

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BİBERLERDE KÖK VE KÖKBOĞAZI YANIKLIĞI ETMENİ  
*PHYTOPHTHORA CAPSICI*'YE KARŞI FOSFİTLİ PREPARATLARIN  
ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Serkan BENLİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİTKİ KORUMA**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ŞUBAT 2022**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**BİBERLERDE KÖK VE KÖKBOĞAZI YANIKLIĞI ETMENİ  
*PHYTOPHTHORA CAPSICI*'YE KARŞI FOSFİTLİ PREPARATLARIN  
ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Serkan BENLİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİTKİ KORUMA**

**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ŞUBAT 2022**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİBERLERDE KÖK VE KÖKBOĞAZI YANIKLIĞI ETMENİ  
*PHYTOPHTHORA CAPSICI*'YE KARŞI FOSFİTLİ PREPARATLARIN  
ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Serkan BENLİ  
BİTKİ KORUMA  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 10/02/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Mürsel ÇATAL (Danışman)

Doç. Dr. Murat DİKİLİTAŞ

Doç. Dr. Edip BAYRAM

Mürşel Çatal  
Murat Dikilitaş  
Edip Bayram

## ÖZET

### BİBERLERDE KÖK VE KÖKBOĞAZI YANIKLIĞI ETMENİ *PHYTOPHTHORA CAPSICI*'YE KARŞI FOSFİTLİ PREPARATLARIN ETKİNLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Serkan BENLİ

Yüksek Lisans Tezi, Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mürsel ÇATAL

Şubat 2022; 26 sayfa

Ülkemiz ve dünyada biber yetiştiriciliği yapılan tüm bölgelerde gerek örtü altı gerekse açık alanlarda üretimi sınırlandıran en önemli faktörlerin başında toprak kökenli patojen *Phytophthora capsici*'nin sebep olduğu kökboğazı yanıklık hastalığı gelmektedir. *P. capsici* bitkilerde kök, kök boğazı, gövde ve meyve çürüklüklerine yol açarak ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu tez çalışmasında ilk defa potasyum, bakır, mangan, çinko, amonyum ve üre içerikli fosfitli formülasyonlar geliştirilmiştir. Bu fosfitli ürünler 100 (0,45 g/L), 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L)/100 L su veya dekara dozlarda *P. capsici*'nin misel gelişimi ile kök ve kök boğazı çürüklük hastalığına etkileri açısından laboratuvar (*in vitro*) ve iklim odası saksı (*in vivo*) çalışmalarında denenmiştir.

Laboratuvar denemelerinde fosfitlerin hepsi 400 ve 600 mL dozlarda *P. capsici*'nin misel gelişimi ve sporulasyonunu tamamen önlemişlerdir. Bakır, çinko ve amonyum fosfit en etkili preparatlar olmuştur. Bu fosfitler 200 mL hatta çinko fosfit patojenin misel gelişimini 100 mL dozda dahi oldukça yavaşlatmıştır.

Saksı denemelerinde potasyum fosfit, mangan fosfit ve çinko fosfit 200, 400 ve 600 mL, bakır fosfit ve amonyum fosfit 400 mL ve üre fosfit ise 600 mL dozlarda *P. capsici*'ye % 80 üzerinde etkinlik göstermişlerdir. Bakır fosfit 200 ve 600 dozlarda üre fosfit ise 400 mL dozlarda % 75 oranında etkili bulunmuşlardır. Amonyum fosfit 200 mL dozda %68 ve üre fosfit 200 mL dozda % 55 oranında etkili olmuştur.

Bu tez çalışmasının sonuçları farklı fosfit içerikli preparatların biberlerde *P.capsici*'ye karşı kullanılabilecek yeni etkili materyaller olma potansiyellerinin olduğunu göstermiştir. Bu çalışma ile potasyum dışında diğer fosfitli materyallerin biber ve diğer sebzelerde *P. capsici* başta olmak üzere diğer *Oomycetes* patojenlere bitkilerin fide döneminden başlayarak hem toprak hemde yeşil aksam uygulaması olarak kullanılabilme ihtimalinide ortaya çıkarmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Biber, fosfitli preparatlar, kök ve kökboğazı yanıklığı, *Phytophthora capsici*

**JÜRİ:** Doç.Dr. Mürsel ÇATAL

Doç. Dr. Murat DİKİLİTAŞ

Doç. Dr. Edip BAYRAM

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF THE EFFICACY OF PHOSPHITE-BASED FORMULATIONS AGAINST *PHYTOPHTHORA CAPSICI*, THE CAUSAL AGENT OF ROOT AND CROWN ROT IN PEPPERS

Serkan BENLİ

MSc Thesis in Department of Plant Protection

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mürsel ÇATAL

February 2022; 26 pages

*Phytophthora* blight caused by soil-borne *P. capsici* is one of the most important disease limiting pepper production in greenhouse and field around the world and in Turkey. The pathogen causes root, crown, stem and fruit rot diseases in pepper plants and hence serious economic losses. In this thesis study, first time phosphite formulations of potassium, copper, manganese, zinc, ammonium and urea was developed and produced. The phosphite products were tested at the doses of 100 (0,45 g/L), 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) and 600 mL (2,7 g/L)/100 L water or acre to determine their effects on the mycelial development of *P. capsici* and on the root and crown rot disease in laboratory (*in vitro*) petri plate and controlled growth room (*in vivo*) pot assays.

In the laboratory assays, all phosphites prevented mycelial development and sporulation of *P. capsici* at 400 and 600 mL doses. Copper, zinc and ammonium phosphites were the most effective products at these doses. These 3 phosphites decreased the mycelial growth of the pathogen tremendously at 200 mL doses. Zinc phosphite even reduced the mycelium growth significantly at 100 mL doses.

In the growth room assays potassium, manganese and zinc phosphite at 200, 400, 600 mL, copper and ammonium phosphite at 400 mL and urea phosphite at 600 mL were found to be over 80 % effective against *P. capsici*. Copper phosphite at 200 and 600 mL doses and urea phosphite at 400 mL doses were around 75 % effective. Ammonium phosphite and urea phosphite were effective %68 and 55 % respectively at 200 mL doses.

These results indicate that the phosphite formulations developed here have potential as new and efficient materials that could be used to control *P. capsici* in pepper production. The study also suggests that the phosphites other than potassium phosphite may be used as soil and foliar applications starting at the seedling stage to control *P. capsici* and other *Oomycetes* pathogens in pepper and other vegetables.

**KEYWORDS:** Pepper, phosphite formulations, root and crown blight, *Phytophthora capsici*,

**COMMITTEE:** Assoc. Prof. Dr. Mursel CATAL

Assoc. Prof. Dr. Murat DİKİLİTAŞ

Assoc. Prof. Dr. Edip BAYRAM

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışması kapsamında Biberlerde Kök ve Kök Boğazı Yanıklığı Etmeni *Phytophthora capsici*'ye fosfitli preparatların (mangan, bakır, çinko, potasyum, üre ve amonyum fosfit) etkileri belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasının yapılmasının her aşamasında yardımlarını esirgemeyen yönlendirici bilgi ve birikimleriyle bana ışık tutan, akademisyenliğindeki tecrübeleri ve hayatımı olumlu yönde etkilemesiyle değerli danışman hocam Doç. Dr. Mürsel ÇATAL'a,

Maddi ve manevi desteklerini yüksek lisans eğitimim boyunca esirgemeyen özellikle Ayhan KASAPOĞLU, Osman DİRİCAN ve Nevzat KAÇAR'a, ayrıca tüm Merkez Anadolu Kimya, Anamas Tohum ve Clone Kimya ailelerine,

Çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen, çalışmama özverili bir şekilde yardımcı olan değerli çalışma arkadaşım Seda ÇALIKOĞLU ve Merkez Anadolu Kimya Ar-Ge birimi ekibimize teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında yanımda olan sevgili aileme en içten duygularıyla teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
AKADEMİK BEYAN .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK TARAMASI .....	5
3. MATERYAL VE METOT .....	9
3.1. Materyal.....	9
3.1.1. Çalışma materyali hakkında bilgiler.....	9
3.2. Metot .....	9
3.2.1. Fosfitli preparatların geliştirilmesi ve üretimi .....	9
3.2.2. Biberlerden <i>P. capsici</i> izolasyonu .....	10
3.2.3. Laboratuvar denemeleri .....	10
3.2.4. Saksı denemeleri.....	11
3.2.5. Etkinlik değerlendirmeleri .....	12
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	14
4.1. Fosfitlerin <i>Phytophthora capsici</i> 'ye Laboratuvarında Etkinlikleri .....	14
4.2. Fosfitlerin <i>Phytophthora capsici</i> 'ye Saksı Denemelerinde Etkinlikleri.....	19
5. SONUÇLAR .....	23
6. KAYNAKLAR .....	24
ÖZGEÇMİŞ	

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Biberlerde Kök ve Kök boğazı Yanıklığı Etmeni *Phytophthora capsici*'ye Karşı Fosfitli Preparatların Etkinliklerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

10/02/2022

Serkan BENLİ





## SİMGELER VE KISALMALAR

### Simgeler

$\mu$ l : Mikrolitre (Bir litrenin milyonda bir hacmi, 1 l=1.000 mL=1.000.000 mikrolitre)

$^{\circ}$ C : Santigrad derece

% : Yüzde işareti

g : Gram

L : Litre

mm : Milimetre

mL : Mililitre

cm : Santimetre

Tezde kullanılan ondalık yazımlarda ondalık ayırıcı olarak virgül (,) kullanılmıştır.

