 yılları arasında da Bulgaristan, İtalya, Çin, İsviçre, Avusturalya, Fransa, Romanya, İspanya, Filipinler, Madagaskar, Avusturya, Somali, Norveç, Mısır, Macaristan, Yugoslavya, , Rusya, Japonya, Hindistan ve Sudan'da hastalığa rastlanmıştır (Bozkurt, 2009). Günümüzde ise hastalık etmenine Antartika kıtası dışında bütün kıtalarda yaygın olarak rastlanmaktadır. (Anonim, 2012; Tunçtürk, 2017)

Ülkemizde ise ilk defa Sönmezalp tarafından 1966 yılında belirlenen hastalık etmeni Kayseri, Yozgat, Niğde ve Doğu Anadolu'nun bazı alanlarında görülmüştür. (Bozkurt, 2009; Tunçtürk, 2017). Baştaş ve Şahin, (2017) İç Anadolu Bölgesi'nde yaptıkları araştırmalarda *Xap*'nin %11.11 ile en sık görülen bakteriyel patojenler arasında olduğunu bildirilmişlerdir. Öztürk ve Aksoy (2018) Türkiye'deki toplam taze fasulye üretiminin yaklaşık %20'sini karşılayan Samsun ilinde *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (*Xap*) (adi yanıklık) ve *Pseudomonas savastoni* pv. *phaseolicola* (*Psp*) (hale yanıklığı)'nın varlığına yönelik araştırmalar yapılmışlardır. Çalışma sonunda bölgede her iki hastalık etmeninin varlığını moleküler çalışmalarla kanıtlamışlardır.

Enfekteli tohum, bitki artıkları ve konukçusu olan bitki türlerinde canlı kalabilen hastalık etmeni konukçusu olmayan türlerde de canlı kalabilme yeteneğindedir (Saettler, 1991). Enfekte olmuş tohumlarda 30 yıla kadar da canlılığını koruyabilen etmen (Trujillo and Saettler, 1980) tohum yoluyla uzun mesafelere de taşınıp yeni alanlarda epidemiyeye sebep olabilmektedir. (Bozkurt, 2009)

Patojenin bitkiye giriş yerleri doğal açıklık olan stoma ve hidatodlara ek olarak yaralardır. Hastalık etmeni konukçu bitkinin interselüler alanlarında kolonize olur ve hızla çoğalmaya başlayarak 10-14 gün içerisinde sekonder enfeksiyonları oluşturabilecek yoğunluğa ulaşır (Saettler, 1991).

Gilbertson ve Maxvell (1992) yaptıkları çalışmada görülebilir symptomların ortaya çıkabilmesi için bakterinin 10^5 - 10^6 CFU/g (bitki dokusu) yoğunluğa ulaşması gerektiğini bildirmektedirler ve hastalık etmeninin gelişebilmesi için gerekli olan optimum sıcaklıklar 23-32°C olup, 35,5°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda hastalık gelişimi durmaktadır (Sönmezalp, 1966; Saettler, 1989; Bozkurt, 2009)

Tunçtürk (2017) Gina fasulye çeşidi üzerinde yaptığı çalışmada 10 PGPR izolatının fasulyede *Xap* etmenine karşı etkilerini araştırmıştır. Çalışmada kullanılan tüm PGPR izolatlarının kontrole göre önemli derecede hastalık şiddetini azalttığını saptanmıştır. Kökte fosfor, karotenoid, klorofil a ve toplam klorofil miktarlarında PGPR izolatlarının *Xap* bulaştırılmasına rağmen önemli ölçüde artış sağladığı belirlenmiştir

Bozkurt (2009), Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'de görülen bakteriyel yanıklık etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*'ye karşı, fasulye bitkisinden izole edilen 93 antagonist bakteri izolatının biyokontrol etkinliklerini araştırmış; kapsül inokulasyon testleri, *in vitro*, *in vivo* ve tarla denemelerin sonucunda hastalığın büyük oranda baskılandığını ve 1000 dane ağırlığında artış görüldüğünü tespit etmiştir.

Silva ve ark. (2008), farklı *Pseudomonas* izolatlarının *Xap*'ye olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma *in vitro* antibiyosis testleri ve fasulye tohumlarına antagonist bakteri uygulaması şeklinde yapılmıştır. Antagonistik bakterileri tohum uygulayıp bitkiler 3 yapraklı döneme geldikten sonra yapraklara *Xap*'yi inokule etmişlerdir. Çalışma sonunda sadece patojen uygulaması yapılan kontrol grubunda hastalık şiddeti %100 olarak belirlenirken, en etkili izolat %39.1'lik hastalık şiddeti meydana getirmiştir.

Reynolds ve ark. (1987), *Xap* ile enfekte edilen fasulyelere tarla koşullarında күкүрт диоксиди (SO_2) 3 aylık gelişim periyodu boyunca 0-1 ppm dozunda haftada 2-3 kez 3 saatlik süreyle uygulayıp hastalığı yüksek oranda engellemişlerdir fakat verimde de azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Abo-Elyousr (2006), *in vitro* ve sera koşullarında Bion ve BioZell-2000 B'nin *Xap*'ye karşı etkinliğini araştırmıştır. Çalışma sonunda her iki kimyasalın da *in vitro*da

patojen üzerinde herhangi bir engelleyici etkisinin bulunmadığını, sera koşullarında ise uygulaması yapılan bu kimyasallar tarafından bitkilerde SAR'ın uyarılması sonucu hastalık şiddetinde %45-50 oranında bir azalma meydana geldiğini bildirmiştir.

Gedük ve ark. (2020) 12 farklı bor bileşiğinin *Xap* üzerindeki etkilerini *in vitro* ve *in vivo* koşullarda incelemişlerdir. *In vitro* denemelerle elde edilen bor bileşiklerinin MIC değerlerine göre *in vivo* koşullarda uygulamalar yapılmış ve kontrole göre (%81.15) en düşük hastalık şiddetine sahip bileşikler; sodyum tetrafloraborat (%13.88) ve potasyum tetrafloraborat (%15.38) olarak belirlenmiştir. En yüksek hastalık şiddeti ise borik asit uygulaması (%78) ile elde edilmiştir.

2.2.Biyokontrol ajanları ile yapılan çalışmalar

Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin, gelişmeyi teşvik mekanizmaları tam olarak açıklanamamış ancak bu bakterilerin N fiksasyonu, bitkisel hormon üretebildiği, fosfat çözebildiği, enzim aktivitesini arttırdığı, stres etileni miktarını azalttığı, antibiyotik ve enzim gibi bileşikler sentezleyerek veya rekabet gibi mekanizmalarla patojenlere karşı antagonistik etki gösterdiği bilinmektedir (Çakmakçı ve ark., 2012).

Azcon-Aguilar ve Barea (1997), bitki patojenlerinin biyolojik kontrolünün tarımın sürdürülebilirliği açısından anahtar bir uygulama olduğunu belirtmişlerdir. Bakteriler, funguslar, nematodlar gibi zararlı organizmalara karşı antagonistik etkinlikleri bilinen, ekosistemlerin ortak bileşenleri olan rizosferdeki organizmalar gibi doğal kaynağın yönetiminin temel alınması gerektiğini belirtmiştir. PGPR uygulamalarıyla çimlenme oranı, kök gelişmesi, verim, yaprak alanı, klorofil oranı, azot oranı, protein oranı, kök ve gövde ağırlığı artmakta, yaprakların yaşlanması gecikmekte ve bazı hastalıklara dayanıklılık sağlamaktadır (Çakmakçı, 2005).

Yang ve ark. (2009), rizosferde bulunan bakterilerle bitkinin biyotik stres koşullarına toleransını incelemişler. Bunun sonucunda PGPR'ların sistemik toleransı uyardığı ve tarım topraklarında nitrat ve fosfat birikimini önleyerek topraktan gelen besin alımını arttırıp gübre ihtiyacını azalttığı sonucuna varmışlardır. Gübre ihtiyacının azalmasıyla beraber su kirliliğine etkilerinin azalacağı ve çiftçiler için daha tasarruflu bir yol olacağını belirtmişlerdir.

Çetinkaya-Yıldız ve Aysan (2014), domatestte bakteriyel solgunluk hastalığına karşı kimyasal uygulamalara alternatif olabilecek kök bakterilerin (PGPR) kullanıma olanaklarını araştırmışlardır. Çalışmalarında kullanılacak aday izolatları en fazla fosforu çözme ve azotu bağlama özelliklerine göre seçmişlerdir. Seçilen izolatların *in vivo* koşullarda hastalığı baskılayabilme potansiyelleri araştırılmıştır. Sonuç olarak, başarılı bulunan PGPR izolatlarının hastalık gelişimini sırasıyla, ortalama %38 ve %54 oranında azalttığını tespit etmişlerdir.

Akat ve Özaktan (2011), domates bitkilerinden izole ettikleri kök bakterilerini domates bakteriyel kanser ve solgunluk etmeni *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*'e karşı etkilerini *in vitro* ve *in vivo* koşullarda araştırmışlardır. *In vitro* denemelerde testlenen izolatların %40'ı patojeni 2-37 mm arasında engelleme zonları oluşturarak baskılamıştır ve en etkili izolatların floresan *Pseudomonaslar* olduğu tespit edilmiştir. *In vivo* denemeler iki farklı dönemde tekrarlanmıştır. İlk denemede kullanılan antagonistik bakteriler hastalığı %54-86 oranında engellerken. İkinci denemede %50-60 oranında engellemiştir.

Farklı birçok bitki patojen sisteminde yürütülen araştırmalar, PGPR ve biyokontrol yeteneğine sahip bakterilerin yer aldıkları grupları; *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Bacillus* ve *Serratia* olarak bildirilmiştir (Kloepper ve ark., 1989; Antoun ve Prévost, 2005; Podile ve Kishore, 2006; Kim ve ark., 2011). Bu gruplar içerisinde yüksek etkinlikleri sayesinde en çok çalışılan grup PGPR ve biyokontrol özelliklerinin moleküler ve biyokimyasal mekanizmalarının aydınlatılması amacıyla *Pseudomonaslar* olmuştur (Simons ve ark., 1996; Ligon ve ark., 2000; Bloemberg ve Lugtenberg, 2001; Lugtenberg ve ark., 2001; Preston, 2004; Buddrus-Schiemann ve ark., 2010).

Duman ve Soylu (2019), sağlıklı fasulye bitkilerinden izole edilen endofit bakterilerin fasulye hale yanıklığı etmeni *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Psp*) üzerine biyokontrol etkinliklerini ve bitki gelişimini teşvik etmedeki etkili mekanizmalarını *in vitro* koşullarda karakterize etmişleridir. Seçilen bakteri izolatlarının, *Psp*'ye karşı değişen oranlarda engelleme zonu oluşturduğu belirlemişlerdir. Deneme sonuçlarına göre, en yüksek engelleme zonu *Pseudomonas gessardii* izolatı tarafından, en düşük engelleme zonu ise *Bacillus licheniformis* tarafından oluşturulmuştur.

Ongena ve ark. (2004), Fasulyede *Borytis cinerea*'a karşı *Pseudomonas putida* BTP1 uygulayıp dayanıklılığın uyarılması sonucu hastalığın engellendiğini bildirmişlerdir. Çalışmada kök bakterisi tarafından ISR'nin uyarılması sonucu meydana gelen enzimatik değişiklikleri incelemişlerdir. Sonuçta yapraklarda PAL ve SA seviyesinde herhangi bir artış meydana gelmezken patojen inokulasyonundan sonra lipogenaz ve hidroperoksidaz liyaz enzimlerinde yüksek düzeyde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Fakhraei (2015), endofit bakterilerin hıyar solgunluk etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*'u engelleme ve bitki gelişimini artırma potansiyelleri sera ve saksı denemelerinde araştırmıştır. Çalışmada kullanılan EB izolatları siderofor, İndol Asetik Asit (IAA) üretimi, fosfor çözme yeteneği ve antibiyozis özellikleri açısından testlenmiştir. *In vitro* testlerde başarılı bulunan EB izolatları saksı denemelerinde kullanılmak üzere seçilmiştir. Seçilen izolatların %25'i hıyar bitkilerinde hastalık gelişimini %32-62 oranında engellemiştir. Bu izolatlar arasından başarılı bulunan ve sera denemesine seçilen iki izolat da hastalık etmenini %49-52 oranında sınırlandırmıştır.