### Kısaltmalar

PDA : Patates Dekstroz Agar

TSB : Tryptic Soy Broth

PDB : Patates Dekstroz Broth

SF : Seyreltme Faktörü

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

DI : Deiyonize su

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 3.1.</b> Kontrollü iklim odasında yapılan saksı denemeleri.....	11
<b>Şekil 3.2.</b> Genel görünüm .....	13
<b>Şekil 4.1.</b> Potasyum fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde <i>P.capsici</i> 'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; <b>a)</b> 100 mL; <b>b)</b> 200 mL; <b>c)</b> 400 mL; <b>d)</b> 600 mL; <b>e)</b> fosetyl-Al 200 mL; <b>f)</b> <i>P.capsici</i> sadece (pozitif kontrol).....	16
<b>Şekil 4.2.</b> Bakır fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde <i>P.capsici</i> 'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; <b>a)</b> 100 mL; <b>b)</b> 200 mL; <b>c)</b> 400 mL; <b>d)</b> 600 mL; <b>e)</b> fosetyl-Al 200 mL; <b>f)</b> <i>P.capsici</i> sadece (pozitif kontrol) .....	16
<b>Şekil 4.3.</b> Mangan fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde <i>P.capsici</i> 'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; <b>a)</b> 100 mL; <b>b)</b> 200 mL; <b>c)</b> 400 mL; <b>d)</b> 600 mL; <b>e)</b> fosetyl-Al 200 mL; <b>f)</b> <i>P.capsici</i> sadece (pozitif kontrol) .....	17
<b>Şekil 4.4.</b> Çinko fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde <i>P.capsici</i> 'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; <b>a)</b> 100 mL; <b>b)</b> 200 mL; <b>c)</b> 400 mL; <b>d)</b> 600 mL; <b>e)</b> fosetyl-Al 200 mL; <b>f)</b> <i>P.capsici</i> sadece (pozitif kontrol) .....	17
<b>Şekil 4.5.</b> Amonyum fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde <i>P.capsici</i> 'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; <b>a)</b> 100 mL; <b>b)</b> 200 mL; <b>c)</b> 400 mL; <b>d)</b> 600 mL; <b>e)</b> fosetyl-Al 200 mL; <b>f)</b> <i>P.capsici</i> sadece (pozitif kontrol) .....	18
<b>Şekil 4.6.</b> Üre fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde <i>P.capsici</i> 'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; <b>a)</b> 100 mL; <b>b)</b> 200 mL; <b>c)</b> 400 mL; <b>d)</b> 600 mL; <b>e)</b> fosetyl-Al 200 mL; <b>f)</b> <i>P.capsici</i> sadece (pozitif kontrol) .....	18
<b>Şekil 4.7.</b> Saksı denemeleri 7. gün görüntüsü.....	22

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 4.1.</b> Fosfitli preparatların laboratuvar petri kutusu denemelerinde <i>P.capsici</i> 'yi engelleme oranları.....	15
<b>Çizelge 4.2.</b> Fosfitli preparatların iklim odası saksı denemelerinde <i>P.capsici</i> 'ye etkinlikleri .....	21

## 1. GİRİŞ

*Solanaceae* familyasına ait bir sebze olan biberin (*Capsicum annuum*) Anavatani Meksika ve Orta Amerika'dır. Biber bitkisi Amerika kıtasının keşfinden sonra İspanya ve İngiltere başta olmak üzere tüm Avrupa ülkelerine yayılmıştır. Dünyanın çoğu yerinde yetişebilen biber; özellikle ılıman, tropik ve subtropik bölgelerde oldukça kaliteli ve verimli olarak üretilebilmektedir. Meyvesi tüketilen sebzeler içinde biber düşük kalori ve yüksek vitamin A ve C, folik asit ve lif içeriği bakımından da oldukça besleyici bir yapıdadır.

2018 yılı FAO verilerine göre; biber üretiminde Türkiye 2 milyon 500 bin ton ile Çin (18 milyon 214 bin ton) ve Meksika'dan ( 3 milyon 379 bin ton) sonra 3. sırada yer bulunmaktadır (FAO 2018).

Biber Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen ve tüketilen sebzelerin başında gelmektedir. 2021 TÜİK verilerine göre ülkemizin 31,8 milyon ton olan sebze üretimi içinde biber üretimi (salçalık, kapyra, dolmalık, sivri ve çarlistaon) 2,6 milyon ton ile domatesten sonra 2. sırada yer almaktadır. Biber 2021 yılında üretimi en çok artan (%11,9) sebze olmuştur. Toplam üretiminin yaklaşık % 91'i taze biber ve %9'u ise kuru biber üretimi oluşturmaktadır (TÜİK 2021).

Ülkemizde değişik çeşitleri ekilen biberin meyveleri taze veya işlenmiş (biber salçası, baharat veya turşu) olarak tüketilmektedir. Biber Ege, Marmara ve güney illerimizde biber salçası, kurutmalık veya toz/pul kırmızıbiber (baharat) üretiminde yetiştiricilik ve işleme aşamalarında yoğun insan emeğine ihtiyaç duyulması nedeniyle önemli bir istihdam kaynağıdır. Önemli biber üretici illerimiz arasında, Bursa, Samsun, İzmir, Hatay, Gaziantep, Kilis ve Kahramanmaraş yer almaktadır. Biber özellikle Antalya, Hatay ve Mersin illerinde örtü altında üretilmektedir (Güvenç 2020). Antalya'nın Demre ilçesi örtüaltı biber yetiştiriliğinde ilk sırada bulunmaktadır.

Dünyada ve Türkiye'de biber yetiştiriciliği yapılan tüm alanlarda karşılaşılan biber sağlığı problemlerinin başında, biberde kök ve kökboğazı yanıklığı veya çürüklüğü etmeni olan *Phytophthora capsici* gelmektedir. Bulunduğu ülkelerde bu hastalık mildiyö, kök çürüklüğü, siyah çürüklük, dip çürüklüğü, yanıklık, kök boğazı yanıklığı olarak da bilinmektedir. (Chupp ve Sherf 1960). *P.capsici* ilk olarak, 1922'de Leonian tarafından biberlerde hastalık etmeni olarak (özellikle gövde ve meyvelerde) tanımlanmıştır.

Biber kök ve kökboğazı yanıklığına sebep olan *Oomycetes* etmen *P. capsici* oldukça geniş bir konukçu aralığına sahiptir. Hastalık etmeni özellikle *Solanaceae* (biber, patlıcan, domates), *Cucurbitaceae* (kavun, kabak, hıyar) ve *Leguminaceae* familyalarındaki bitki türlerinde hastalık yapmaktadır. *P. capsici* bitkilerde kök, kök boğazı, gövde ve meyve çürüklüklerine yol açmaktadır. Özellikle biberlerde sebep

olduğu kök boğazı yanıklığı veya çürüklüğü çok ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Ülkemiz ve dünyada biber yetiştiriciliği yapılan tüm bölgelerde gerek örtü altı gerekse açık alanlarda üretimi sınırlandıran en önemli faktörler başında gelen toprak kökenli patojen *P.capsici*'nin sebep olduğu kökboğazı yanıklığı hastalığı biberlerden sonra 1930'lu yıllarda *Cucurbit*lerde (salatalık ve kabak başta olmak üzere) tespit edilmiştir. 1980'li yıllara kadar sporadik olarak görülen hastalık bundan sonra çok hızlı bir yaygınlık göstermiş özellikle biber ve kabaklarda çok ciddi kayıplara ve çoğu zaman tüm ürünün kaybedilmesine neden olmuştur.

Ülkemizde ise *P.capsici* ilk defa 1974 yılında Orta Anadolu bölgemizde yetiştirilen biberlerde tespit edilmiş ve sonraki yıllarda tüm bölgelerdeki ekim alanlarına yayılmıştır. Hâlihazırda bu hastalık Antalya bölgesi örtü altı ve tarla ekim alanlarında zaman zaman ciddi kayıplara sebep olmaktadır. Biberlerin bölgedeki en önemli sorunu olan bu hastalık özellikle fide devresinde çok yıkıcı olmakta ve bazı üretim yerlerinde biberlerin sökülüp yerine başka bitki dikilmesine sebep olmaktadır. Bu hastalıkla mücadelede kültürel tedbirler ve bazı üretim uygulamaları dışında etkin bir yöntem ve ruhsatlı herhangi bir preparat bulunmamaktadır. Tropik bölgelerde hastalığın ortaya çıkardığı yapraklardaki yanıklık ve meyve çürüklüklerine karşı çeşitli kimyasallar etkili olabilirken kök ve kök boğazı yanıklık ve çürüklüklerine karşı etkili, kolay uygulanabilecek ve ekonomik bir yöntem bulunmamaktadır (Walker ve Bosland, 1999).

*Oomycetes*lerin sebep olduğu hastalıklarda çoğunlukla Fenilamid gubu içinde yer alan asilalaninli bileşikler (benalaxyl, furalaxyl ve metalaxyl) kullanılmaktadır. Bu kimyasal fungusitlerin kullanılması hastalık etmenlerinin zamanla dayanıklılık göstermesine ve etkilerinin azalmasına sebep olmaktadır. (Delen ve Yıldız, 1984; Lamour ve Hausbeck, 2000; Lamour ve Hausbeck, 2001).

Fosfitlerin *P. capsici*'ninde içinde olduğu *Oomycetes* etmenlerin sebep olduğu hastalıkları kontrol etmede etkili olduğu bilinmektedir (Deliopolus ve ark. 2010). Fosfitler fosforoz asitin ( $H_3PO_3$ ) alkali metal tuzlarıdır ve  $H_3PO_4$  den elde edilen fosfatlarla karıştırılmamalıdır. Fosfitler  $K^+$ ,  $Na^+$  or ammonium,  $NH_4^+$  gibi bir metal kation ve fosfit ( $PO_3^{-3}$ ), hidrojen fosfit ( $HPO_3^{-2}$ ) yâda iki hidrojen fosfit ( $H_2PO_3^-$ ) gibi metalik olmayan anyonlardan herhangi birini içermektedir.  $H_3PO_3$  su ile reaksiyona girince oldukça asidik olan fosfonik asidi oluşturmaktadır. Fosfonik asit potasyum hidroksit ile (KOH) nötürleştirilince potasyum iki hidrojen fosfit ( $KH_2PO_3$ ) veya iki potasyum hidrojen fosfiti ( $K_2HPO_3$ ) meydana getirmektedir. Bu iki bileşik birçok fungusit ve gübrenin aktif maddeleridir (Landschoot ve Cook, 2005). Fosforoz asitin ( $H_3PO_3$ ) inorganik tuzları literatürde değişik isimlerle bilinmektedir. Fosfitler (phosphites) ve fosfonatlar (phosphonates) en yaygın kullanılan isimleridir. Bununla birlikte ortofosfitler (orthophosphites) ve fosfonik asit (phosphonic acid) veya fosforoz asit (phosphorous acid) bileşikleri olarakta adlandırılırlar. Hardy vd. (2001) fosfit

teriminin kullanılmasının fosforoz asitin ( $H_3PO_3$ ) inorganik tuzlarını fosfonatlardan açık bir şekilde ayırdığını vurgulamışlardır. Çünkü fosfonatlar P iyonuna bağlı bir organik grup içermektedir ve buda geleneksel kimyasal fungusitlerde bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan böyle bir birleşik olan fungusit fosetyl-Al (Aluminium tris O-ethyl phosphonate) bitki içinde fosfonata (fosfit) iyonize olmaktadır. Fosetyl-Al sistemik olarak yapraklardan köke ve kökten yapraklara hareket etmektedir ve bu sebeple bitkilerin hem yeşil aksamı hem de köklerinde görülen fungal patojenlere karşı kullanılmaktadır. (Cohen ve Coffey, 1986). Fosfitlerin fosfatlara göre avantajı fosfitlerin fungus üzerinde doğrudan toksik etki yapmasıdır. Fosfitlerin bir yan etkisi yüksek 5 g/L veya 3,6 kg/da aşan dozlarda kullanıldığında bitkilerde oldukça yüksek fitotoksite riski taşımalarıdır (Hardy vd. 2001 ve Barrett vd. 2003).

Fosfitlerin tarımda kullanımı daha çok bitki beslemeden ziyade öncelikle bitki hastalıklarına karşı etkileri bakımından araştırılmıştır. Gübre olarak kullanımı eğer fosfitler toprağa uygulanır ve bunları fosfolara çeviren çok özel bakterilerle temas ederse mümkün olabilmektedir. Bununla birlikte bu süreç çok yavaştır, tamamlanması 4 ay sürebilmekte ve bu yüzden pratikte önemi yoktur. Fosfitlerin uygulanması bitkilerin *Oomycetes* funguslar tarafından meydana getirilen hastalıklara karşı hassasiyetini azalmaktadır. Fosfitler özellikle *Phytophthora*, *Phythium*, *Plasmopora* vb. cinsler içindeki hastalık etmenlerine karşı etkilidirler. Fosfitlerin tedavi edici özelliklerinin olması ile beraber daha ziyade önleyici amaçla kullanıldıklarında daha etkili olmaktadır. Fosfitlerin uygulama şekli bitki-patojen iklesine göre farklılık gösterir ama en yaygın yeşil aksam şeklinde uygulanmalarıdır. Fosfitler bitkilerin topraklarına karıştırma, köklerin daldırılması, gövdeye enjekte edilme, damla sulama, tohum uygulaması, hidroponik besin solüsyonlarına karıştırma ve düşük hacim sis uygulaması şeklinde kullanılabilir (Deliopoulos ve ark.2010).

Fosfitlerin etki şeklide araştırmacılar arasında uzun zamandır tartışma konularından biri olmuştur. Görünen o ki fosfitler gerçek funguslar ve *Oomycetes*lere karşı karmaşık bir etki şekline sahipler. Fosfitler fungal sporulasyonu önleyerek ve misel gelişimini yavaşlatarak doğrudan etkili olurken bitkilerin savunma mekanizmalarını da hızlı ve güçlü bir şekilde harekete geçirerek dolaylı etki yapmaktadır. Bu karmaşık etki mekanizması fungusların fosfitlere karşı dayanıklılık geliştirmesini sınırlamaktadır (Brunnings vd. 2005; Delipolus vd. 2010)

Dünyanın biber üretimi yapılan bazı ülkelerinde yürütülen az sayıda çalışma bazı fosfit içerikli materyallerin *P.capsici*'yi kontrol etmede umut vaat ettiğini bildirmiştir. Förster vd. (1998) biberlerde fosfitli preparatların *P.capsici*'nin sebep olduğu kök çürüklüğü görülme sıklığını ve şiddetini azalttığını tespit etmişlerdir. Abbasi vd. (2011) fosfit içeren formülasyonunun uygulanmasının salatalık fidelerinde *Phytophthora* kök çürüklüğünü ve dolmalık biberlerde *Phytophthora* yanıklık sıklığını önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Gilardi vd. (2020) potasyum fosfitin değişik oranlarda ve farklı sayıda uygulamada hidroponik ortamda yetiştirilen kabak

bitkilerinde *Phytophthora capsici*'nin hastalık şiddetini önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Gilardi vd. (2021) ve Bellini vd. (2021) potasyum fosfitin biberlerde *P.capsici*'yi baskı altında tutmada etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Ülkemizde ise fosfitli preparatların *Oomycetes*ler ve özellikle *P.capsici* üzerine etkisi konusunda hangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışması ile ülkemiz ve bölgemizde ilk defa bir tarım şirketi bünyesinde geliştirilen farklı fosfitli preparatların (potasyum fosfit, bakır fosfit, mangan fosfit, çinko fosfit, amonyum fosfit ve üre fosfit.) yanıklık veya kök ve kökboğazı çürüklüğü etmeni *P.capsici*'yi kontrol etme veya baskı altında tutmadaki etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada özellikle fide devresinde yapılan fosfitli preparat uygulamalarının hastalık etmeni üzerine etkisi laboratuvar ve saksı denemeleri ile belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. KAYNAK TARAMASI

Förster vd. (1998) fosfor besleme kaynakları olarak fosfat veya teknik ve ticari fosfit formülasyonlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri ve *Phytophthora* kök çürümesine karşı duyarlılıklarını belirlemek için domates ve biber bitkilerini bir serada hidroponik kültürde yetiştirmişlerdir. Fosfit uygulanan domates ve biber bitkilerinin fosfat bakımından eksiklik gösterdiğini ve fosfor noksanlığı belirtileri geliştirdikleri görülmüştür. Fosfitle gübrelenen bitkilerin büyümesi (yaprak alanı ve yaprak, gövde ve kök kuru ağırlıkları), fosfatla gübrelenen bitkilere kıyasla önemli ölçüde ( $P < 0.05$ ) azalmıştır. *Phytophthora capsici* ile enfekteli biber bitkilerinde, *Phytophthora* kök çürüklüğü görülme sıklığı (insidans), fosfit ile muamele edilmiş bitkilerde fosfor veya fosfat uygulanmamış bitkilere kıyasla önemli ölçüde azalmıştır. 1 mM fosfat+0,3 mM fosfit uygulanmış biber bitkilerinde kök boğazı çürüklüğü görülme sıklığı sadece fosfit (1 mM veya 0,1 mM) ve fosfat (1 mM) uygulanmışlar arasında bulunmuştur.

Cooke ve Little (2002) yaptıkları sera çalışmasında potasyum fosfiti ( $KH_2PO_3$ ) 3,5 g/L 7 gün aralıklar ile 2 defa yapraktan uyguladıklarında patates yumrularında geç yanıklık (*Phytophthora infestans*) hastalığını fosfit uygulanmayan yumrulara göre önemli ölçüde azaltmışlardır.

Oren ve Yogev (2002) Fosfitlerin Avusturalya' nın birçok yerli bitki türünde geriye doğru ölüm (*Phytophthora cinnamomi*) ve iki turunçgil bitkisinde kahverengi çürüklük (*Phytophthora citrophthora*) hastalıklarına etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Johnson vd. (2004) değişik fosfit tuzları (monobazik and dibazik Na, K and  $NH_4$  fosfit % 53,6) içeren Phostrol adındaki bir ürünü *P.infestans*'ın yumrularında sebep olduğu çürüklüğe karşı tarla şartlarında denemişlerdir. Phostrol sunni olarak *P. infestans* ile inoküle edilip dikilen patates yumrularında hastalık görülme sıklığı ve şiddetini gözlemlemenin yapıldığı 24 durumdan 23'ünde büyük ölçüde azaltmıştır. Bu ürün 2 defa uygulandığında yumru çürüklük sıklığında ve hastalık şiddetinde sırasıyla ortalama %67 ve %87 ve 3 defa uygulandığında ise %88 ve %91 oranında azalmaya sebep olmuştur. Bu ürün uygulamaların yaklaşık 1/3'ünde *P.infestans*'a karşı %100 koruma sağlamıştır. Phostrol üstten uygulandığında (9,37 kg hektar ) patateslerde pembe çürüklük (*Phytophthora erythroseptica*) hastalık şiddetini %54 oranında engellemiştir.

Abbasi ve Lazarovits (2005) *Pythium ultimum* bulaştırılmış değişik topraklara  $KH_2PO_3$  içeren bir ürünü (AG3 fosfanat çeşitli konsantrasyonlarda: 0,035:0,280% a.s. v/m) dikim öncesi toprağa karıştırdıklarında veya dikim sonrası bitkinin etrafındaki toprağa uyguladıklarında hıyar fidelerinde çökerten hastalığını kontrollü çevre, sera ve tarla çalışmalarında etkili bir şekilde baskıladığını bildirmişlerdir. Yüzde hastalık kontrolü fosfitli ürünün artan konsantrasyonları ile daha çok gelişmiş ve % 34 ve % 100 arasında olmuştur.

Dorn vd. (2007) aktif maddesi  $H_3PO_3$  olan Robust isimli fosfitli bir preparatı laboratuvar koşullarında %1 oranında uyguladıklarında *P.infestans*'ın sporangium çimlenmesini ve misel gelişimini tamamen önlediğini görmüşlerdir. Bu fosfitli preparat



kontrollü iklim odası koşullarında 2 haftalık domates fidelerine üstten püskürtme ile verildiğinde kontrollere kıyasla % 74 oranında *P.infestans*'a karşı koruma sağlamıştır.

Deliopolus vd. (2010) fosfit tuzlarının *Pythium ultimum*-salatalık, *Phytophthora cinnamomi*-bakla ve *Phytophthora nicotiana* gibi farklı patojen-bitki sistemlerinde birçok toprak kökenli patojenlere karşı etkili olduğunu göstermiştir.

Abbasi vd. (2011) yaptıkları çalışmada AG3 fosfonat formülasyonunun salatalık (*Cucumis sativus* L.) fidelerinin *Phytophthora* kök çürüklüğünü veya dolmalık biber (*Capsicum annuum* L.) bitkilerinin *Phytophthora* yanıklığını baskılamadaki etkinliğini torf içerikli bir karışımda belirlemişlerdir. *P.capsici* ile enfekteli torf bazlı bir karışımda, AG3 fosfonat uygulamasının ekim öncesi veya ekim sonrası toprağa uygulanması (%0,05, %0,1 ve %0,2 a.i.) ve tohumların 10 dakikalık ıslatılması uygulamasının (%10,45 a.i.), sağlıklı salatalık fidelerinin yüzdesini önemli ölçüde artırmıştır ve *P.capsici* kök çürüklüğü şiddetini azaltmıştır. Tohum ıslatma ve %0,2 uygulamaları, yüksek *P. capsici* inokulum seviyeleri ile bulaştırılmış torf kökenli bir karışımda bile, salatalığın ve kök çürüklüğünü sürekli olarak baskılayan en etkili tedavi olarak belirlenmiştir. Salatalık bitkilerinde hastalık şiddeti de AG3 fosfonat uygulamalarında önemli ölçüde azalmıştır. Hem dolmalık biberlerde hem de salatalıklarda artan AG3 fosfonat konsantrasyonları ile hastalık koruması, herhangi bir fitotoksisite olmaksızın artmıştır.