Mirik (2005), biberde bakteriyel leke hastalığı ile çalışmış ve hastalık etmeni olan *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatora*'ya karşı bitki büyüme düzenleyici rizobakterlerin biyolojik kontrol olanaklarını araştırmıştır. Uygulamalar sonunda hastalık şiddetinin % 65 oranında azaldığı ve değişen oranlarda bitki büyümesinin arttığını gözlemlemiştir.

Akbaba ve Özaktan (2014), bitkilerin kök, gövde, yaprak gibi dokularından izole edilen endofit bakterileri, *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*'ın biyolojik kontrolü için kullanmışlardır. Çalışma sonunda bazı izolatların *P. syringae* pv. *lachrymans*'ın sebep olduğu hastalığı başarılı bir şekilde baskıladığı belirlenmiştir. Ayrıca kök ve sürgün dokularındaki EB popülasyonlarının patojen uygulamasından sonra da azalmadığını gözlemlemiştir.

Sabate ve ark. (2017), 105 *Bacillus* sp. izolatlarının fasulye bitkisine etkilerini incelenmiş ve en başarılı B14 izolatının *Sclerotium rolfsii*, *Sclerotinia sclerotium*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani* ve *Macrophomina phaseolina*'nın sebep olduğu hastalıkları %60-80 arasında engellediğini belirlemişlerdir. Kullanılan izolatların etki mekanizmasının da bakteri tarafından sentezlenen ve antagonistik etkiye sahip farklı

lipoproteinler olabileceği bildirilmektedir. Nitekim yapılan başka bir çalışmada; *Phythium ultimum* 'un sporangiumlarının soya ve bezelye tohumlarından sızan etanol ve acetaldehydin'in hifsel gelişmesini teşvik ettiği görülmüştür. Bezelye ve soya tohumlarının *Pseudomonas putida* N1R ile muamelesi ortamdaki etanolü karbon kaynağına dönüştürerek patojen organizmanın sporangial üremesi ve hif gelişimini zayıflatılarak hastalık kontrolünün sağlandığı belirlenmiştir (Paulitz, 1991).

2.3.Silisyum ile yapılan çalışmalar

Birçok bilim insanı tarafından silisyumun bazı bitki türlerinin gelişimi için gerekliliği, büyümeye ve verim artışına yararı, biyokimyasal reaksiyonları düzenlediği, tuz, ağır metaller (Mn, Al vb.) ve patojenlere karşı bitki direncini arttırdığı belirlenmişlerdir (İnanaga ark., 2002; Rodrigues ve ark., 2003; Datnoff ve Rutherford, 2004; Datnoff ve ark., 2005).

Gelişmekte olan bitkilere yapılan silisyum uygulaması; bitki kuru ağırlığını, yaprak kalınlığını, kök tazeliğini koruyup, yapraklardaki klorofil miktarı ve bazı fotosentik enzimlerin aktivitelerinde artış sağlamaktadır (Adaita ve Besford, 1986). Ayrıca ikincil dallanma, panikula, başakçık, kök filizleri ve yaprakların sayısını artırma; tohumun dolmasını, dış kabuğun şekillenmesini, çekirdek kalitesini artırmaktadır (Cheng, 1982; Savant ve ark., 1997). Miyake ve Takahashi (1983), hıyar bitkisine, Bradbury ve Ahmad (1990), *Prosopis juliflora*'a silisyum uygulamalarının bitki gelişimini arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Silikat uygulamasının bitkilerde hücre duvarında Si birikimi meydana getirdiği ve olası bir fiziksel bariyer oluşturduğu hipotezi mevcuttur. Si kökten yaprağa doğru hücreler arası boşluklarda silikat polimerizasyonu meydana getirerek hareket edebilmekte ve yaprak ve ksilemlerin epidermal hücre duvarlarında da birikebilmektedir (Samuels ve ark., 1991; Fawe ve ark., 2001; Kim ve ark., 2002). Ayrıca, bitkilerde peroksidaz, polifenoloksidaz, phenylalanine ammonialyaz ve lipoxy-genaz enzimlerin aktivitelerini de arttırmak suretiyle patojen penetrasyonlarına karşı mekanik bir bariyer de oluşturabilmektedir (Chérif ve ark., 1994; Fauteux ve ark., 2005; Cai ve ark., 2008; Shetty ve ark., 2011; Polanco ve ark., 2012). Bu nedenle, Si uygulamaları bitki hastalıklarını önlemede alternatif uygulamalar arasında gösterilebilmektedir.

Oral ve ark. (2020), farklı tuz dozu uygulamaları altında yetiştirdikleri fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisine silisyum uygulamaları yapıp bitkideki fizyolojik ve biyokimsyal parametreler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda tuz stresinin incelenen bitki parametrelerinde istatistiksel olarak azalmaya sebep olduğu, silisyum uygulamalarının ise azalan parametrelere istatistiksel olarak olumlu etki ettiği gözlemlenmiştir.

Domates bakteriyel benek (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*) hastalığı ile mücadelede yapraklara uygulanan Si savunma enzimine etkisi olamadan hastalık belirtilerinin azalmasında yol açmıştır (Andrade ve ark., 2013; Belal, 2017)

Tesfagiorgis ve ark. (2014), hem sera hem de arazi şartlarında potansiyel biyokontrol ajanlarının ve çözünür silisyumun (Si), kabak bitkisinde *Podosphaera xanthii* 'nin neden olduğu küllemenin üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Serada, bütün biyokontrol ajanlarının hastalık seviyesini %90'a kadar azaltıp, küllemenin önemli ölçüde kontrolünü sağladığını tespit etmişlerdir. Tek başına Si uygulamaları ise küllemeyi %35 kadar azaltmış ve çoğu biyokontrol ajanının etkisini artırmıştır.

Shetty ve ark. (2011), gül bitkisine yaptıkları 3.6 mM'lık silisyum (Si+) uygulamasının gül küllemesinin neden olduğu enfeksiyona karşı antimikrobiyal asitler ve flavanoidlerin yoğunluğunu arttırdığını bildirmişlerdir. Bununla beraber fenilpropanoid (fenilalalin amonyak liyaz, sinamil alkol dehidrojenaz ve kalkon sentaz) sentezindeki anahtar enzimlerin konsantrasyonu artmıştır. Fenolik bileşiklerdeki bu artışın, Si uygulaması (Si₂) yapılmayan bitkilerle kıyaslandığında hastalık şiddetinde %46'lık bir azalma sağladığı belirlenmiştir.

Wu ve ark. (2015), domates bitkisine uygulanan silikat ve kadmiyumun domates yapraklarındaki protein içeriğine olan etkilerini araştırmışlardır. Sadece kadmiyum uygulamasında protein içeriği yüksek çıkarken kadmiyum ile kombine uygulanan silikat protein içeriğinde bir azalmaya sebep olmuştur. Benzer bir çalışmada ise potasyum silikat uygulamasının yonca bitkisindeki protein içeriğine olan etkisini araştıran İbrahim ve ark. (2015) bitkideki protein miktarında artış gözlemlemişlerdir.



3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitkisel materyal ve bitki yetiştirme ortamı

Çalışmada test bitkisi olarak duyarlı olduğu bilinen Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Gina çeşidi kullanılmıştır. Fasulye tohumları eşit miktarda karıştırılmış torf ve perlit doldurulmuş 250 ml'lik plastik bardaklara ekilmiştir (Şekil 3.1). İklim odası 14 saat aydınlık (25 ± 2 °C), 10 saat karanlık (18 ± 2 °C) ve yaklaşık % 50 nispi nem şartlarında gelişmeye bırakılmıştır. Bitkilerin besin elementi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla çalışma süresince düzenli olarak Hoagland besin solüsyonu verilmiştir (Çizelge 3.1).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan plastik bardaklar

Çizelge 3.1. Bitkilerin besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan Hoagland besin solüsyonunun içeriği (Hoagland ve Arnon, 1950)

A besin solüsyonu (%)*		B besin solüsyonu (%)*	
Toplam Azot (N)	10.3	Toplam Azot (N)	2.1
Amonyum (NH ₄)	1.6	Nitrat (NO ₃)	2.1
Potasyum Oksit (K ₂ O)	7.5	Fosfor Pentaoksit (P ₂ O ₅)	6.4

Çizelge 3.1. Bitkilerin besin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan Hoagland besin solüsyonunun içeriği (Hoagland ve Arnon, 1950) (devam)

A besin solüsyonu (%)*		B besin solüsyonu (%)*	
Kalsiyum (Ca)	8.6	Magnezyum (Mg)	1.6
Demir DTPA (Fe)	0.3	Mangan (Mn)	0.1
		Çinko (Zn)	0.01
		Bor (B)	0.03
		Bakır (Cu)	0.003
		Molibden (Mo)	0.004

3.1.2. Silisyum dioksit, patojen ve endofit bakteri izolatları

Patojen olarak Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bakteriyoloji laboratuvarı stoklarında bulunan ve virülensliği önceden belirlenmiş *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (*Xap*) izolatı kullanılmıştır (Akköprü, 2020). Silisyum, silisyum dioksit (SiO₂) formunda ticari olarak elde edilmiştir. Endofit bakteriler ise önceki çalışmalar ile etkinlikleri veya özellikleri belirlenmiş olan izolatlardan (Babier, 2019; Çakar, 2019; Olur, 2019) (Çizelge 3.2) seçilip Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bakteriyoloji laboratuvarı kültür stoklarından elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan ve önceki çalışmalar ile Babier ve Akköprü (2020) ve Olur (2019) tarafından karakterizasyonu yapılan EB izolatlarının ve özellikleri.

İzolat kodu ve türü		ACC-d	Sid (mm)	P (mm)	IAA (ppm)
V30G2	<i>Pseudomonas caspiana</i>	-	4.50	+	-
V31Y4	<i>Pseudomonas spp.</i>	+	2.25	-	25.03
WCS365	<i>Bacillus fluorencens</i>	ND	6	+	8
V40K2	<i>Bacillus velezensis</i>	+	7.00	-	1.38
G116S2	ND	-	1.25	+	ND

*ACC-d: 1-aminokloropropan-1-karboksilat deaminaz Sid: Siderefor aktivitesi, P: Fosfataz aktivitesi, IAA: İndol-3-asetik asit. +: özelliğe sahip, -: özelliğe sahip değil ND: Belirlenmemiş

3.1.3. Kullanılan besiyerleri

Tez çalışmasında kullanılan patojen (*Xap*) ve bakteriyel biyokontrol ajanlarının (EB) çoğaltılması ve *in vitro* etkinlik testleri için Kings B besiyeri (KB) kullanılmıştır (Çizelge 3.3). İzolatların stok olarak uzun süreli saklanması için ise % 15 gliserol katkılı Nutrient Broth (NB) ortamı kullanılmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.3. King'B besi yerinin bileşenleri ve miktarları

Besi yeri	Kimyasallar	Miktar (1000 ml)
King'B (King ve ark., 1954)	Pepton	20 g
	Gliserol	10 ml
	K ₂ HPO ₄	1.5 g
	MgSO ₄ .7H ₂ O	1.5 g
	Agar	16 g
		121°C 20 dk otoklavlandı

Çizelge 3.4. % 15 gliserol katkılı Nutrient Broth besiyerinin bileşenleri ve miktarları

Besi yeri	Kimyasallar	Miktar (1000 ml)
Nutrient Broth (NB) (Lelliott ve Stead, 1987)	Nutrient Broth	8gr
	Gliserol	20ml
		121°C 20 dk otoklavlandı

3.1.4. Araştırmanın gerçekleştirildiği laboratuvarlar ve iklim odası

Çalışmalar *in vivo* ve *in vitro* ortamlarda gerçekleştirilmiştir. *In vivo* çalışmalar Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü iklim odalarında, laboratuvar çalışmaları ise Bitki Koruma Bölümü Bakteriyoloji laboratuvarında yürütülmüştür.

3.2. Yöntem

3.2.1. *In vitro* çalışmalar

3.2.1.1. *In vitro* da EB'nin *Xap*'ye karşı antagonistik etkilerinin belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında belirli karakterleri ve etkinlikleri önceki çalışmalar ile belirlenmiş olan V30G2, V31Y4, WCS365, V40K2 ve G116S2 EB izolatları kullanılmıştır (Babier, 2019; Çakar, 2019; Olur, 2019). Bu çalışmada EB izolatlarının *in vitro* çalışmalarda *Xap*'ye karşı antagonistik etkileri test edilmiştir. *Xap*'nin 24-48 saatlik kültüründen hazırlanmış olan yaklaşık olarak 10^7 CFU/mL (OD_{600} :0,01) yoğunluğundaki süspansiyondan 100 µl alınarak KB besi yeri yüzeyine konarak steril baget yardımıyla yayılmıştır. Besi yerinin yüzeyi kuruduktan sonra EB izolatlarının 24 saatlik kültürlerinden iğne uçlu öze yardımıyla bir miktar alınarak nokta ekim yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonuçları; 24-48 saat sonra EB kolonileri etrafında *Xap*'nin gelişimini engellediği zonun çapı ölçülerek belirlenmiştir. Çalışma 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş ve her tekerrürde 2 petri kullanılmıştır.

3.2.1.2. Silisyum dioksitin etkinliklerinin belirlenmesi

KB besiyeri üzerine 100µl EB ve *Xap* süspansiyonları farklı petrilere yayılarak kuruması beklenmiştir. Kuruduktan sonra besiyeri yüzeyine disk yerleştirilip üzerine silisyum dioksit süspansiyonu damlatılmıştır. 48 saatlik inkübasyon süresinden sonra disklerin çevresindeki EB ve *Xap*'nin gelişip gelişmediği gözlenerek varsa oluşan zonun çapı ölçülmüştür.

3.2.2. *In vivo* alışmalar

3.2.2.1. Endofit bakterinin hazırlanması ve uygulanması

In vitro 'da *Xap*'ye karşı antagonistik etkileri belirlenmiş olan 5 adet EB *in vivo* alışmalarda kullanılmak üzere seçilmiştir. Endofit bakteriler KB besi yerine ekilerek 24 saat, 27 °C'de geliştirilmiştir. Gelişen bu kolonilerden alınan örnekler spektrofotometrede 10^8 CFU/mL yoğunluğına ayarlanmış ve bakteriyel süspansiyon hazırlanmıştır. Hazırlanan EB süspansiyonları 20 ml alınarak bitkilerin kök boğazından içirme yolu ile fasulye fidelerine uygulanmıştır. Uygulamalar fasulye bitkilerinin ekiminden 8 gün sonra ilk, 10 gün sonra ikinci olmak üzere iki kere gerçekleştirilmiştir. EB uygulaması yapılmayan gruplara aynı miktar ve yöntemle sadece su verilmiştir (şekil 3.2).

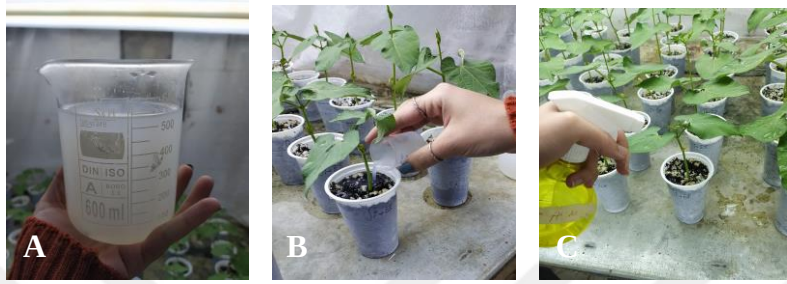


şekil 3.2. Spektrofotometrede bakteri yoğunluğunun belirlenmesi ve endofit bakterilerin uygulanması

3.2.2.2. Silisyum dioksitin hazırlanması ve bitkiye uygulanması

Çalışmada kullanılacak silisyum dioksitin bitki gelişimini arttıracak ve hastalık şiddetine etki edecek en uygun doz ve yöntemini belirlemek üzere öncelikle bir n çalışma yapılmıştır. SiO₂ kullanma talimatında belirtilen 6.08 gr/mol formülüne göre 1

litre suya 30 mM için 4.31 gr, 15 mM için ise 2.15 gr eklenerek süspansiyon hazırlanmıştır (Şekil 3.3). Uygulamalar bitki ekiminden 9 gün sonra yaprağa pülverize etme (Şekil 3.3) ve içirme şeklinde yapılmıştır (Şekil 3.3). SiO₂ uygulaması yapılmayan gruplara sadece su verilmiştir.



Şekil 3.3. Uygulama için hazırlanmış SiO₂ (a), içirme uygulaması (b) ve pülverize uygulaması (c)

3.2.2.3. Patojenin hazırlanması ve bitkiye bulaştırılması

Xap'nin 48 saatlik kültüründen bölüm 3.2.1 de anlatıldığı gibi süspansiyon hazırlanmış ve yoğunluğu spektrofotmetrede 10⁸ CFU/mL'e ayarlanmıştır. Hazırlanan süspansiyon bitki ekiminden 11 gün sonra el pülverizatörü yardımıyla yapraklara püskürtme yoluyla eşit bir şekilde uygulanmıştır. Patojen uygulaması yapılmayan gruplardaki bitkilerin yapraklarına da sadece su püskürtülmüştür. Uygulamanın hemen ardından bitkileri yüksek nispi neme maruz bırakmak amacıyla bitki yetiştirme kabini şeffaf polietilen örtüyle kapatılıp ilk 24 saat ışısız ortamda kalmaları sağlanmıştır (Şekil 3.4). Sonraki 24 saatte ise ışıklar açılıp polietilen örtü yine kapalı bırakılmış ve patojen uygulamasından 48 saat sonra polietilen örtü açılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Polietilen örtü altında nispi neme maruz bırakılan bitkiler



Şekil 3.5. 48 saat sonra polietilen örtüsü kaldırılan bitkiler

3.2.2.4. Endofit bakteri, patojen ve silisyum dioksitin birlikte uygulanması

İklim odalarında yetiştirilen fasulye bitkilerinin ilk üçlü yaprakları açtığı zaman yani ekiminden 8 gün sonra ilk EB uygulaması, 24 saat sonra ise SiO_2 uygulaması yapılmıştır. SiO_2 uygulamasından 24 saat sonra ikinci EB uygulaması yapılp son olarak 24 saat sonra patojen uygulaması yapılmıştır.

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre her grup 10 tekerrürden ve her bitki bir bitkiden oluşacak şekilde 8 farklı uygulama grubundan oluşmuştur (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Çalışmada oluşturulan uygulama grupları

Uygulama grupları	
1)NK	5)PK(<i>Xap</i>)
2)EB	6)EB+ <i>Xap</i>
3) SiO ₂	7) SiO ₂ + <i>Xap</i>
4)EB+ SiO ₂	8)EB+SiO ₂ + <i>Xap</i>

*NK: Negatif kontrol; herhangi bir uygulama yapılmamış grup, PK: Pozitif kontrol; yalnızca patojen (*Xap*) uygulanmış grup, EB: Endofit bakteri uygulanmış grup, SiO₂: Silisyum dioksit uygulanmış grup

3.2.3. Çalışmaya ait değerlendirmeler

3.2.3.1. Hastalık şiddetinin belirlenmesi

Patojen uygulamasından 21 gün sonra deneme sonlandırılmıştır. Hastalığın şiddetinin belirlenmesi için çalışma sonunda *Xap* 'nin bitkide meydana getirdiği belirtiler Akköprü'nün (2020) önerdiği ve aşağıda belirtilen 1-5 skalası kullanılarak değerlendirilmiştir.

- 1: Hastalık belirtisi yok
- 2: Yaprığın %1-5'i nekroz veya teksel lekeler
- 3: Yaprığın % 6-25'inde belirti ve nekroz,
- 4: Yaprığın % 26-50'sinde belirti ve nekroz
- 5: Yaprığın > % 50'sinde belirti ve nekroz veya yaprağın ölümü (Şekil 3.6)



Şekil 3.6. Skala değerine göre hastalık belirtileri (soldan sağa 1-5)

Elde edilen skala değerleri Thousend Heuberger formülü yardımıyla hastalık şiddeti (%) değerlerine dönüştürülmüştür.

$$\text{Hastalık Şiddeti (\%)} = \frac{\sum(\text{Skala değeri} \times \text{skala değerindeki yaprak sayısı})}{\text{Toplam Yaprak sayısı} \times \text{En yüksek skala değeri}} \times 100$$

$$\text{Yüzde Etki} = \frac{\text{Kontroldeki değer} - \text{Uygulama değer}}{\text{Kontroldeki değer}}$$

3.2.3.2. Bitkinin morfolojik parametrelerinin değerlendirilmesi

Bitki yaprak sayısı denemenin sonlandırıldığı 21. Günde sayılarak belirlenmiştir. Sonra Fasulye bitkileri toprak yüzeyinden kesilerek yaş ağırlıkları tespit edilmiştir (Şekil 3.7). Daha sonra kökler sökülerek temizlenmiş ve kök yaş ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 3.8). Yaş ağırlıkları tespit edilen bitki kök ve yeşil aksam örnekleri alüminyum folyo kaplara konularak 65-70 °C'de 48 saat süresince etüvde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 3.9) (Kaçar, 1984).



Şekil 3.7. Yeşil aksam yaş ağırlık ölçümü



Şekil 3.8. Kök yaş ağırlık ölçümü



Şekil 3.9. Örneklerin kurutulması

3.2.3.3. Toplam klorofil ölçümü

Xap, SiO_2 , EB ile muamele edilmiş ve kontrol koşullarında yetiştirilen fasulye fidelerinin üst yapraklarındaki toplam klorofil miktarını belirlemek amacıyla Minolta marka SPAD metre cihazı ile her bitkide üç yapraktan okumalar yapılmış, üç okumanın ortalaması alınarak klorofil miktarları belirlenmiştir (Şekil 3.10)



Şekil 3.10. SPAD metre cihazı ile klorofil ölçümü

3.2.3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışma sonunda elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde SPSS-24 paket programı kullanılarak DUNCAN çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. *In vitro* Çalışmalar

4.1.1. EB'in *Xap*'ye karşı antagonistik etkisinin belirlenmesi

Bölüm 3.2.1.1'de anlatıldığı gibi yapılan çalışmanın sonucunda elde edilen verilere göre patojen gelişimini en çok engelleyen iki izolat sırasıyla zon yarıçapı 13,5 mm ile V40K2 ve zon yarıçapı 10 mm ile V30G2 olmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. King'B besi yerinde EB'nin *Xap*'ye antagonistik etkisi.

4.1.2. Silisyum dioksitin *Xap*'ye karşı antagonistik etkisinin belirlenmesi

Bölüm 3.2.1.2'de anlatıldığı gibi yapılan çalışmanın sonuçları 48 saatlik inkübasyon süresinden sonra incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre *in vitro*'da silisyum dioksitin fark yaratacak herhangi bir etkisine rastlanmamıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. EB izolatları V40K2, V30G2 ve *Xap* üzerine SiO₂ etkisi

4.2. *In vivo* Çalışmalar

4.2.1. EB Seçim çalışmaları

EB'lerin *Xap*'e karşı biyokontrol aktivitelerinin belirlenmesi

İklim odasında yetiştirilen fasulye bitkilerine ikinci EB uygulamasından 24 saat sonra patojen uygulanmış ve patojen inokulasyonundan 21 gün sonra hastalık şiddeti tespit edilmiş, bitkilerin yeşil aksam yaş/kuru ağırlıkları ve yaprak sayıları belirlenmiştir.