Ganke vd. (2012) *P.capsici*'nin biyolojisi, konukçu çeşitliliği, yaygınlaştırılması ve mücadelesi üzerinde çalışmışlardır. *P. capsici*'nin, duyarlı konukçularında yaprak dökülmesine, solmasına, ayrıca kök, gövde ve meyvelerde çürümeler yaparak ekonomik kayıplara neden olduğunu, yine aynı hastalık etmeninin, kabak ve biber gibi bitkilerde de her yıl görüldüğünü belirtmişlerdir. Belirtilerinin arasında, bazı çeşitlerde çok önemli olan bodurluk veya bitkinin herhangi bir organında yara dokusunun olmasının, *P. capsici*'nin üretimde sınırlayıcı olduğunun en önemli işaretlerinden biri olduğunu savunan araştırmacılar, hava şartlarının patojen için elverişli olduğu zaman, yetersiz bir entegre yönetim planının uygulanmasının patojenin kontrol etmediğini tespit etmişlerdir. Patojen ile mücadele yönetimi, topraktaki oosporların ve geniş bir konukçu aralığının mevcudiyeti, sulamada kullanılan yüzey suyundaki patojenin uzun mesafeli hareketi ile sınırlı olduğu vurgulanmıştır. Hastalığın artmasının en önemli nedenlerinden birinin de, pazarda kabul gören dirençli konukçu çeşitlerinin olmamasına bağlayan araştırmacılar, *P. capsici*'nin süs bitkileri ve çeşitli bitki familyalarına ait yerel genotipler de dâhil olmak üzere laboratuvar ve sera koşulları altında çok sayıda konukçu bitkiyi enfekte ettiğini saptamışlardır.

Gilardi vd. (2020) 5 biyokontrol ajanı (BCA) ve potasyum fosfitin değişik oranlarda ve farklı sayıda uygulamada hidroponik olarak yetiştirilen kabak bitkilerinde *Phytophthora capsici*'yi kontrol etme etkinliklerini belirlemek için test etmişlerdir. İlk deneme dizisinde, çeşitli deneysel biyokontrol ajanları (*Trichoderma* sp. TW2, *Pseudomonas* FC7B, FC8B, FC9B, *Fusarium solani* FUS25 ve *Pseudomonas* sp. PB26) ve *Trichoderma gamsii* + *T. asperellum* (Remeider) 'nin ticari bir formülasyonu kabak fide ekimin den 5-7 gün önce ve ekimden sonra 5 günlük aralıklarla daha önceden sunni olarak patojen ile bulaştırılmış torf topraklara uygulamışlardır. BCA'lar potasyum fosfit kökenli bir gübre ile karşılaştırılmıştır. İkinci bir deneme dizisinde, potasyum fosfit

gübreli ya yetiştirme ortamına doğrudan veya patojenle bulaştırılması sırasında ve fidelerin dikiminden 5-7 gün önce başlayarak bir besin solüsyonu içinde her 6 günde bir olmak üzere uygun oran, tipi ve uygulama sayısını belirlemek için uygulanmıştır.

Gilardi vd (2020) yaptıkları çalışma sonuçlarına göre potasyum fosfit, kabakların *Phytophthora* kök ve kökboğazı yanıklığını %62-94 oranında azaltarak, deneysel BCA'ları tek başına veya karışım halinde kullanarak elde edilenlere ve *Trichoderma gamsii* + *T. asperellum* formüllü karışıma (hastalık şiddetinde %29-47 oranında azalma) göre daha tutarlı hastalık şiddeti azalması sağlamıştır. En yüksek oranda tek potasyum fosfit uygulaması üç defa uygulamadan daha az etkili bulunmuştur. Potasyum fosfit, daha önceden patojen ile muamele edilmiş bir yetiştirme ortamına veya besin çözeltisi yoluyla 3-6 defa uygulandığında, farklı hastalık baskısı altında (%48-79 oranında) *Phytophthora* kök ve kökboğazı yanıklığı şiddetini istikrarlı bir şekilde azaltmıştır. Bu da böylece yetiştiricilere topraksız yetiştirilen kabaklarda *P. capsici*'yi kontrol etmek için önemli bir fırsat sağlamıştır.

Gilardi vd. (2021) bitkilerde dayanıklılığı tetikleyiciler (tek başına veya kombinasyon halinde kullanılan K-fosfit ve K-silikata dayalı materyaller) ve deneysel biyokontrol ajanlarının (*Trichoderma* sp. TW2, a *Pseudomonas* FC 7B, FC 8B ve FC 9B, *Fusarium solani* FUS25, *Pseudomonas* sp. PB26) karışımı ve *Trichoderma gamsii* + *T. asperellum*'un ticari formülasyonunu tatlı biberde *Phytophthora capsici*'nin neden olduğu hastalıklara karşı uygulamışlardır. Ürünler üç farklı protokol kullanılarak uygulanmış ve *Phytophthora* gövde ve kök çürüklüğü (% ölü bitki), hastalık gelişimi (hastalık ilerleme eğrisi altındaki alan; AUDPC) ve bitki taze ağırlıkları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Potasyum fosfit, doğrudan standart P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O, 1,30 + 1,05 g L-1) ve yarı standart oranlarda, yetiştirme ortamına veya besin çözeltisi yoluyla ve torf bitki yetiştirme ortamının *P. capsici* ile bulaştırılmadan önce, en iyi sonucu vermiştir. Bu ürünler ayrıca, besin yoluyla uygulandığında ölü bitki oranlarını standart orandan %47 ve yarı standart oranda %62 oranında azaltmıştır. K-silikat tek başına %20-23 etkinlikle ölü bitki yüzdesini kısmen azaltmıştır. K-silikat fosfit ile kombinasyon halinde uygulandığında hastalık kontrolünde hiçbir gelişme gözlenmemiştir, K-silikat tek başına veya K-fosfit ile kombine edildiğinde, tedavi edilmeyen kontrollere kıyasla hastalık gelişimini azaltmıştır. Önleyici olarak uygulanan biyokontrol ajanları (BCA'lar), *Trichoderma asperellum* + *T. gamsii*'nin ticari karışımından elde edilenlere benzer veya daha iyi sonuçlarla *Phytophthora* gövde ve kök çürüklerini azaltmıştır.

Bellini vd. (2021) *Phytophthora capsici*'nin biber yetiştiriciliğinde doğru yönetiminin son derece önemli olduğunu çünkü *Phytophthora* yanıklığının bu bitkinin dünya çapındaki ana hastalığı olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışmada, önceki çalışmalardan seçilen üç farklı uygulamayı (potasyum fosfit, kalsiyum oksit ve *Trichoderma* sp. TW2 ile zenginleştirilmiş komposttan bir su süspansiyonu), biberde *P. capsici*'ye karşı sistemik kazanılmış direnci (SAR) aktive etme yeteneklerini kanıtlamak için test etmişlerdir; asibenzolar-s-metil pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Kontrole kıyasla bu uygulamaların yapıldığı tüm bitkilerde yaprak lezyonlarında önemli azalmaya sebep olmuştur. Bu hipotezi daha da doğrulamak için, üç SAR anahtar geninin (CaPBR1, CaPO1 ve CaDEF1) ekspresyon seviyeleri, üç son nokta zamanında RT-Real Time PCR aracılığıyla değerlendirilmiştir: T0, T6 ve T24. Muamele edilen her bitkide en az bir son nokta zamanında hedef gen ekspresyonunda önemli bir artış

gözlemlenmiştir. Sonunda, HPLC-MS/MS analizi yoluyla, aynı son nokta zamanlarında üst yapraklarda istatistiksel olarak aşırı salisilik asit birikimi gözlemlenmiştir. Bu çalışma, test edilen üç uygulamanın bitki bağışıklık sistemini hazırlama yeteneğine sahip olduğu ve biberin *P. capsici*'ye karşı daha iyi bir savunma sağlayabilecek bir uyarı durumuna yol açtığı hipotezini doğrulamıştır. Araştırmacılar kısaca kalsiyum oksit, potasyum fosfit ve *Trichoderma* ile zenginleştirilmiş kompost su süspansiyonunun bağışıklık sistemini kullanıma hazırlayarak biberleri *P.capsici*'ye karşı korumakta olduğunu bildirmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında biber fideleri, biber kök ve kökboğazı fungal hastalık etmeni *Phytophthora capsici*, farklı tipte fosfitler, plastik saksılar, torf + toprak karışımı, fungus kültür besiyerleri ve laboratuvar malzemeleri kullanılmıştır. Bu tez araştırmasının laboratuvar çalışmaları ve denemeleri, Merkez Anadolu Kimya firmasına ait araştırma laboratuvarında ve saksı denemeleri ise Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde bulunan kontrollü iklim odalarında gerçekleştirilmiştir.

#### 3.1. Materyal

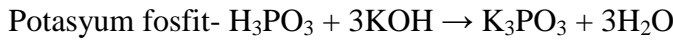
##### 3.1.1. Çalışma materyali hakkında bilgiler

Çalışma kapsamında yapılan denemelerde Antalya Anamas Tohum Ltd. Şti. firmasına ait tek ekim ve sera yetiştiriciliğine uygun, *P.capsici*'ye hassas ve TSWV'ya dayanıklı Atom F1 şili biber çeşidi kullanılmıştır. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen biberden elde edilmiş bir *P. capsici* izolatı da karşılaştırma için çalışmalarda kontrol olarak kullanılmıştır. Biber fidelerinin yetiştirilmesi için sterilize edilmiş toprak+torf, plastik saksılar, besi yerleri de diğer materyaller içinde yer almaktadır.

#### 3.2. Metot

##### 3.2.1. Fosfitli preparatların geliştirilmesi ve üretimi

Bu çalışmada kullanılan 6 farklı tipteki fosfitli (phosphite) preparatlar Merkez Anadolu Kimya laboratuvar ve üretim imkânları kullanılarak geliştirilmiş ve üretilmiştir. Bu fosfitlerin elde edilme formülleri aşağıdadır;



Elde edilen fosfitler yaklaşık % 45 (450 g/L) civarında aktif madde içermektedirler. Bu fosfitli formülasyonlar laboratuvar ve saksı koşullarında 100 (0,45 g/L), 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L)/100 L suya veya dekara olacak şekilde kullanılmışlardır. Bu dozlar fosforoz asit ve fosfitli içerikli fungusit, gübre ve diğer materyallerin tarla ve sera koşullarında tavsiye edilen uygulama aralığındaki miktarlardır.

### 3.2.2. Biberlerden *P.capsici* izolasyonu

*P.capsici*'nin izolasyon çalışmalarında ortam olarak patates dekstroz agar (PDA) kullanılmıştır. 39 g PDA ve 1000 mL saf su içinde 121°C 15 dk sterilize edilip petri kaplarına hepafiltreli steril kabin içinde dökülmüştür. PDA besi ortamına sıcaklık 45-50 °C iken bakteri gelişimini engellemek için 50-100 mg/L oranında streptomycin ilave edilmiştir. Hastalıklı kök ve kökboğazı yanıklığı veya çürüklüğü gösteren biber örnekleri toplanarak buz kutusu içerisinde laboratuvara getirilmiştir. Bu örneklerin hastalık belirtisi gösteren kök, kök boğazı ve göve arke kısımlarından parçalar alınarak %3 sodyum hipoklorit içerisinde 5 dk bekletilerek yüzey sterilizasyonları gerçekleştirmiştir. Daha sonra steril edilmiş bu parçaların önceden hazırlanmış PDA besi yeri içeren petri kaplarına 5-6 parça gelecek şekilde ekim yapılmıştır. Ekim yapılmış petri kapları 24 ± 2 °C' de inkübasyona bırakılmıştır. 4-5 gün sonra *Phytophthora capsici*' ye benzer koloniler seçilerek aynı besi yerinde saf kültürler elde edilinceye kadar alt kültürlerle alınmıştır. Elde edilen bu izolatlar ışık mikroskobu altında incelenerek misel gelişimi ve sporulasyonları gözlemlenmiştir. Yine bu petriler 4 ± 1°C' de (buzdolabında) 1 saat bekletilerek sporangiumların içinde zoospor oluşumu incelenerek *P.capsici* izolatları elde edilmiştir. Bu izolatlar % 30'luk gliserin ve distile su içerisinde -86 °C'de muhafaza edilmiştir (Konukoğlu 2007). Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen biberden elde edilmiş bir *P.capsici* izolatıda kontrol olarak çalışmalarda kullanılmıştır.

### 3.2.3. Laboratuvar denemeleri

Fosfitli preparatların *P. capsici*'nin misel ve sporulasyonu üzerine etkisi laboratuvar (*in vitro*) koşullarda petri kutularında yapılan denemeler ile belirlenmiştir. Bu amaçla PDA besi ortamı 121 °C 30 dk. otoklavda steril edilmiştir. Sterilize edilmiş PDA ortamı 45-50 °C'ye kadar soğutulduktan sonra değişik fosfitli preparatlar 4 farklı dozda 100 (0,45 g/L), 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L)/100 L suya veya dekara miktarlarda PDA ya ilave edilerek iyi bir şekilde karışım sağlandıktan sonra steril plastik petri kaplarına dökülmüştür. PDA ortamı donduktan sonra her bir petrinin ortasına 5 mm çapında 7-10 günlük yine PDA üzerinde geliştirilen *P.capsici* kültürlerinden alınan diskler yerleştirilmiştir. Ruhsatlı ticari Fosetyl-Al (Fosalin) ve Mancozeb (Dikotan M-45) etkili maddeye sahip fungusitler denemelerde kıyaslama amacıyla kontrol olarak kullanılmıştır. İçine hiçbir fosfitli veya ticari fungusit eklenmemiş sadece *P.capsici* diskleri içeren PDA'lı ortamlar pozitif kontrol olarak kullanılmıştır. Denemeler her bir fosfitli aktif madde ve bunların 4 farklı dozu için en az 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.4. Saksı denemeleri

Kontrollü iklim odasında yapılan (*in vivo*) saksı denemeleri tesadüf parselleri deneme metoduna göre kurulmuştur (Şekil 3.1). PDA üzerinde 7-10 gün büyüyen *P.capsici* kültüründen 5 mm çapında bir parça alınıp 500 mL PDB (Patates Dekstroz

Broth) içeren 1 L'lik erlenlere ilave edilmiştir. *P.capsici* içeren bu ortamlar 20-24 °C'de 12 saat ışık ve 12 saat karanlıkta 10 gün inkubasyona bırakılmıştır. Daha sonra PDB sıvı ortamında gelişen taze *P.capsici* kitlesi saksı toprağının litresine 40 -50 mL gelecek şekilde karıştırılmıştır. Saksı topraklarına *P.capsici* ilavesinden hemen sonra ilk fosfitli preparat uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sıvı fosfitli preparatlar 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L)/100 L suya veya dekara olacak şekilde 3 farklı dozlarda saksılara eklenmiştir. Bu uygulamadan birkaç saat sonra 15 günlük biber fideleri *P.capsici* ve fosfitli preparat uygulanmış saksılara dikilmiştir (Padley vd. 2008; Abbasi vd. 2011; Gilardi vd. 2020 ve 2021). Biber fideleri her bir saksıya birer adet olarak dikilmiş ve saksılar sulandıktan sonra 22-23 °C sıcaklık ve % 70-75 nem altında kontrollü koşullarda tutulmuştur. Yine Fosetyl-Al (Fosalin), Mancozeb (Dikotan M-45) içerikli fungusitlerden bazılarının uygulandığı saksılar kıyaslama amacıyla kullanılmıştır. Fosfitli preparatlar fideler saksılara şaşırtıldıktan 15 gün sonra da saksı toprağına uygulandıkları aynı dozlarda yeşil aksama üstten uygulanmıştır.



**Şekil 3.1.** Kontrollü iklim odasında yapılan saksı denemeleri

### 3.2.5. Etkinlik değerlendirmeleri

Laboratuvar çalışmalarında PDA üzerinde gelişen *P.capsici* kolonilerin çapları hiçbir madde içermeyen kontrol grubundaki koloniler petri kaplarını tamamen kaplayınca başlamak üzere her hafta 7 ve 14 gün hafta ölçülerek kaydedilmiştir. Fosfit uygulanan bu petri kutularındaki *P.capsici*'nin misel gelişimi ölçümlerin alındığı 7. ve

14. günün dışında her ay incelenmiştir. Elde edilen ölçümlerden aşağıdaki formül kullanılarak her bir farklı uygulama ve dozlarının *P. capsici*'yi engelleme yüzdeleri (%) tespit edilmiştir.

Saksı denemelerinde yalnızca *P. capsici* uygulanmış ama fosfitli preperat ve herhangi bir fungusit uygulanmamış saksılardaki biber fidelerinde hastalığın ilk belirtisi olan yapraklarda sararma veya solma görüldüğünde başlanarak 7 gün aralıklara hastalık sıklığı (incidence) ve şiddeti (severity) değerlendirilmiştir. Biber fideleri 0-4 'lük değiştirilmiş bir skala kullanılarak *phytophthora* kök boğazı çürüklüğü ve yanıklığının şiddeti açısından derecelendirilmiştir (Silvar vd. 2005; Abbasi vd. 2011; Gilardi vd. 2020 ve 2021). Bu skalada 0 = hiç hastalık belirtisi yok ve bitkiler sağlıklı, 1 = yaprakların %30'u sararmış/solmuş, 2 = ve %50'si sararmış/solmuş ve kök boğazında lekeler, 3 = Yaprakların %75'inden fazlası sararmış/solmuş ve kök boğazını çevreleyen leke ve yanıklık, 4 = bitki ölü ve kök boğazı tamamen yanmış veya çürümüş, olarak değerlendirilmiştir. Hastalık sıklığı (incidence) her bir derecelendirmede hastalık belirtileri gösteren bitkilerin yüzdesi olarak ifade edilmiştir. Elde edilen veriler denemenin sonucunda incelenerek, hastalığın tekerrürlerde oluşum oranları % olarak belirlenmiştir ve hastalık oranları değerlendirilerek istatistiksel analizler yapılmıştır.

Fosfitlerin etkinlik değerlendirmelerinde laboratuvar çalışmalarının 7. ve 14. günleri için elde edilen *P. capsici* koloni gelişim çapları ve iklim odasında saksı denemelerinin 30. hastalık şiddeti verileri kullanılmıştır. Bu veriler fosfitlerin sırasıyla % engelleme ve % etkinliklerini belirlemede kullanılmıştır. Her bir fosfit ve dozu için elde edilen koloni çapları veya hastalık şiddetleri pozitif kontroller ile karşılaştırılarak fosfitlerin sırasıyla % engelleme ve % etkinlikleri aşağıdaki formüllere göre bulunmuştur (Dooley 1978; Padley vd. 2008; Gilardi vd. 2020).

Engelleme oranı = (Poz. kontroldeki ort. çap -fosfit uygulaması ort. çap)/ Poz. kontroldeki ort. çap)x100

Etkinlik oranı=(Poz. kontroldeki ort. hastalık şiddeti-fosfit uygulamasında ort. hastalık şiddeti)/ Poz. kontroldeki ort. hastalık şiddeti)x100

Hastalık etmeni funguslarla bulaştırılmamış sadece saf su ile muamale edilmiş olan uygulamalar negatif kontrol olarak ve sadece hastalık etmeni *P.capsici* ile bulaştırılmış fakat fosfitler veya fungusitler ile muamele edilmemiş uygulamalar pozitif kontrol olarak kullanılmıştır.

Elde edilen veriler SAS istatistik programının mevcut versiyonu (Version 9, SAS Institute Inc.) kullanılarak tek yönlü Duncan çoklu karşılaştırma testleri ile analiz edilmiştir. (P<0.05). Bu şekilde tez çalışmasında kullanılan fosfitli preperatların *P. capsici*'nin sebep olduğu yanıklık ve kök boğazı çürüklüğünü kontrol etmedeki etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3.2. Genel görünüm



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Fosfitlerin *Phytophthora capsici*'ye Laboratuvarda Etkinlikleri

6 farklı fosfitli preparatın *P. capsici*'nin misel gelişimi üzerine etkisi laboratuvar (*in vitro*) koşullarda petri kutularında yapılan engelleme denemeleri ile belirlenmiştir. Her bir fosfitli preparat için 100 (0,45 g/L), 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L)/100 L suya veya dekara 4 farklı dozun kullanıldığı denemeden 7. ve 14. gün sonra elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6 da verilmiştir.