G116S2 kodlu EB uygulamasında %10.44 değeri ile en düşük hastalık şiddeti seviyesi gözlenmiş ve PK'e göre hastalığı %42.41 oranında baskıladığı tespit edilmiştir. Buna karşılık WCS365 grubu hastalığı %19.52 oranında baskılayarak hastalık şiddetini en az baskılayan grup olmuştur. Sonuçlar genel olarak ele alındığında ise bütün EB uygulamalarının hastalık şiddetini baskıladığı fakat bu sonuçların istatistiki önem aralığında olmadığı gözlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. EB uygulamalarının *Xap*'nin oluşturduğu fasulye adi yaprak yanıklığı hastalığı üzerine etkileri. Hastalık şiddeti 1-5 skalasına göre değerlendirilerek % hastalık şiddeti ve etki değerleri belirlenmiştir

Grup	Hastalık şiddeti	% Etki
PK (<i>Xap</i>)	18.13±3.23 ^{öd}	-
V40K2+<i>Xap</i>	13.65±2.47 ^{öd}	24.71
V30G2+<i>Xap</i>	10.62±2.70 ^{öd}	41.42
G116S2+<i>Xap</i>	10.54±1.90 ^{öd}	41.86
WCS365+<i>Xap</i>	14.59±1.36 ^{öd}	19.52
V31Y4+<i>Xap</i>	13.36±2.60 ^{öd}	26.30

*: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir. (p<0.05). öd: İstatistiki önem aralığında değil

EB'lerin bitki gelişimine olan etkilerinin belirlenmesi

EB uygulamalarının bitki gelişimine olan etkileri incelendiğinde bütün uygulamalar herhangi bir uygulama yapılmayan NK grubuna göre Yaprak sayısında (YS) azalma meydana getirmiştir. En fazla azalma G116S2 kodlu EB uygulamasında meydana gelirken NK grubuna en yakın sonuç V31Y4+*Xap* uygulamasından alınmıştır. Patojen uygulaması yapılan ve yapılmayan gruplar incelendiğinde ise uygulama grupları genel olarak kendi aralarında istatistiki olarak fark oluşturmazken, NK'e göre bu azalmalar önemli bulunmuştur.

Uygulamaların Yeşil aksam Yaş Ağırlık (YAYA) değerlerine olan etkilerine bakıldığında zaman genel olarak NK grubuna kıyasla bir azalma meydana gelmiştir. Uygulamalardan patojenle muamele edildikten sonra elde edilen veriler incelendiğinde V31Y4 grubu patojen muamelesi yapıldıktan sonra istatistiki olarak önemli derecede bitki gelişiminde artış meydana getirmiştir. Genel olarak yeşil aksam yaş ağırlığında meydana gelen azalmalar kısmen önemli bulunmazken G116S2, V31Y4 ve G116S2+*Xap* uygulamalarındaki azalmalar ise istatistiki önem aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. EB'lerin hastalık baskısı altında YS, YAYA ve YAKA üzerine olan etkileri

GRUP	YS	YAYA(g)	YAKA(g)
NK	17.87±0.35 ^a	6.38±0.14 ^{ab}	0.69±0.03 ^a
V40K2	14.80±0.48 ^{cde}	5.28±0.28 ^{bcd}	0.50±0.03 ^c
V30G2	14.30±0.39 ^{de}	5.33±0.36 ^{bcd}	0.50±0.04 ^c

Çizelge 4.2. EB'lerin hastalık baskısı altında YS, YAYA ve YAKA üzerine olan etkileri (devam)

GRUP	YS	YAYA(g)	YAKA(g)
G116S2	14.10±0.52 ^e	4.96±0.43 ^{cd}	0.49±0.03 ^c
WCS365	16.40±0.54 ^{abcd}	5.74±0.25 ^{abcd}	0.58±0.01 ^{abc}
V31Y4	15.30±0.70 ^{bcde}	4.73±0.32 ^d	0.46±0.04 ^c
PK(Xap)	16.00±0.70 ^{abcde}	6.69±0.42 ^a	0.66±0.05 ^{ab}
V40K2+Xap	15.40±0.97 ^{bcde}	5.74±0.28 ^{abcd}	0.52±0.03 ^c
V30G2+Xap	14.30±0.93 ^{de}	5.55±0.42 ^{bcd}	0.46±0.05 ^c
G116S2+Xap	14.90±0.58 ^{bcde}	4.95±0.28 ^{cd}	0.46±0.03 ^c
WCS365+Xap	16.66±0.37 ^{abc}	5.74±0.24 ^{abcd}	0.54±0.03 ^{bc}
V31Y4+Xap	17.10±1.00 ^{ab}	5.99±0.44 ^{abc}	0.55±0.05 ^{bc}

*: YAYA: Yeşil aksam yaş ağırlık, YAKA: Yeşil aksam kuru ağırlık, YS: Yaprak sayısı

** : Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir. (p<0.05).

4.2.2.Silisyum dioksitin dozu ve uygulama yönteminin belirlenmesi

SiO₂'ın biyokontrol aktivitesinin belirlenmesi

Çalışma sonuçları incelendiği zaman S15Y+Xap uygulaması 19.17 değeri ile PK grubuna göre hastalığı %5.73 attırmıştır. S30K+Xap uygulaması ise 10.71 değeri ile hastalığı %40.92 oranında baskılamıştır. Hastalık şiddetinde değişiklikler söz konusu olsa bile sonuçların istatistiki önem aralığında olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Silisyum dioksitin hastalık şiddeti üzerine etkileri

Gruplar	Hastalık şiddeti	% etki
PK (Xap)	18.13±3.23 ^{öd}	-
S15K+Xap	13.86±1.73 ^{öd}	23.55
S15Y+Xap	19.17±3.99 ^{öd}	-5.73
S30K+Xap	10.71±2.86 ^{öd}	40.92
S30Y+Xap	17.97±3.49 ^{öd}	0.88

öd: istatistiki önem aralığında değil

*Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir. (p<0.05).

SiO₂ bitki gelişimine olan etkilerinin belirlenmesi

Çalışma sonunda silisyum dioksit uygulamasının yaprak sayısı, yeşil aksam yaş ağırlık ve yeşil aksam kuru ağırlık üzerindeki etkileri incelenmiştir.

SiO₂ uygulamalarının YS üzerindeki etkileri incelendiğinde 30 mM'lik dozda içirme (S30K) şeklinde yapılan uygulama 20.25 değeri ile NK ve diğer uygulama gruplarına kıyasla en yüksek etkiyi göstermiştir. 15 mM'lik dozda patojenle muamele edilerek yapılan her iki uygulama da (S15K+Xap ve S15Y+Xap) silisyum dioksitin teksele uygulamalarına nazaran yaprak sayısında artış sağlamıştır. Buna karşın 30 mM'lik uygulamaların (S30K+Xap ve S30Y+Xap) yaprak sayısında azalmaya sebep olduğu gözlenmiştir. Patojen uygulanmış muamele grupları kendi aralarında karşılaştırıldığı zaman ise S30K+Xap ve PK diğer uygulamalara nazaran yaprak sayısında artış sağlamıştır fakat yalnızca S30K için veriler istatistiki önem aralığındadır.

YAYA'nda en etkili sonuç 7.80 ile yine 30 mM'un köklere içirme yoluyla uygulanan (S30K) gruptan elde edilmiştir ve bu verinin istatistiki olarak da önemli olduğu belirlenmiştir. Silisyumun 30 ve 15 mM'un yapraklara pülverize edilerek uygulandığı gruplarda (S15Y ve S30Y) ise sırasıyla 5.60g ve 5.85g ile NK'e göre azalmaya sebep olduğu tespit edilmiştir. Fakat bu sonuçların istatistiki önem aralığında olmadığı belirlenmiştir. Patojen uygulaması yapılan gruplara bakıldığında PK grubu NK'e göre artış sağlamıştır. Yaprak uygulamaları her iki dozda da teksele uygulamalarına göre yeşil aksam yaş ağırlığında artışa sebep olurken, kök boğazından içirme yoluyla yapılan uygulamalar YAYA'nda azalmaya sebep olmuştur. Fakat meydana gelen bu değişikliklerin istatistiki önem aralığında olmadığı belirlenmiştir.

Tekli uygulama gruplarından S15K, S15Y ve S30Y NK'e göre YAKA'nda azalma meydana getirmiştir fakat elde edilen sonuçlar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. S30K ise NK dışındaki bütün uygulama gruplarına kıyasla istatistiki olarak önemli derecede artış sağlamıştır. İkili uygulamalara bakıldığı zaman ise S30K+Xap uygulaması 0.56g değeri ile patojenle muamele edilmemiş gruba göre azalma meydana getirmiştir. Diğer üç uygulama patojensiz gruba göre YAKA'nda artış sağlamıştır. Uygulamalar genel olarak artış ve azalış sağlamasına rağmen sonuçlar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Silisyum dioksitin patojen baskısı altında YS, YAYA, YAKA üzerine etkileri

Gruplar	YS (Adet)	YAYA (g)	YAKA (g)
NK	17.87±0.35 ^b	6.38±0.14 ^{bc}	0.69±0.03 ^{ab}
S15K	14.75±0.41 ^c	6.81±0.31 ^{ab}	0.53±0.03 ^c
S15Y	14.62±0.62 ^c	5.60±0.22 ^c	0.54±0.03 ^c
S30K	20.25±0.61 ^a	7.80±0.46 ^a	0.79±0.05 ^a
S30Y	16.00±0.70 ^{bc}	5.85±0.37 ^{bc}	0.58±0.03 ^{bc}
PK(Xap)	16.00±0.70 ^{bc}	6.69±0.42 ^{bc}	0.66±0.05 ^{bc}
S15K+Xap	15.62±0.53 ^c	5.91±0.46 ^{bc}	0.59±0.05 ^{bc}
S15Y+Xap	15.14±0.67 ^c	5.79±0.22 ^{bc}	0.57±0.03 ^{bc}
S30K+Xap	16.62±1.11 ^{bc}	5.64±0.38 ^c	0.56±0.05 ^{bc}
S30Y+Xap	15.75±0.88 ^{bc}	6.02±0.32 ^{bc}	0.62±0.05 ^{bc}

*: YAYA: Yeşil aksam yaş ağırlık, YAKA: Yeşil aksam kuru ağırlık, YS: Yaprak sayısı

**: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir. (p<0.05).

4.2.3. Seçilen endofit bakteri ve SiO₂'ün birlikte bitki gelişimi ve hastalık şiddeti üzerine etkisinin belirlenmesi

En başarılı EB ile SiO₂ en uygun doz ve uygulama metodunun birlikte bitki gelişimi ve hastalık şiddeti üzerine etkisi iklim odasında koşullarında torf yetiştirme ortamında sınanmıştır. Önceki çalışmalarda etkinliği belirlenmiş olan ve nispeten başarılı bulunan V30G2 kodlu EB izolatu bu çalışma için seçilmiştir. Bunun yanı sıra ön denemelerde etkinliği oldukça net olarak ortaya çıkan köke içirme metoduyla uygulanan 30 mM SiO₂ dozu bu çalışma için seçilmiştir.

Yapılan uygulamaların bitki gelişim parametrelerine olan etkileri incelendiğinde PK grubu YAYA için en düşük sonucu vermiştir. Hemen ardından EB+Xap uygulaması 4.82'lik değer ile ikinci en düşük sonucu vermiştir. YAYA'na göre Si uygulaması bu değerlendirmede EB'den daha düşük sonuç vermiş ve ağırlıkta azalmaya sebep olmuştur. Fakat sonuçlar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

YAKA'nda uygulama yapılmayan NK grubuna göre bütün uygulama grupları azalmaya sebep olmuştur. En çok azalma 0.51g'lık değer ile sadece patojen uygulaması yapılan PK grubunda görülmüştür. Hemen ardından ise EB'nin teksele ve patojenle kombine şeklinde yapılan uygulaması NK'e göre azalmaya sebep olmuş ve her ikisi de

0.55g değerini oluşturmuştur. Genel olarak sonuçlarda değişiklikler meydana gelmiş olsa da PK dışındaki uygulamaların oluşturduğu değişiklikler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır

KYA'nda EB+SiO₂ uygulama grubu 1.64 değeri ile NK grubuna göre artış sağlamış ve en iyi sonucu vermiştir. PK de dahil hiçbir uygulama kök ağırlığında azalmaya sebep olmamış NK grubuna göre hepsi artış sağlamıştır. Meydana gelen bu artışlar NK grubuna göre istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

KKA ölçümlerinde SiO₂ dışındaki bütün uygulamalar NK'e göre azalmaya sebep olmuştur. SiO₂ uygulaması da artışa sebep olmamakla birlikte azalmaya da sebep olmamış ve NK ile aynı sonuçları vermiştir. En fazla azalma 0.05g ile yine PK grubunda gözlenmiştir. Sonuçların istatistiki önem aralığında olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Uygulama gruplarının yeşil aksam ve kök yaş ve kuru ağırlıkları üzerine olan etkileri

Gruplar	YAYA(g)	YAKA(g)	KYA(g)	KKA(g)
PK(Xap)	4.57±0.30 ^b	0.51±0.03 ^b	1.06±0.04 ^b	0.05±0.00 ^b
NK	6.66±0.24 ^a	0.68±0.02 ^a	0.52±0.09 ^c	0.08±0.00 ^a
V30G2	5.86±0.49 ^{ab}	0.55±0.07 ^{ab}	1.21±0.21 ^{ab}	0.06±0.00 ^{ab}
SiO₂	5.72±0.54 ^{ab}	0.58±0.05 ^{ab}	1.62±0.15 ^a	0.08±0.00 ^a
V30G2+SiO₂	6.49±0.45 ^a	0.66±0.06 ^{ab}	1.64±0.18 ^a	0.07±0.01 ^{ab}
V30G2+Xap	4.82±0.41 ^b	0.55±0.04 ^{ab}	1.11±0.21 ^b	0.06±0.00 ^{ab}
SiO₂+Xap	5.52±0.44 ^{ab}	0.63±0.05 ^{ab}	0.97±0.06 ^b	0.06±0.00 ^{ab}
V30G2+SiO₂+Xap	5.80±0.35 ^{ab}	0.65±0.03 ^{ab}	1.18±0.08 ^b	0.07±0.00 ^{ab}

*: YAYA: Yeşil aksam yaş ağırlık, YAKA: Yeşil aksam kuru ağırlık, KYA: Kök yaş ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık

**: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir. (p<0.05).

Uygulamalardan NK'e göre yaprak sayısını en fazla PK grubu azaltmıştır. V30G2+SiO₂+Xap kombine uygulaması ise 19.90 değeri ile en etkili sonucu vererek yaprak sayısında artış sağlamıştır. V30G2 uygulaması da ikinci en iyi sonucu vermiştir. Fakat sonuçlar istatistiki önem aralığında değildir.

Klorofil ölçümlerinde NK ve PK'e göre SiO₂+Xap kombine uygulaması klorofil miktarını arttırmış onun dışındaki bütün uygulamalar azalmaya sebep olmuştur. PK grubu diğer bütün ölçümlerle paralellik göstererek yine en düşük sonucu vermiştir. Genel olarak elde edilen sonuçlar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Uygulamaların yaprak sayısı ve klorofil üzerindeki etkileri

Gruplar	YS	Klorofil
PK (Xap)	16.00±0.86 ^b	34.60±0.96 ^b
NK	18.80±0.66 ^{ab}	39.29±1.16 ^a
V30G2	19.30±1.27 ^{ab}	36.85±1.93 ^{ab}
SiO₂	17.40±1.05 ^{ab}	37.36±1.29 ^{ab}
V30G2+SiO₂	17.40±1.44 ^{ab}	39.21±1.74 ^a
V30G2+Xap	18.44±0.95 ^{ab}	36.36±0.74 ^{ab}
SiO₂+Xap	19.11±1.08 ^{ab}	40.53±1.09 ^a
V30G2+SiO₂+Xap	19.90±0.48 ^a	37.98±0.69 ^{ab}

*: YS: Yaprak sayısı

**: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir. (p<0.05).

Uygulamaların hastalık şiddetine etkisi incelendiğinde PK grubuna göre hepsi hastalık şiddetinde azalma sağlamıştır. SiO₂+Xap 25.14 değeri ile hastalığı % 7.36 oranında azaltarak en az etkili uygulama olmuştur. V30G2+Xap hastalığı % 16.24 oranında azaltmıştır. Fakat bu azalmalar istatistiki olarak önem aralığında değildir. Hastalığı baskılama konusunda en etkili grup V30G2+SiO₂+Xap uygulaması olmuştur ve hastalığı % 52.24 oranında baskılamıştır. Elde edilen bu azalma istatistiki olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Uygulama gruplarının hastalık şiddetine olan etkileri

GRUPLAR	Hastalık şiddeti	% etki
PK(Xap)	27.14±3.24 ^a	-
V30G2+Xap	22.73±2.62 ^a	16.24
SiO₂+Xap	25.14±4.26 ^a	7.36
V30G2+SiO₂+Xap	12.96±1.96 ^b	52.24

**: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütundaki aynı harfler arasındaki fark önemsizdir. (p<0.05).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bitkisel üretim ve hastalık yönetimi sırasında yardım alınan kimyasalların kullanımı birçok yönden çevre ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Dolayısıyla daha az sorun teşkil edebilecek, daha avantajlı yöntemlere ilgi giderek artmakta ve çalışmalar da bu yönde ivme kazanmaktadır. Bundan hareketle yürütülen çalışmada fasulye üretim alanlarında karşılaşılan ve ciddi verim kayıplarına sebep olan fasulye adi yaprak yanıklığı hastalığına karşı etkinliği diğer patosistemlerde önceki çalışmalarca belirlenmiş olan endofit bakteri ile bitkide verim ve kaliteyi arttırdığı bilinen silisyum dioksitin teksel ve birlikte uygulamalarının etkileri araştırılmıştır.

EB seçimi için yapılan *in vitro* testlerde V30G2 ve V40K2 kodlu izolatlar *Xap*'ye karşı engelleme zonu oluşturarak etkinlik göstermiştir. EB izolatların önceki çalışmalar ile elde edilen *in vitro* karakterizasyon ve antagonistik etkinlikleri belirlenmiştir. Fakat bu sonuçlar *in vivo* testlerin sonuçları ile tam olarak uyumlu olmadığı gözlenmiştir. Elad (2002) bu konuya değinmiş ve biyolojik çalışmalarda *in vitro* ve *in vivo* çalışmaların her zaman aynı sonuçları vermeyebileceğini bildirmiştir. Çalışmamızda başta hastalık şiddeti ve diğer parametrelerden elde ettiğimiz sonuçlar ışığında V30G2 izolat çalışmanın sonraki aşamalarında kullanılmak üzere seçilmiştir. Seçilen izolat Babier (2019)'in EB üzerine yapmış olduğu antagonistik testlerde *Xap* de dahil olmak üzere birçok bitki patojeni bakteriye karşı etkili olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca fosfataz aktiviteleri ve siderofor üretim kabiliyetine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.2).

In vivo çalışmada *Xap*'nin neden olduğu hastalığın tipik semptomlarına rastlanmıştır. Belirtiler ilk olarak inokulasyondan sonra 10-12 gün içinde yaprakların yüzeyinde gözlemlenmiş ve açık sarı renkli lekeler halinde olduğu kaydedilmiştir. Hastalık belirtileri yapılan diğer çalışmalarda da ortalama 7-14 gün içerisinde ortaya çıkmıştır ve ortak bir hastalık seyri gözlemlenmiştir. (Darrase ve ark., 2007; Bozkurt, 2009; Ertekin, 2016; Belete, 2017; Şahin, 2019).

EB seçim çalışmalarında kullanılan izolatların %19-42 arasında hastalık gelişimini azalttığı belirlenmiştir. V30G2 ile yapılan ikinci denemede ise bu kontrol etki %16.24 oranında kalmıştır. Hsieh ve ark. (2005), çevresel koşulların biyokontrol ajanlar başarılarını etkileyebileceğini bildirmektedirler. İzolatın etkinliğindeki değişikliği bu çerçevede yorumlamak uygun olacaktır.

Bunun yanı sıra yapılan birçok çalışma göstermektedir ki bitki hastalıkları ile mücadelede EB'lerin kullanımı başarılı sonuçlar vermekte ve bu mikroorganizmalar biyolojik savaş elemanı olarak da başarılı bir şekilde de kullanılmaktadır (Linderman, 1996; Sturz ve Nowak, 2000; Yıldız, 2009). Bozkurt (2009), yaptığı çalışmada fasulye bitkisinden izole edilen antagonistik bakterilerin kapsül testlerinde hastalığı %42-72, saksı denemesinde %32-67, tarla denemesinde ise %30-55 oranlarında engellediğini göstermiştir. Çalışmada, kullanılan antagonistik bakterilerin IAA ürettiği, fosfatı çözme yeteneğine sahip olduğu ve PAL seviyesinde artış meydana getirdiğini bildirmiştir. Ünlü ve Aysan (2011), sardunya bakteriyel yanıklık etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *pelargonii*'nin biyolojik mücadelesi için Sardunya yetiştirilen alanlardan toplanan 234 aday PGPR izolatı arasından fosforu yüksek oranda çözebilen iki tanesi yaprak enfeksiyonunu %88-100 oranında azaltırken bir tanesi de gövde enfeksiyonunu % 63 oranında engellemiştir. Çetinkaya-Yıldız ve Aysan (2014), domatestte bakteriyel solgunluk hastalığına karşı kimyasal uygulamalara alternatif olabilecek kök bakterilerinin (PGPR) kullanılma olanaklarını araştırmışlardır. Çalışmalarında kullanılacak aday izolatları en fazla fosforu çözme ve azotu bağlama özelliklerine göre seçmişlerdir. Seçilen PGPR izolatlarının hastalık gelişimini sırasıyla, ortalama %38 ve %54 oranında azalttığını tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda kullanılan SiO₂ uygulamalarının doz belirleme çalışmalarında hastalık şiddetinde %40.92 daha sonraki çalışmada ise %7.36'lık oranda azalma meydana getirdiği gözlenmiştir. Bu amaçla yürütülen birçok çalışma da paralel sonuçlar vermiş ve Si uygulamalarının etkinliğini ortaya koymuştur. Dannon ve Wydra (2004), *Ralstonia solanacearum*'un neden olduğu bakteriyel solgunluğa karşı domatese silikat uygulaması yapıp bakteriyel solgunluk belirtilerinin %56,1 oranında azaldığını kaydetmiştir. Diego ve Wydra (2007), benzer bir çalışma daha yapıp bakteriyel solgunluk belirtilerinin azalmasında hücre duvarı ve ksilemin yapısında meydana gelen değişimden kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.

EB+SiO₂ kombine uygulaması da hastalık kontrolünde en etkili sonucu vermiş ve hastalığı %52.24 oranında baskılamıştır. Elde edilen sonuçlar Tesfagiorgis ve ark. (2014), tarafından hem sera hem de arazi şartlarında potansiyel biyokontrol ajanlarının ve çözünür silisyumun (Si) kabak bitkisinde *Podosphaera xanthii*'nin neden olduğu küllemenin üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışma ile benzerlik göstermiştir. Yürütülen çalışmada tekli uygulamaların küllemeyi azaltıp, önemli ölçüde kontrolünü sağladığını tespit etmişlerdir. Ayrıca Si uygulamalarının da hastalık kontrolünün yanısıra çoğu biyokontrol ajanının etkisini artırarak %70'e varan hastalık kontrolünü sağladığını tespit etmişlerdir. De Curtis ve ark (2012), *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*'nin sebep olduğu küllemeye karşı biyokontrol ajanlarını, direnç indükleyiciler ve fungusitlerle kombine ederek kullanmışlardır. Biyokontrol ajanı olarak *Rhodosporidium kratochvilova*, *Cryptococcus laurentii* ve *Aureobasidium pullulans* strainleri, direnç indükleyici olarak da kalsiyum silikat ve kalsiyum klorür kullanmışlardır. Çalışma sonunda kullanılan biyokontrol ajanlarının hastalık şiddetini yaklaşık %89 oranında azalttığını bitki gelişiminde de %35 artış meydana getirdiğini saptamışlardır. Ayrıca en iyi sonuçlar biyokontrol ajanlarının, kalsiyum silikat ile kombine uygulamalarının sonucunda elde edilmiştir. Bunun sebebinin silikonun patojene doğrudan toksisitesi özelliği göstermesi ve konukçu bitki dokusunda biyokimyasal savunma tepkilerinin ortaya çıkmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Qin ve Tian (2005), sodyum metasilikat formunda kullandıkları Si'nin tek başına ve biyokontrol ajanı olan *Cryptococcus laurentii* (Kufferath) Skinner ile kombinasyon halinde *Penicillium expansum* Link ve *Monilinia fructicola* üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Si tekli uygulaması hastalık şiddetini %63.4-%86,6 oranlarında azaltırken, kombine uygulaması konukçu bitki dokusunda *C. laurentii*'nin popülasyon yoğunluğunu 2.4 kat arttırmıştır ve hastalık şiddetinde azalma meydana getirmiştir. *P. expansum* ve *M. fructicola* patojenlerinin spor çimlenmesi ve germ tüp uzaması Si tarafından inhibe edilmiştir. Ayrıca PAL birikimi meydana getirdiği ve lignin biyosentezini indüklediği gözlemlenmiştir. Çalışmamızdaki SiO₂ uygulamalarının patojen üzerine doğrudan etkisi gözlenmemiştir. Fakat EB'nin etkinliğini artırdığı, savunma tepkimelerini ortaya çıkarmış olabileceği ve bu sebeplerle üçlü kombinasyonun en etkili sonucu verdiği düşünülmektedir.