Potasyum fosfit denemelerin 7 ve 14. gününde 100 ve 200 mL dozlarda *P. capsici*'nin misel gelişimini yavaşlatmıştır ama tamamen durduramamıştır (Şekil 4.1). Bununla birlikte fosfitli preparat 400 ve 600 mL dozlarda etmenin gelişimini yüksek oranlarda engellemiştir. Bakır fosfitin 100 ve 200 mL dozları 14. günün sonunda etmenin misel gelişimini % 60 üzerinde engellemiş ve 400 ve 600 mL dozlarda ise %90'ın üzerinde etki ile tamamen durdurmuştur (Şekil 4.2). Mangan fosfit içerikli preparat biber hastalık etmeninin gelişimini 100 ve 200 mL başlangıçta yavaşlatmış ama durduramamıştır. Bu fosfit 400 ve 600 mL konsantrasyonlarda % 70'in üzerinde engelleme sağlamıştır (Şekil 4.3). Çinko fosfit preparatı 100 ve 200 mL dozlarda *P.capsici*'nin misel gelişimini % 70'in üzerinde engellemiştir. Çinko fosfit 400 ve 600 mL dozlarda etmenin gelişimini % 95'e yakın oranda tamamen önlemiştir (Şekil 4.4). Amonyum fosfatlı fosfit *P.capsici*'nin gelişimini 100 ve 200 mL dozlarda başlangıçta azaltmış ama fungus gelişimine yavaşta olsa devam etmiştir. Bu fosfit 400 ve 600 mL dozlarda % 90 civarında engelleme sağlamıştır (Şekil 4.5). Üre fosfit 100, 200 ve 400 mL dozlarda ilk 7 günde sırasıyla % 70, 82 ve 84 üzerinde engelleme sağlarken bu oranlar %55, 68 ve 70 civarlarına düşmüştür (Şekil 4.6). Üre fosfit 600 mL dozda % 90'ın üzerinde engelleme yapmıştır. Bu fosfitlerin petri üzerinde *P.capsici*'nin misel gelişimine etkileri 3 ay boyunca takip edilmiştir. 400 ve 600 mL bakır ve çinko fosfit uygulanan petrilere *P. capsici*'misel gelişimi olmamıştır. Yine Potasyum ve üre fosfitin 600 mL yüksek dozlarında etmenin misel gelişimi olmamıştır. Denemelerde karşılaştırma amacıyla dâhil edilen fosfitli sistemik fungusit Fosetyl-Al genel tavsiye dozu 200 ve üstü olan 400 ve 600 mL dozlarda *P.capsici*'nin gelişimini % 90'ın üzerinde engellemiştir. Kontakt etkili fungusit Mancozeb ise ticari dozlarda (200-400 mL) *P. capsici*'nin misel gelişimine fazla etki yapmamıştır.

Denemelerden elde edilen bu veriler tüm fosfitli preparatların 200, 400 ve 600 mL dozlarda *P. capsici*'nin gelişmesini % 70'in üzerinde engellediğini göstermektedir. Fosfitli preparatlardan bazılarının ise 100 mL dozlarda dahi %60'ın üzerinde etkili olduğu bu verilerden anlaşılmaktadır. Gerek elde edilen veriler gerekse laboratuvarda *P. capsici*'nin misel gelişimi üzerine yapılan gözlemler çalışmada kullanılan fosfitli preparatların tamamının *P. capsici*'nin misel gelişimi ve özellikle sporulasyonunu tamamen engellediğini göstermektedir. Fosfitli preparatların uygulandığı petrilere 3 ay takibi bu materyallerin uygulandıkları 400 ve 600 mL dozlarda *P.capsici*'nin gelişimini tamamen durdurdukları ve 100 ve 200 mL dozlarda ise oldukça yavaşlattıkları ve fungus misellerinde anormal büyümeye yol açtıkları tespit edilmiştir.

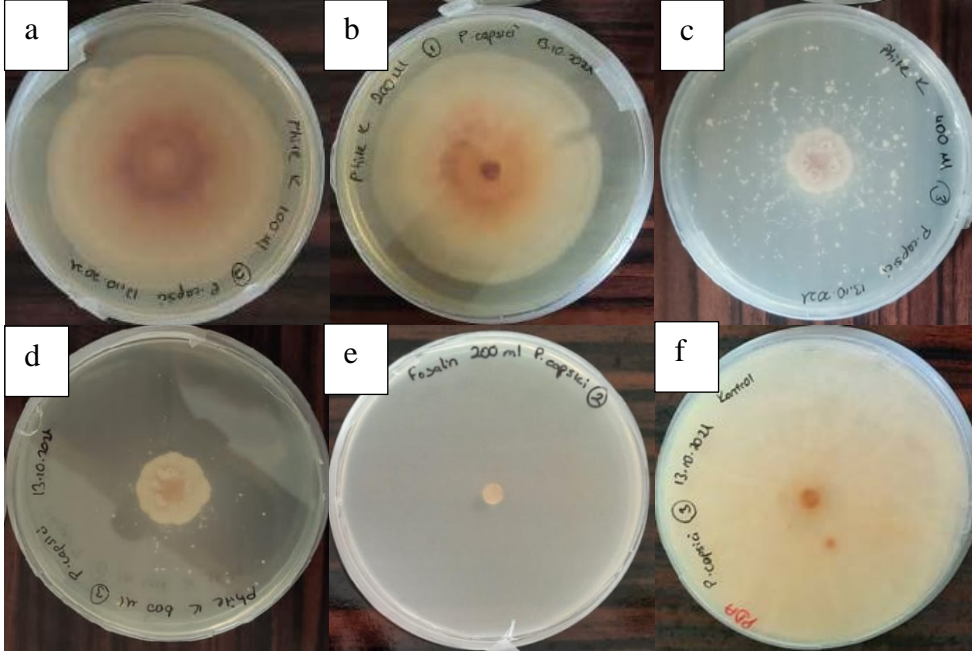
**Çizelge 4.1.** Fosfitli preparatların laboratuvar petri kutusu denemelerinde *P.capsici*'yi engelleme oranları

Fosfitli Preparat	Doz(mL/100 L su/dekar) <sup>k</sup>	7. gün <i>P. capsici</i> engelleme (%)	14. gün <i>P. capsici</i> engelleme (%)
Çinko fosfit	600	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00	93,05 <sup>a</sup> ± 1,08
Bakır fosfit	400	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00
Bakır fosfit	600	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00
Binko fosfit	400	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00
Amonyum fosfit	400	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00	87,77 <sup>ba</sup> ± 3,08
Amonyum fosfit	600	94,44 <sup>a</sup> ± 0,00	90,27 <sup>a</sup> ± 3,24
Üre fosfit	600	93,88 <sup>a</sup> ± 0,43	91,94 <sup>a</sup> ± 1,43
Bakır fosfit	200	92,22 <sup>a</sup> ± 1,00	69,16 <sup>bdac</sup> ± 1,30
Mangan fosfit	600	89,16 <sup>ba</sup> ± 2,67	74,44 <sup>bac</sup> ± 7,96
Mangan fosfit	400	87,22 <sup>ba</sup> ± 3,43	74,16 <sup>bac</sup> ± 7,82
Amonyum fosfit	200	87,22 <sup>ba</sup> ± 2,77	70,27 <sup>bdac</sup> ± 6,84
Çinko fosfit	200	85,27 <sup>bac</sup> ± 5,42	73,88 <sup>bac</sup> ± 10,37
Çinko fosfit	100	84,72 <sup>bac</sup> ± 4,43	69,44 <sup>bdac</sup> ± 8,29
Üre fosfit	400	84,72 <sup>bac</sup> ± 3,48	70,55 <sup>bdac</sup> ± 8,28
Potasyum fosfit	400	83,88 <sup>bdac</sup> ± 3,91	76,66 <sup>bac</sup> ± 8,10
Üre fosfit	200	81,94 <sup>bdac</sup> ± 4,70	68,61 <sup>bdac</sup> ± 7,65
Potasyum fosfit	600	80,00 <sup>bdac</sup> ± 7,85	74,16 <sup>bac</sup> ± 10,72
Bakır fosfit	100	77,5 <sup>bdec</sup> ± 7,75	62,22 <sup>bdec</sup> ± 8,68
Mangan fosfit	200	71,66 <sup>fdec</sup> ± 8,55	47,77 <sup>fdeg</sup> ± 14,11
Üre fosfit	100	70,27 <sup>fde</sup> ± 1,67	54,72 <sup>fdec</sup> ± 1,74
Amonyum fosfit	100	64,72 <sup>feg</sup> ± 2,30	35,27 <sup>feg</sup> ± 3,99
Mangan fosfit	100	63,61 <sup>fg</sup> ± 7,90	32,77 <sup>fg</sup> ± 13,30
Potasyum fosfit	200	56,38 <sup>hg</sup> ± 1,78	39,72 <sup>feg</sup> ± 1,98
Potasyum fosfit	100	34,72 <sup>l</sup> ± 9,16	23,05 <sup>g</sup> ± 6,00
Mancozeb	200	51,85 <sup>hg</sup> ± 2,40	35,18 <sup>fg</sup> ± 1,47
Fosetyl-al	200	93,77 <sup>a</sup> ± 1,06	92,88 <sup>a</sup> ± 1,78
Pozitif kontrol <sup>P</sup>		0,00 <sup>j</sup> ± 0,00	0,00 <sup>h</sup> ± 0,00

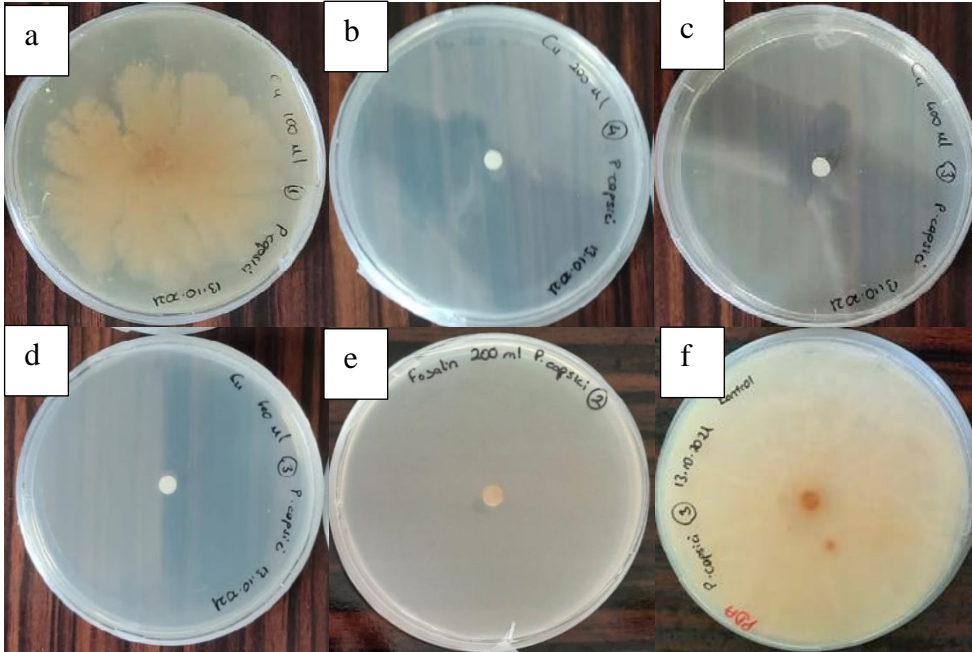
\*Her bir sütunda aynı küçük harfli olan ortalamalar arasındaki fark  $P < 0.05$ ' e göre istatistiki olarak önemsizdir. İstatistik analizi her sütunda ayrı ayrı verilmiştir (Duncan testi). Her fosfitin 100 L su/dekara 100 mL (0,45 g/L), 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L) uygulama dozlarını göstermektedir.