Araştırmacılar bitkide gelişimi arttırdığı bilinen bakterilerin bitki gelişimi teşvik etkisinin yanı sıra hastalıklara karşı biyolojik savaşta etkinliklerinin daha ön planda

olduklarını bildirmektedirler (Kloepper, 1993; Lemanceau ve ark., 2000; Lucas ve ark., 2000; Parmar ve Dudarwal, 2000). Kado (1992), tarafından endofit bakteriler için ‘bitki dokularında konukçusuna zarar vermeden yaşayabilen fakat bazen fayda da sağlamayan bakteriler olarak tanımlanmıştır. Karagöz (2009), yürütülen çalışmanın aksi sonuçları elde etmiş ve bakterileri kullanarak marulda bakteriyel leke hastalığını kontrol edip aynı zamanda marul gelişimini arttırdığını belirlemiştir. Bitki gelişimini arttıran bakterilerin başta azot fiksasyonu olmak üzere, fosfatı ve kalsiyumu çözme, demir alımına yardımcı olma, hormon, amino asit ve organik asit üretimi gibi etkileri sayesinde bunları yapabildikleri bildirilmektedir (Gökçe ve Kotan, 2016).

Çalışmamızın sonuçlarına göre KYA’nda patojen uygulaması da dahil bütün uygulama grupları NK’e göre artış sağlamıştır. Bitki gelişiminde önemli bir faktör olan fosfor elementi çoğunlukla toprakta bitkilerin alamayacağı formdadır. Bazı PGPR’lar fosfatı çözündürebilir ve bu sayede ortamda bulunan organik fosforu inorganik fosfora dönüştürüp bitkiler tarafından alınabilir duruma getirir (Vessey, 2003). Bitki gelişimindeki artış fosforun PGPR tarafından alınabilir hale getirilmesi sayesinde gerçekleşebilir (Glick, 1995; Lucy ve ark., 2004). Tunçtürk (2017), fasulye üzerine yaptığı bir çalışmada PGPR+*Xap* kombine uygulamalarını sadece PGPR uygulaması yapılan grupla kıyasladığı zaman kök fosfor miktarını arttırdığını saptamıştır. Babier (2019), izole ettiği 191 EB arasından fosfatı çözündürme yeteneğinin %20 düzeyinde olduğunu belirlemiştir. Bozkurt (2009), fasulyede *Xap* ye karşı antagonistik etki ve bazı *in vitro* testler ile meyve teslerine göre tarla çalışması için seçilen 14 izolatin 12’sinin fosfatı çözündürme yeteneğine sahip olduğunu gözlemlemiştir (Bozkurt, 2009). *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Rhizobium* cinsi kök bakterilerinin yüksek derecede fosfat çözme yeteneğinde sahip olabilecekleri saptanmıştır (Antoun, 2003). Bu tez çalışmasında da kullanılan V30G2 kodlu EB izolatinin *Pseudomonas* cinsinde yer aldığı ve fosfat çözme yeteneğinde sahip olduğu Babier (2019), tarafından yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Çizelge 3.2). Çalışmamızda da fasulye kök gelişimini bu yolla arttırdığı düşünülebilir.

SiO₂ uygulamalarının da kök gelişiminde artış meydana getirdiği gözlenmiştir. Fosfor eksikliği olan toprakta yetişen bitkilere silisyum uygulanması bitki bünyesindeki fosfor konsantrasyonunu artırmaktadır. Artan fosfor kazanımı köklerden gövdeye fosfor taşınmasına yardımcı olmaktadır (IRRI (International Rice Research Institute), 1965).

Çeltik yetiştirilen toprakta düşük fosfor miktarı olduğu durumlarda silisyum gübrelemesi yapıldığı takdirde fosfor gerekliliğini azaltmaktadır (Blair ve ark., 1990; Ma ve Takahashi, 1990b) ve bitki için mevcut fosfor miktarı artmaktadır (Ma ve Takahashi, 1990a).

Bitki hastalıkları ile savaşta başvurulmuş biyolojik mücadele yöntemleri çok emek isteyen, etkili sonuçlarını görmek uzun zaman alan, farklı alanlarda etkileri de değişiklik gösterebilen yöntemlerdir. Dolayısıyla uygulanacak olan çalışmada her daim başarılı sonuçlar almak mümkün olmayabilir. Bu bağlamda yapılması planlanan sonraki çalışmalarda da bu durum göz önüne alınarak araştırmalar bu yönde ivme kazanmalıdır.

Yapılan bu tez çalışması ile Fasulye’de *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*’nin biyolojik kontrolünde endofit bakterilerin ve direnç indükleyici olarak kullanılan silisyum dioksitin ümit var sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Uygulamaların bazı bitki gelişim parametrelerinde artış meydana getirdiği ve bitki hastalıklarıyla mücadelede potansiyeli yüksek uygulamalar olarak tercih edilebileceği tespit edilirken, kombine uygulamaların tekli uygulamalara göre daha fazla etkinlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Silisyum dioksitin endofit bakterinin etkinliğini arttırdığı ve bazı biyokimyasal reaksiyonları indüklediği bu sebeple başarılı sonuçlar alındığı düşünülmektedir. Fakat çalışmada kullanılan ve başarılı olduğu belirlenen EB izolatının ve silisyum dioksit dozunun ikili kombinasyonlarının daha kapsamlı araştırılması, denemenin doğa şartlarında tekrarlanarak etkilerinin sınanması ve başarı sağlanan uygulama gruplarının etki mekanizmalarının daha detaylı araştırılması gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- Abo-Elyousr, K.A.M., 2006. Induction of Systemic Acquired Resistance against Common Blight of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Caused by *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*, **Egypt. J. Phytopathol.**, **34** (1): 41-50.
- Adatia, M.H., Besford, R.T., 1986. The effect of silicon on cucumber plants grown in recirculating nutrient solution. **Ann. Bot.**, **58**: 343-351.
- Akat, S., Özaktan, H., 2011. Domates bakteriyel kanser ve solgunluk hastalığıyla [(*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (Smith) Davis ve ark.)] biyolojik mücadelede bakteriyel antagonistlerin etkinliğinin araştırılması. **Türk. Biyo. Müc. Derg.**, **2** (1): 3-18.
- Andrade, C.C.L., Resende, R.S., Rodrigues, F.A., Ferraz, H.G.M., Moreira, W.R., Oliveira, J.R., Marian, R.L.R., 2013. Silicon reduces bacterial speck development on tomato. **Tropical plant pathology**, **38** (5): 436-442.
- Anonim, 2008. **Zirai Mücadele Teknik Talimatları**. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, 3,332.
- Anonim, 2012. <http://www.eppo.org>. (Erişim tarihi: 15.03.2021)
- Anonim, 2021. <http://www.fao.org>. (Erişim tarihi: 10.04.2021)
- Antoun, H., 2002. Field and greenhouse trials performed with phosphate-solubilizing bacteria and fungi. **In First International meeting on microbial phosphate solubilization**. Salamanca, Spain (16-19).
- Antoun, H., Prévost, D., 2005. Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. **In PGPR: Biocontrol and Biofertilization**. Springer, Dordrecht.
- Arnaudsantana, E., Penamatos, E., Coyne, D. P., and Vidaver, A. K., 1991. Longevity of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* in Naturally Infested Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*) Debris, **Plant Disease**, **75** (9): 952-953.
- Azcón-Aguilar, C., Barea, J. M., 1997. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens—an overview of the mechanisms involved. **Mycorrhiza**, **6** (6): 457-464.
- Babier, Y., 2019. **Van Gölü havzasından izole edilen endofit bakterilerin karakterizasyonu ve in vitro koşullarda bazı bitki patojeni bakterilere karşı antagonistik etkilerinin belirlenmesi**. (yüksek lisans tezi, basılmamış). Van YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Babier, Y., Akköprü, A., 2020. Çeşitli Kültür Bitkilerinden İzole Edilen Endofitik Bakterilerin Karakterizasyonu ve Bitki Patojeni Bakterilere Karşı Antagonistik Etkilerinin Belirlenmesi. **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**, **30** (3): 521-534.
- Balkaya, A., Yanmaz, R., Bozoglu, H., Gulumser, A., 1999. Samsun İlinin Taze Fasulye Yetiştiriciliği Yönünden Durumunun Belirlenmesi. **Karadeniz Bölgesi Tarım Sempozyumu**, Cilt 1, 51-62, Samsun.
- Bashan, Y., Holguin, G., 1997. "Azospirillum-plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996)." **Can. J. Microbiol**, **43** (2): 103–121.
- Bastas, K.K., Şahin, 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.

- Belal, H., 2017. **Domates Bitkilerine Potasyum Mono-Fosfat, Potasyum Silikat Ve Kitosan Uygulamalarının, Domates Bakteriyel Solgunluk ve Kanser Hastalığına Karşı Dayanıklılıklarının Arttırılmasındaki Etkilerinin Araştırılması** (yüksek lisans tezi, basılmamış). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Belete, T., Bastas, K.K., 2017. Common bacterial blight (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) of beans with special focus on Ethiopian condition. **J Plant Pathol Microbiol**, 8 (2).
- Blair, G.J., Freney, J.R., Park, J.K., 1990. Effect of sulfur, silicon and trace metal interactions in determining the dynamics of phosphorus in agricultural systems. **In: Proc. Symp. Phosphorus Requirements for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania. Int. Rice Res. Inst.**, Los Bariuos, Philippines, 269-280.
- Bloemberg, G.V., Lugtenberg, B.J., 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. **Current Opinion in Plant Biology**, Issue 4, pp. 343-350.
- Bora, T., Özaktan, H., 1998, **Bitki Hastalıklarıyla Biyolojik Savaş**, Prizma Matbaacılık, İzmir, 205.
- Bozkurt, I.A., 2009. **Fasulye Bakteriyel Yanıklık Hastalığına (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) Karşı Antagonistik Bakterilerle Mücadele Olanakları**. (doktora tezi, basılmamış). Ege üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Bradbury, J. F., 1986, **Guide to Plant Pathogenic Bacteria**, 233-234.
- Bradbury, J., 1984, Genus II *Xanthomonas* Dowson, **Bergey's manual of systematic bacteriology**, 1,187.
- Bradbury, M., Ahmad, R., 1990. The effect of silicon on the growth of *Prosopis Juliflora* growing in saline soil. **Plant Soil**, 125: 71-74.
- Buddrus-Schiemann, K., Schmid, M., Schreiner, K., Welzl, G., Hartmann, A. 2010. Root Colonization by *Pseudomonas* sp. DSMZ 13134 and impact on the indigenous rhizosphere bacterial community of barley. **Plant Microbe Interactions**, 60 (2): 381-393.
- Cai, K., Gao, D., Luo, S., Zeng, R., Yang, J., Zhub, X., 2008. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. **Physiologia Plantarum**, 134: 324-333.
- Cheng, B.T., 1982. Some significant functions of silicon to higher plants. **J. PlantNutr**, 5: 1345-1353.
- Chérif, M., Asselin, A., Bélanger, R.R., 1994. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. **Phytopathology**, 84: 236-242.
- Coyne, D., Schuster, M., 1974, Differential reaction of pods and foliage of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to *Xanthomonas phaseoli*, **Plant Disease Reporter**, 58 (3), 278-282.
- Coyne, D.P., Schuster, M.L., 1976. Great Northern Star Dry Bean Tolerant To Bacterial Disease. **Hortscience**, 11 (6):621.
- Çakar, K., 2019. **Endofit Bakteriler ve Arbusküler Mikorizal Fungusun Biberde Bakteriyel Leke Hastalığı ve Bazı Bitki Gelişim Parametrelerine Etkisi**. (yüksek lisans tezi, basılmamış). Van YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Çakmakçı, R., 2005. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 36 (1): 97-107.

- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Dönmez, M.F., Erat, M., Kutlu, M., Sekban, R., Haznedar, A. 2012. Azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2): 176-181.
- Çetinkaya-Yıldız, R., Aysan, Y., 2014. Domates bakteriyel solgunluk hastalığının bitki büyüme düzenleyici kökbakterileri ile biyolojik mücadelesi. *Türk. Biyo. Muc. Derg*, 5 (1): 9-22.
- Dannon, E.A., Wydra, K., 2004. Interaction between silicon amendment, bacterial wilt development and phenotype of *Ralstonia solanacearum* in tomato genotypes. *Physiological and molecular plant pathology*, 64 (5):233-243.
- Darrasse, A., Bureau, C., Samson, R., Morris, C.E., Jacques, M.A., 2007, Contamination of bean seeds by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* associated with low bacterial densities in the phyllosphere under field and greenhouse conditions, *Eur J Plant Pathol*, 119: 203–215.
- Datnoff, L., Brecht, M., Kucharek, T., Trenholm, L., Nagata, R., Synder, G., Unruh, B., Cisar, J., 2005. Influence of silicon (Si) on controlling gray leaf spot and more in St. Augustine grass in Florida. *TPI Turf News*, 3 (2): 30-32.
- Datnoff, L.E., Rutherford, B.A., 2004. Effects of silicon of leaf spot and melting out in Bermuda grass. *Golf Cours Manage*, 5 (1): 89-92.
- De Curtis, F., De Cicco, V., Lima, G., 2012. Efficacy of biocontrol yeasts combined with calcium silicate or sulphur for controlling durum wheat powdery mildew and increasing grain yield components. *Field Crops Research*, 134: 36-46.
- Diogo, R.V., Wydra, K., 2007. Silicon-induced basal resistance in tomato against *Ralstonia solanacearum* is related to modification of pectic cell Wall polysaccharide structure. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 70 (4), pp.120-129.
- Duman, K., Soylu, S., 2019. Characterization of plant growth-promoting traits and antagonistic potentials of endophytic bacteria from bean plants against *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Bitki Koruma Bülteni*, 59 (3): 59-69.
- Erdinc, Ç., Ekincialp, A., Akköprü, A., Yıldız, M., Şensoy, S., 2018. Yaygın bakteriyel yanıklığa (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) dirençleri için Van gölü havzasından toplanan ortak çekirdeklerinin evrimi. *Uygulamalı Ekoloji ve Çevresel Araştırma*, 16 (4): 5181-5191.
- Ertekin, D.Ç., Çalış, Ö., Yanar, Y., 2016. Orta Karadeniz Bölgesi'nde *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* ve *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*'nin izolasyonu ve tanılanması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34 (1): 25-32.
- Fakhraei, D., 2015. *Endofitik Bakterilerin Hıyar Bitkilerinde Dayanırlılığı Uyarma Yoluyla Fusarium Solgunluğuna Etkisinin Araştırılması* (doktora tezi, basılmamış). Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Fauteux, F., Remus-Borel, W., Menzies, J.G., Belanger, R.R., 2005. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Letters*, 249:1-6.
- Fawe, A., Menzies, J.G., Cherif, M., Bélanger, R.R., 2001. Silicon and disease resistance in dycotiledons. In: *Datnoff LE Snyder GH Kordorfer GH (Eds) Silicon in Agriculture*. London, Elsevier Science, 159-169.
- Gedük, A., Baştaş, K.K., Kordali, Ş., Yılmaz, F., 2020. Effects of different boron compounds to bean common bacterial blight disease. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8; (Special Issue 1), 226-233.

- Gilbertson, R.L., Maxwell, D.P., 1992. Common bacterial blight of bean. Common bacterial blight of bean. 18-39.
- Glick, B.R., 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology*, **41** (2):109-117.
- Goto, M., 1992. Fundamentals of Bacterial Plant Pathology. Academic Pres, California, Inc, 635.
- Gökçe, A.Y., Kotan, R., 2016. Buğday kök çürüklüğüne neden olan *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.)'ya karşı PGPR ve biyoajan bakterileri kullanılarak kontrollü koşullarda biyolojik mücadele imkanlarının araştırılması. *Bitki Koruma Bülteni*, **56** (1): 49-75.
- Graham, P., Ranalli, P., 1997. Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Research*, **53**: 131-146.
- Hall, R., 1994. Compendium of Bean Diseases. APS Pres, St, Paul, Minnessota, 73.
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W.F., Kloepper, J.W., 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *J. Microbiol*, **43**: 895-914.
- Hardoim, P.R., Van Overbeek, L.S., Jan van Elsas, D., 2008. Properties of bacterial endophytes and their roposed role in plant growth. *Trends in Microbiology*, **16** (10): 463-471.
- Howard, R. J., Garland J.A., Seaman W.L., 1994. Diseases And Pests Of Vegatable Crops in Canada. The Canadian Phytopathological Society, Canada, 554.
- Hsieh, T.F., Huang, H.C., Erickson, R.S., 2005, Biological control of bacterial wilt of bean using a bacterial endophyte, *Pantoea agglomerans*, *J. Phytopathology*, **153**, 608-614.
- Ibrahim, H.I., Sallam, A.M., Shaban, K.A., 2015. Impact Of Irrigation Rates And Potassium Silicate Fertilizer On Seed Production And Quality Of Fahl Egyptian Clover And Soil Properties Under Saline Conditions. *American- Eurasian J. Agric. Environ. Sci*, **15** (7): 1245-125.
- Inanaga, S., Higuchi, Y., Chishalci, N., 2002. Effect of silicon application on reproductive growth of rice plant. *Soil Sci Plant Nutr*, **48** (3): 341-345.
- IRRI (International Rice Research Institute), 1965. Annual Report 1965. IRRI, Los Banos. Philippines.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M.N., Yakışır, E., Okur, O., (2014). Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, **12** (2): 1-19.
- Kaçar, B., 1984. *Bitki Besleme Uygulama Klavuzu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Ankara, 214.
- Kado, C.I. 1992. Plant pathogenic bacteria. In The prokaryotes. Edited by A. Balows, H.G. Triiper, M. Dworkin, W. Harder, and K.-H. Schleifer. Springer-Verlag, New York. 660-662.
- Karagöz, K., 2009. *Bazı PGPR Bakterilerin Marulun Gelişimi ve Marul Yaprak Leke Hastalığı Üzerine Etkileri* (yüksek lisans tezi). AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kim, S.G., Kim, K.W., Park, E.W., Choi, D., 2002. Silicon-induced cell Wall fortification of rice leaves: A possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. *Phytopathology*, **92**: 1095-1103.
- Kim, W.I., Cho, W.K., Kim, S.N., Chu, H., Ryu, K.Y., Yun, J.C., Park, C.S., 2011. Genetic Diversity of Cultivable Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Korea. *J. Microbiol. Biotechnol*, **21** (8): 777-790.

- King, E. O., Ward, M. K., Raney, D. E., 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescin. ***Translational Research***, **44** (2): 301-307.
- Kloepper, J. W., Tuzun, S., Liu, L., Wei, G. 1993. Plant growth-promoting rhizobacteria as inducers of systemic disease resistance. ***Pest Management: Biologically Based Technologies. American Chemical Society Books***, Washington, DC, 156-165.
- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., 1978, Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. Prov. IV Int. Conf. ***Plant pathol. Bacteria, Angers***, **2**: 879-882.
- Kloepper, J.W., Lifshitz, R., Zablotowicz, R. M. 1989. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. ***Trends in Biotechnology***, **7** (2): 39-44.
- Lelliott, R. A., Stead, D. E., 1987. ***Methods for The Diagnosis of Bacterial Diseases of Plants***. Blackwell Scientific Publications, UK.
- Lemanceau, P., Bossis, E., Latour, X., Gardan, L., 2000. The taxonomy of *Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*: current status and need for revision. ***Agronomie***, **20** (1): 51-63.
- Liang, Y., Sun W, Zhu YG., Christie P. 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. ***Environmental Pollution*** **147** (2): 422-428.
- Ligon, J.M., Hill, D.S., Hammer, P.E., Torkewitz, N.R., Hofmann, D., Kempf, H.S., Van Pee, K.H., 2000. Natural products with antifungal activity from *Pseudomonas* biocontrol bacteria. ***Pest Manag Sci***, **56**: 688–695.
- Lilley, A.K., Fry J.C., Bailey, M.J., Day, M.J., 1996. Comparison of aerobic heterotrophic taxa isolated from four root domains of mature sugar beet (*Beta vulgaris*). ***FEMS Microbiol Ecol*** **21**: 231–242.
- Linderman, R.G., 1996. Role of AM fungi in biocontrol. In mycorrhizae and plant health. Ed. FL Pleger and RG Linderman Symposium Series, ***APS Press***, 1-25
- Loué, A. 1986. Les Oligo-éléments en Agriculture. Agri - Nathan International, 43 Rue du Chemin- Vert, 75011, Paris.
- Lucas Garcia, J. A., A. Probanza, B. Ramos, N. Ruiz Palomino, F.J., Gutierrez Manero. 2000. Effects of inoculation with PGPR on seedling Growth of Different tomato and Pepper Varieties in Axenic Conditions. Fifth International PGPR Workshop, 29 October - 3 November, 2000, Cordoba Argentina.
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B.R., 2004. Applications of free living plant growthpromoting rhizobacteria. ***Antonie van Leeuwenhoek***, **86** (1), 1-25.
- Lugtenberg, B.J.J., Dekkers, L., Bloemberg, G.V., 2001. Molecular Determinants Of Rhizosphere colonization by pseudomonas. ***Annu. Rev. Phytopathol***, **39**:461–490.
- Ma, J.F., 1990a. Effect of silicon on growth and phosphorus uptake of rice. ***Plant Soil*** **126**: 115-119.
- Ma, J.F., 1990b. Effect of silicate acid on rice in a P-deficiend soil. ***Plant Soil***. **126**:121-125.
- Ma, J.F., 1991. Effect of silicic on phosphate availability for rice in a P deficient soil. ***Plant Soil***, **133**: 151-155.
- Ma, J.F., 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. ***Soil Science and Plant Nutrition***, **50** (1):11-18.
- Malenčić, D., Kiproviski, B., Popović, M., Prvulović, D., Miladinović, J., Djordjević, V., 2010, Changes in antioxidant systems in soybean as affected by Sclerotinia

- sclerotiorum (Lib.) de Bary, *Plant Physiology and Biochemistry*, **48**: (10-11), 903908.
- Malin, E., Roth, D., Belden, E., 1983, Indirect immunofluorescent staining for detection and identification of *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* in naturally infected bean seed. *Plant Disease*, **67** (6): 645-647.
- Miyake, Y., and Takahashi, E., 1983a. Effect of silicon on the growth of solution cultured cucumber plant. *Plant Nutr.* **29**: 71-83. Tokyo.
- Mirik, M., 2005. *Biberde Bakteriyel Leke Etmeni Xanthomonas axonopodis pv.vesicatoria'nın Tanınması ve Bitki Büyüme Düzenleyici Rizobakteriler ile Biyolojik Mücadele Olanakları*, (doktora tezi, basılmamış). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Naumann, K., Karl, H., 1985, On two bacterial plant diseases recorded for the first time in the GDR in leguminous crops. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR*, **39** (12): 244 246.
- Nywall, R.F., 1989. Field Crop Diseases Handbook. 2nd Edn. Van Nostrand Reinhold, New York, 817.
- Olur, Ü., 2019. *Tuzlu Ortamda Gelişen Bitkilerden İzole Edilen Endofit Bakterilerin Hıyar Bitkisinde Köşeli Yaprak Leke Hastalığı (Pseudomonas Syringae Pv. Lachrymans), Tuz Stresi ve Bitki Gelişimine Etkileri*.(Yüksek lisans tezi). Van YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Ongena, M., Duby, F., Rossignol, F., Fauconnier, M.L., Dommes, J. and Thonart, P., 2004, Stimulation of the Lipooxygenase Pathway Is Associated with Systemic Resistance Induced in Bean by a Nonpathogenic Pseudomonas Strain. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, **17** (9): 1009-1018.
- Opio, A., Teri, J., Allen, D.J., 1992, Assessment of yield losses caused by common bacterial blight of beans in Uganda, Annual report of the Bean Improvement Cooperative (USA), **35**: 113-114.
- Opio, A.F., Allen, D.J., Teri, J.M., 1996, Pathogenic variation in *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*, the causal agent of common bacterial blight in Phaseolus beans Plant Pathology: **Volume 45** (6): 1126-1133.
- Oral, E., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., Kulaz, H., 2020. Silisyumun Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Tuz (NaCl) Stresini Azaltmadaki Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, **23** (6), 1616-1625.
- Osdaghi, E., 2014, Occurrence of common bacterial blight on mung bean (*Vigna radiata*) in Iran caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, *New Dis Rep*, **30**, 9.
- Ozturk, M., Aksoy, H.M., (2018). Isolation and identification of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* and *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* causing disease in common bean producing areas. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, **33** (2): 105-115.
- Özdemir, S., 2002. Yemelik baklagiller. *Hasad yayıncılık*, 11-30s.
- Park, S.J., Rupert, T., Anderson, T.R., (1999): White mold: germplasm screening under various field conditions in Ontario. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative*, **42**: 51-52
- Parmar, N., Dadarwal, K.R., 2000. Pathogenic Suppressive Abilities of Rhizosphere Bacteria From Healthy Chickpea Plants. Fifth International PGPR Workshop, 29 October - 3 November, 2000, Cordoba-Argentina.