<sup>k</sup>Her fosfitin 100 litre su/dekara 100 mL (0,45 g/L), 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L) uygulama dozlarını göstermektedir.

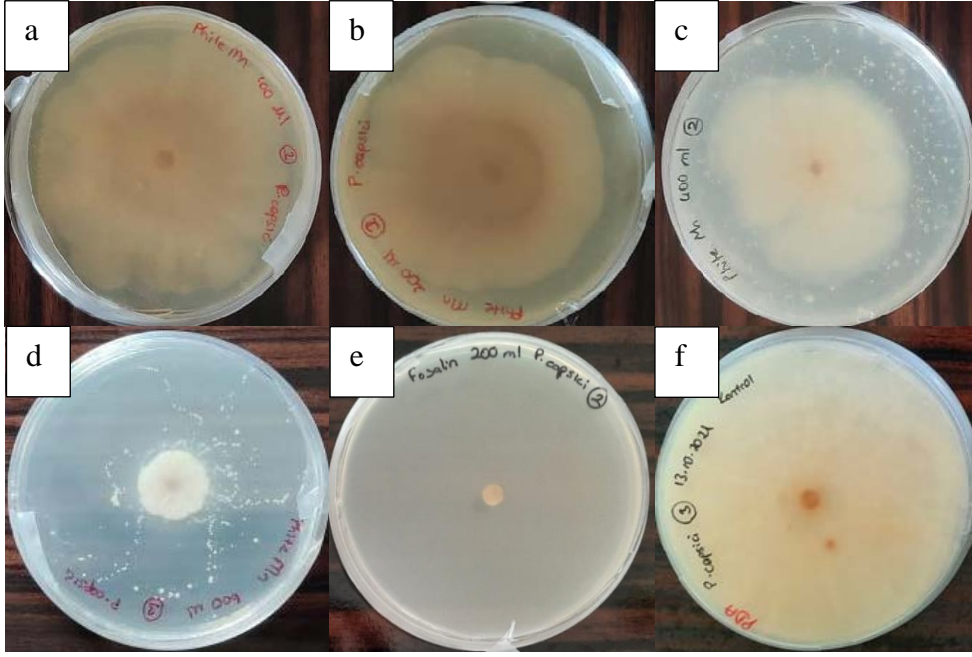
<sup>P</sup>-Herhangi bir fosfitli preparat veya fungusit uygulanmamış sadece *P.capsici* içeren petri kutusu uygulamalarını göstermektedir.



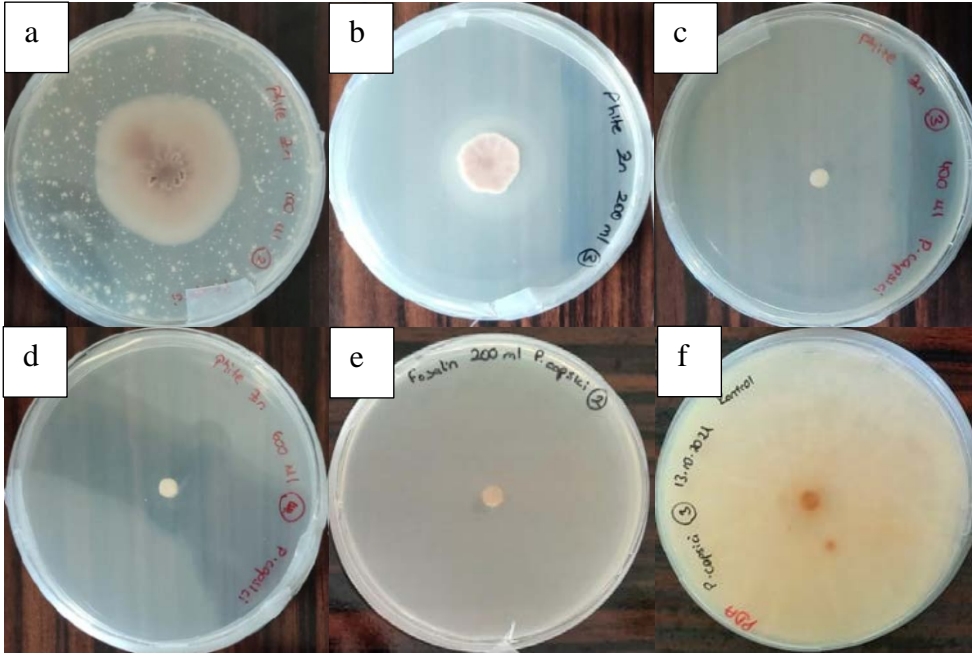
**Şekil 4.1.** Potasyum fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde *P. capsici*'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; **a)** 100 mL; **b)** 200 mL; **c)** 400 mL; **d)** 600 mL; **e)** Fosetyl-Al 200 mL; **f)** *P. capsici* sadece (pozitif kontrol)



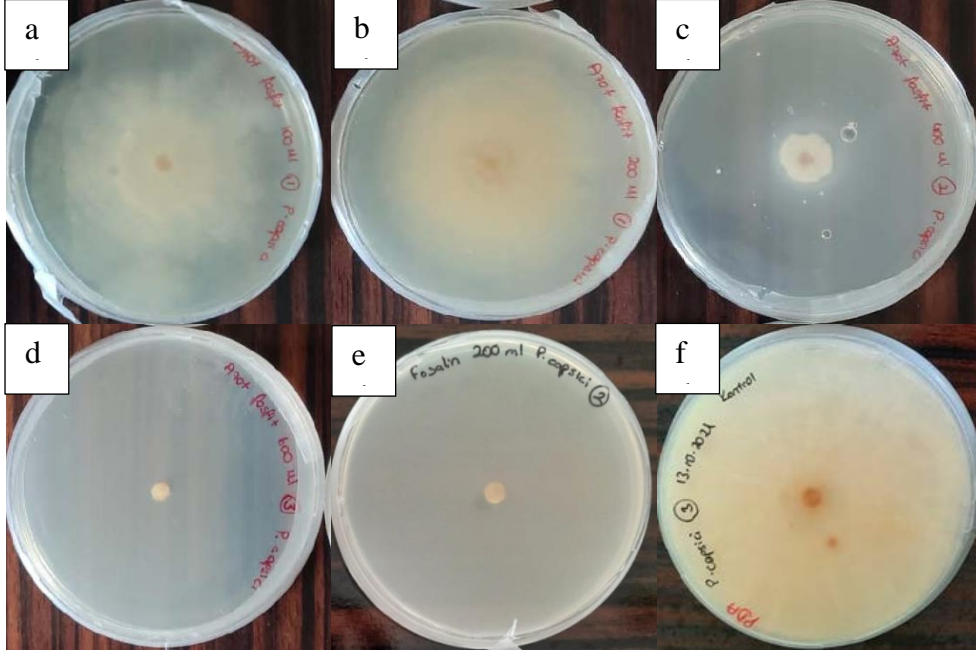
**Şekil 4.2.** Bakır fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde *P.capsici*'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; **a)** 100 mL; **b)** 200 mL; **c)** 400 mL; **d)** 600 mL; **e)** Fosetyl-Al 200 mL; **f)** *P. capsici* sadece (pozitif kontrol)



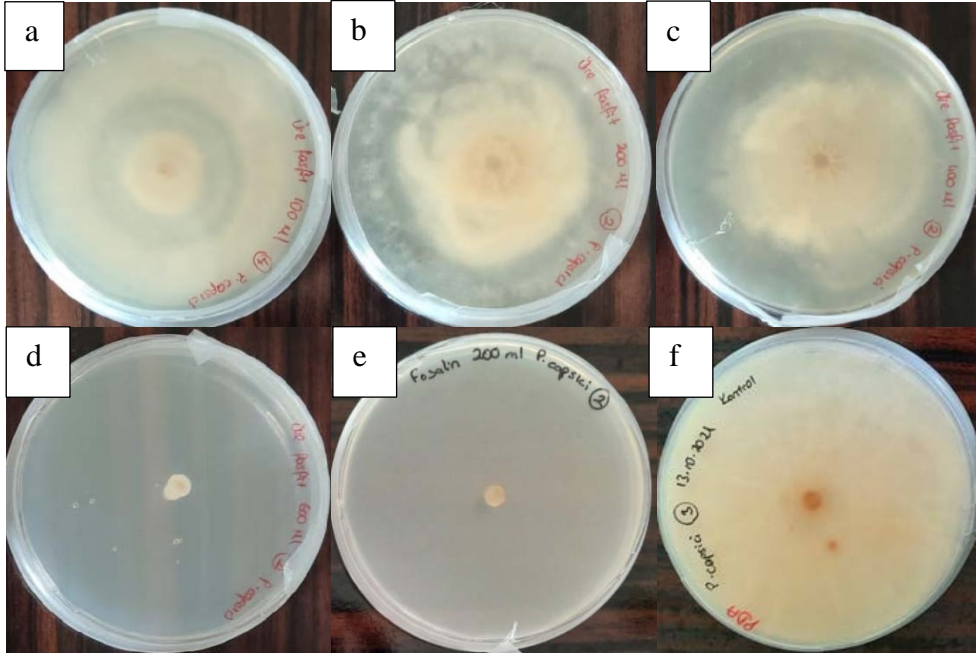
**Şekil 4.3.** Manganez fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde *P.capsici*'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; **a)** 100 mL; **b)** 200 mL; **c)** 400 mL; **d)** 600 mL; **e)** Fosetyl-Al 200 mL; **f)** *P. capsici* sadece (pozitif kontrol)



**Şekil 4.4.** Çinko fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde *P.capsici*'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; **a)** 100 mL; **b)** 200 mL; **c)** 400 mL; **d)** 600 mL; **e)** Fosetyl-Al 200 mL; **f)** *P. capsici* sadece (pozitif kontrol)



**Şekil 4.5.** Amonyum fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde *P. capsici*'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; **a)** 100 mL; **b)** 200 mL; **c)** 400 mL; **d)** 600 mL; **e)** Fosetyl-Al 200 mL; **f)** *P. capsici* sadece (pozitif kontrol)



**Şekil 4.6.** Üre fosfitin değişik dozlarının laboratuvar denemelerinde *P. capsici*'nin misel gelişimine 14. gün etkisi; **a)** 100 mL; **b)** 200 mL; **c)** 400 mL; **d)** 600 mL; **e)** Fosetyl-Al 200 mL; **f)** *P. capsici* sadece (pozitif kontrol)

#### 4.2. Fosfitlerin *Phytophthora capsici*'ye Saksı Denemelerinde Etkinlikleri

Laboratuvar saksı deneme sonuçlarına göre 6 fosfitin tamamı *P. capsici*'yi engellediği 200, 400 ve 600 mL/ 100 L/ dekar dozlarda iklim odası koşullarında saksı denemelerinde kullanılmıştır. Fosfit uygulamalarından 30 gün sonra yapılan *P. capsici* nin sebep olduğu hastalığa etkinlik değerlendirmeleri aşağıda Çizelge 4.2'de verilmiştir. Saksı denemelerinde potasyum, mangan fosfit ve çinko fosfit 200,400 ve 600, bakır ve amonyum fosfit 400 mL ve üre fosfit ise 600 mL/100 L su veya dekar dozlarda *P. capsici*'ye %80 üzerinde etkinlik göstermişlerdir. Denemelerde bakır fosfit 200 ve 600 dozlarda üre fosfit ise 400 mL dozlarda *P.capsici*'nin sebep olduğu hastalığı % 75 oranında azaltmışlardır. Yine amonyum fosfit 200 mL dozda %68 civarında kontrol sağlarken üre fosfit 200 mL dozda % 55 oranında kalmıştır. Denemelere standart fungusit olarak dâhil edilen sistemik etkili Fosetyl-Al % 95 civarında etki gösterirken kontak etkili mancozeb %30 da kalmıştır.