- Paulitz, T.C., 1991. Effect of *Pseudomonas putida* on the stimulation of *Pythium ultimum* by seed volatiles of pea and soybean. *Phytopathology*, **81**: 1282-1287.
- Podile, A.R., Kishore, G.K., 2006. *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*. 195–230p. (Eds) Gnanamanickam, S.S. Plant-Associated Bacteria, Springer, Netherlands. 712.
- Polanco, L.R., Rodrigues, F.A., Nascimento, K.J.T., Shulman, P., Silva, L.C., Neves, F.W., Vale, F.X.R., 2012. Biochemical aspects of bean resistance to anthracnose mediated by silicon. *Annals of Applied Biology*, **161**: 140-150.
- Preston, G. M., 2004. Plant perceptions of plant growth-promoting *Pseudomonas*. *The Royal Society, Issue 359*; 907-918.
- Qin, G.Z., Tian, S.P., 2005. Enhancement of biocontrol activity of *Cryptococcus laurentii* by silicon and the possible mechanisms involved. *Phytopathology* **95**, 69–75.
- Reynolds, K.L., Zanelli, M., Laurence, J.A., 1987. Effects of sulfur dioxide exposure on the development of common blight in fieldgrown red kidney beans. *Phytopathology*, **77** (2): 331-334.
- Rodrigues, F.A., Vale, F.X., Datnoff, L.E., Prabhu, A.S., 2003. Effect of rice growth stages and silicon on sheath blight development. *Phytopathology*, **93**(5):256-261.
- Rudolph, K., 1993. Infection of the plant by *Xanthomonas*. In *Xanthomonas* (Editor: J.G. Swings, E.L. Civerolo). Chaoman and Hall, London. 193-264.
- Ryan, R.P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D.J., Dowling, D.N., 2008. Bacterial endophytes: recent developments and applications. *FEMS Microbiology Letters*, **278** (1): 1-9.
- Sabaté, D.C., Brandan, C.P., Petroselli, G., Erra-Balsells, R., Audisio, M.C., 2017. Decrease in the incidence of charcoal root rot in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Bacillus amyloliquefaciens* B14, a strain with PGPR properties. *Biological Control*, **113**: 1-8.
- Saettler, A.W., 1991, Common bacterial blight. In: Hall R, ed. Compendium of Bean Diseases., St. Paul, USA: *APS Press*, 29-30.
- Samuels, A.L., Glass, A.D.M., Ehret, D.L., Menzies, J.G., 1991. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. *Plant Cell and Environment*, **14**: 485-492.
- Savant, N.K, Korndorfer, G.H., Datnoff, L.E., Snyder, G.H., 1999. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, **22** (12):1853-1903
- Savant, N.K., Snyder, G.H., Datnoff, L.E., 1997. Silicon management and sustainable rice production. Adv. Agron. *Academic Press, San Diego, CA, USA* **58**: 151-199.
- Schulz, B., Boyle, C., 2006. What are endophytes? Microbial Root Endophytes (Schulz BJE, Boyle CJC Sieber TN, eds), *Springer-Verlag*, Berlin, 1–13.
- Schuster, M.L., Coyne, D. P., 1981. Biology, Epidemiology, Genetics And Breeding for Resistance to Bacterial Pathogens of *Phaseolus vulgaris* L. *Horticultural Reviews*, **3**: 28-59.
- Schwartz, H.F., Galvez, G. E., 1980. *Bean Production Problems*. Columbia, 424.
- Schwartz, H.F., Gent, D.H., Franc G.D., Harveson R.M., 2007, Dry Bean, Disease, Common Bacterial Blight, High Plains IPM Guide, a cooperative effort of the University of Wyoming, University of Nebraska, Colorado State University and Montana State University.

- Seattler, A., 1989, The need for detection assay, ***Detection of bacteria in seed and other planting material***, 54 (3): 1-2.
- Shetty, R., Frette, X., Jensen ,B., Shetty, N.P., Jensen, J.D., Jørgensen, H.J.L., Newman, M.A., Christensen, L.P., 2011. Silicon-Induced changes in antifungal phenolic acids, flavonoids, and key phenylpropanoid pathway genes during the interaction between miniature roses and the biotrophic pathogen *Podosphaera pannosa*. ***Plant Physiology***, 157: 2194- 2295.
- Shtienberg, T., Elad, Y., 2002, Is it possible to cope with variability of biological control, IOBC/WPRS Bulletin, Seventh Meeting of the WG: Influence of A-Biotic and Biotic Factors on the Biocontrol **Agents, 22-25 May, Kuşadası, Turkey, 19.**
- Siddiqui, Z.A., 2006. Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens, Chap. 4. ***PGPR: Biocontrol and Biofertilization***. Springer, Dordrecht. 111-142.
- Sistani, K.R., Savant, N.K., Reddy, K.C., 1997. Effect of rice hull ash silicon on rice seedling growth. ***J. Plant Nut.*** 20: 195-201.
- Sigee, D.C., 1993. Bacterial Plant pathology Cell and Molecular aspect. ***Cambridge Univ. Pres***, 325.
- Silva, E.G., Moura, A.B., Deuner, C.C., Farias, D.R., 2008, Study of biocontrol mechanism of common bean blight by bacteria, ***Revista ceres***, 55 (5): 377-383.
- Simons, M., Van der Bij, A.J., Brand, I., de Weger, L.A., Wijffelman, C.A., Lugtenberger, B.J.J., 1996. Gnotobiotic system for studying rhizosphere colonization by plant growth promoting *pseudomonas* bacteria. ***Molecular Plant-Microbe Interaction***, 9 (7); 600-607.
- Sönmezalp, Ş., 1966, Fasulyelerde Önemli İki Bakteri Hastalığı (*Corynebacterium flaccumfaciens* ve *Xanthomonas phaseoli*), ***Bitki Koruma Bülteni***, Cilt:6, No:3, 103-106.
- Sturz, A. V., Nowak, J., 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. ***Applied soil ecology***, 15 (2): 183-190.
- Sülü, S.M., 2020. ***Karpuz Bakteriyel Fide Yanıklığı Hastalığının (Acidovorax Citrulli) Biyolojik Mücadelesinde Endofit ve Epifit Bakterilerin Etkinliklerinin Araştırılması***.(doktora tezi, basılmamış) MKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
- Sülü, S.M., Bozkurt, İ.A., Soylu, S., 2016. Bitki Büyüme Düzenleyici ve Biyolojik Mücadele Etmeni olarak Bakteriyel Endofitler. ***Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi***, 21 (1): 103-111.
- Takahashi, E., Ma, J.F., Miyake, Y., 1990. The possibility of silicon as an essential for higher plants. ***Comments Agricultural and Food Chemistry***. 2:99-122.
- Temür, G., 2016. ***Bazı Çeltik (Oryza Sativa L.) Çesitlerinde Silisyumun Verim, Verim Öğeleri ve Kaliteye Etkilerinin Belirlenmesi*** .(yüksek lisans tezi. basılmamış). OÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Tesfagiorgis, H.B., Lang, M.D., Annegarn, H.J., 2014. Evaluation of biocontrol agents and potassium silicate for the management of powdery mildew of zucchini. ***Biological Control***, 73: 8-15.
- Torres, J. P., Júnior, S., Maringoni, A. C., 2009, Detection of *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* in common bean seeds from the state of Paraná (Brazil), ***Summa Phytopathologica***, 35 (2), 136-139.

- Trujillo, G.E., Saettler, A.W., 1980, A liquid semi-selective medium for *Xanthomonas phaseoli* and *X. phaseoli* var. *fuscans*. **Michigan State University Agricultural Experiment Station Research Report**, 411:8.
- Tunçtürk, F., 2017. *Bazı kök bakterilerinin fasulyede (Phaseolus vulgaris L.) bakteriyel yanıklık (Xanthomonas axonopodis pv. phaseoli (Xap)) hastalığına etkilerinin araştırılması*. (yüksek lisans tezi, basılmamış) Van YYÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Tuzun, S., 2001. The relationship between pathogen-induced systemic resistance (ISR) and multigenic (horizontal) resistance in plants, **Eur. J. Plant Pathol.** 107: 85-93.
- Ünlü, S., ve Aysan, Y., 2011. Sardunya (*Pelargonium* spp.) bakteriyel yanıklık etmeni *Xanthomonas axonopodis* pv. *pelargonii*'nin biyolojik mücadelesi üzerine araştırmalar. **Türk. Biyo. Müc. Derg.** 2 (1): 25-38.
- Valladeres-Sanchez, N. E., Coyne, D. P. ve Suchuster, M. L., 1979. Estimation of The Number of Bean Genes Against *Pseudomonas phaseolicola* and The Level of Heritability. **Annu. Rep. Bean Improv. Coop.** 21: 55-57.
- Vauterin, L., Hoste, B., Kersters, K., Swings, J., 1995, Reclassification of *Xanthomonas*. **International Journal of Systematic Bacteriology**, 45 (3): 472-489.
- Vauterin, L., Hoste, B., Yang, P., Alvarez, A., Kersters, K., Swings, J., 1993, Taxonomy of the genus *Xanthomonas*, In: *Xanthomonas*, Eds: Springer, 157-192.
- Vessey Kewin, J., 2003, Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, **Plant and Soil** 255: 571-586.
- Vidaver, A., 2012, 1.5 *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*: Cause of Common Bacterial Blight of Bean, *Xanthomonas*, 40.
- Wu, J., Guo, J., Hu, Y., Gong, H., 2015. Distinct physiological responses of tomato and cucumber plants in silicon-mediated alleviation of cadmium stress. **Frontiers in Plant Science**, 6.
- Yang, J., Kloepper, J. W., Ryu, C. M. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. **Trends in Plant Science**, 14 (1): 124-130.
- Yıldız, A., 2009. Mikoriza ve arbusküler mikoriza bitki sağlığı ilişkileri. **Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 6 (1): 91-101.
- Zaumeyer, W. J., 1930, The bacterial blight of beans caused by *Bacterium phaseoli*, **Technical Bulletin**, 186, 34.



ÖZ GEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Siverekte, liseyi Diyarbakırda tamamladı. 2014 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bitki Koruma Bölümü'ne kayıt yaptırdı ve 2018 yılında lisans eğitimini tamamlayıp Ziraat Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. 2018 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilimdalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.





T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 04/06/2021

Tez Başlığı / Konusu: Silisyum Dioksit ve Bazı Endofit Bakterilerin Fasulyede Adi Yaprak Yanıklığı Hastalığına (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 47 sayfalık kısmına ilişkin, 04/06/2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13 (onüç) dür.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ruken ÇELİK

Öğrenci No: 18910001131

Anabilim Dalı: Bitki Koruma

Programı: Fitopatoloji

Statüsü: Y. Lisans ☒

Doktora ☐

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

(Unvan, Ad Soyad, İmza)