Saksı denemelerinden elde edilen bu sonuçlar kullanılan fosfitli peraparatların çoğunun uygulanan 200, 400 ve 600 mL/ 100 L su veya dekar dozlarda *P. capsici*'nin sebep olduğu hastalığı büyük oranda azalttığını göstermektedir. Özellikle bu çalışmada geliştirilen ve kullanılan fosfitli preparatların az sayıda benzer fosfit içerikli fungusit ve diğer kimyasal özellikteki materyallerin normal uygulama dozları olan 200-400 arasında *P. capsici*'yi engellediği ve sebep olduğu hastalığı önlediği görülmüştür.

Günümüze kadar fosfit veya fosfonatlı bileşikler ile yapılan çalışmaların çoğunda fosforaz asit veya potasyum içerikli fosfitler iklim odası, büyüme çemberi, topraksız hidroponik veya torf ve tarla şartlarında fidelere veya bitkilere alttan veya üstten uygulama şeklinde verilmiştir. Cooke ve Little (2002) yaptıkları sera çalışmasında potasyum fosfiti ( $\text{KH}_2\text{PO}_3$ ) 3,5 g/L 7 gün aralıklar ile 2 defa yapraktan uyguladıklarında patates yumrularında geç yanıklık (*P. infestans*) hastalığını fosfit uygulanmayan yumrulara göre önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Dorn vd. (2007) aktif maddesi  $\text{H}_3\text{PO}_3$  olan Robust isimli fosfitli bir preparatı kontrollü iklim odası koşullarında 1 g/L (%1) oranında 2 haftalık domates fidelerine üstten püskürtme ile verdiklerinde kontrollere kıyasla *P.infestan*'sa karşı % 74 oranında koruma sağlamıştır. Johnson vd. (2004) değişik fosfit tuzları (monobazik ve dibazik Na, K ve  $\text{NH}_4$  fosfit % 53,6) içeren Phostrol adındaki bir ürünü *P. infestans*'ın yumrularında sebep olduğu çürüklüğe karşı tarla şartlarında uygulamışlardır. Uygulamanın *P. infestans* ile inoküle edilip dikilen patates yumrularında hastalık görülme sıklığı ve şiddetinin gözlemlenmenin yapıldığı 24 durumdan 23'ünde büyük ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Bu ürün 2 defa uygulandığında yumru çürüklük sıklığında ve hastalık şiddetinde sırasıyla ortalama %67 ve %87 ve 3 defa uygulandığında ise %88 ve %91 oranında azalmaya sebep olmuştur. Bu ürün denemelerin hemen hemen 1/3'ünde *P.infestans*'a karşı %100 oranında koruma sağlamıştır. Phostrol üstten uygulandığında (9,37 kg hektar ) patateslerde pembe çürüklük (*Phytophthora erythroseptica*) hastalık şiddetini %54 oranında engellemiştir. Abbasi ve Lazarovits (2005) *Pythium ultimum* bulaştırılmış değişik topraklara  $\text{KH}_2\text{PO}_3$  içeren bir ürünü (AG3 fosfanat 0,035 ve 0,280% a.s. v/m) dikim öncesi toprağa karıştırdıklarında veya dikim sonrası bitkinin etrafındaki toprağa uyguladıklarında hıyar fidelerinde çökerten hastalığını kontrollü çevre, sera ve tarla çalışmalarında etkili bir şekilde baskıladığını bildirmişlerdir. Yüzde hastalık kontrolü fosfitli ürünün artan konsantrasyonları ile daha çok artmış ve % 34 ve % 100 arasında olmuştur.

Biberler ve *Cucurbit*lerde *P.capsici*'ye karşı son zamanlarda özellikle ağırlıklı olarak potasyum içerikli fosfitler denenmiştir. Abbasi vd. (2011) AG3 fosfonat formülasyonunun (Calirus 150, sıvı formülasyon; % 10,45 aktif madde, fosforik asitin potasyum tozu) iklim odası koşullarında *P. capsici* ile bulaştırılmış torfa dikim öncesi karıştırıldığında veya dikim sonrası uygulandığında (% 0,05, % 0,1 ve % 0,2 aktif madde) veya tohumlar 10 dakika ıslatıldığında hıyarlarda çökerten ve kök çürüklüğünü azalttığını bildirmişlerdir. Yine dikim sonrası yapılan tek bir AG3 uygulaması (% 0,05, % 0,1 ve % 0,2 aktif madde) dolma biberlerde *Phytophthora* yanıklık hastalığı sıklığını ve şiddetini önemli ölçüde azaltmıştır. Biberlerde *Phytophthora* yanıklığı % 0,2 aktif madde dozunda en iyi ve etkin şekilde kontrol edilmiştir. AG3'ün dozlarının artırılması hem biberlerde hem de hıyarlar da herhangi bir fitotoksiteye yol açmadan hastalıktan korumayı artırmıştır. Benzer çalışmada Gilardi vd. (2020) ise potasyum fosfitin topraksız hidroponik ortamda yetiştirilen kabak bitkilerinde *P.capsici*'yi kontrol etmedeki etkinliğini değişik konsantrasyonlarda ve farklı sayıda uygulamalarda denemişlerdir. Potasyum fosfit ya doğrudan bitki besin solüsyonuna (NS) eklenmiş veya her saksıdaki fidelerin tabanına 1,25 ve 2,5 g/L konsantrasyonlarda 100 mL sıvı süspansiyon olacak şekilde uygulanmıştır. Bu fosfit 5-6 gün aralıklar ile 1,3 ve 6 defa uyguladıklarında biberlerde *Phytophthora* kök boğazı çürüklüğünü % 62-94 oranında azaltmış ve hastalık şiddetinde istikrarlı bir azalma sağlamıştır. Potasyum fosfit bitki büyüme ortamına veya besin solüsyonuna 3-6 defa uygulandığında farklı hastalık baskısında (% 48-79) *Phytophthora* kök boğazı çürüklüğünü istikrarlı bir şekilde azaltmıştır. Yine diğer bir araştırmada Gilardi vd. (2021) kontrollü şartlarda kapalı topraksız kültürde potasyum fosfiti standard ( $P_2O_5:K_2O$ , 1,30 + 1,05 g L<sup>-1</sup>) ve yarı dozda doğrudan büyüme ortamına, besin solüsyonu ile veya torf bitki büyüme ortamına *P. capsici* bulaştırılmadan önce uygulanmışlardır. Potasyum fosfit standard dozda *Phytophthora* kök, kök boğazı ve gövde çürüklüklerinde % 80 azalma sağlamıştır. Bu tez çalışmasında da potasyum fosfitli preparat iklim odası koşullarında biber fidelerine dikimden önce ve dikimden 15 gün sonra 200 (0,9 g/L, 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L) dozlarda uyguladıklarında *P. capsici*'nin sebep olduğu kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığını % 90 civarında engellemişlerdir. Yine bu çalışmada ilk defa bir bitkide denenen bakır ve mangan fosfitli preparatlarında uygulanan 3 dozda da biberlerde *Phytophthora* hastalığını benzer oranlarda önlediği belirlenmiştir. Çalışmada ilk defa denenen çinko, amonyum ve üre fosfitlerde uygulanan değişik dozlarda biberin bu önemli hastalığını şiddetini kayda değer şekilde %75 'in üzerinde azaltmışlardır.

Elde edilen sonuçlar potasyum fosfitin yanısıra bakır, mangan, çinko, amonyum ve üre içerikli fosfitlerinde *P. capsici* başta olmak üzere *Oomycetes*'lerin sebep olduğu diğer hastalıklarla mücadelede kullanılma potansiyelleri olduğunu göstermiştir. Bu çalışma sonuçları kullanılan fosfitli preparatların özellikle biber fidelerine sera ve tarla koşullarında uygulanmasının *P. capsici*'nin erken dönemde sebep olduğu çökerten ve fide ölümlerinin önüne geçeceği ve daha sonraki dönemlerde olgun bitkilerde enfeksiyon ve hastalık gelişimini azaltabileceğini göstermektedir

**Çizelge 4.2.** Fosfitli preparatların iklim odası saksı denemelerinde *P.capsici*'ye etkinlikleri

Fosfitli Preparatlar	Doz (mL/100 mL su/dekar) <sup>k</sup>	<i>P. capsici</i> 'ye etkinlik (%)
Potasyum fosfit	600	93,75 <sup>ba</sup> ± 5,41
Potasyum fosfit	400	89,36 <sup>ba</sup> ± 5,41
Mangan fosfit	400	87,50 <sup>ba</sup> ± 6,25
Potasyum fosfit	200	87,50 <sup>ba</sup> ± 6,25
Mangan fosfit	200	87,50 <sup>ba</sup> ± 6,25
Bakır fosfit	400	87,50 <sup>ba</sup> ± 6,25
Üre fosfit	600	87,50 <sup>ba</sup> ± 6,25
Amonyum fosfit	400	87,50 <sup>ba</sup> ± 6,26
Mangan fosfit	600	81,25 <sup>bac</sup> ± 5,41
Çinko fosfit	400	81,25 <sup>bac</sup> ± 5,41
Çinko fosfit	600	81,25 <sup>bac</sup> ± 5,41
Çinko fosfit	200	81,25 <sup>bac</sup> ± 5,41
Üre fosfit	400	75,00 <sup>bac</sup> ± 8,83
Bakır fosfit	600	75,00 <sup>bac</sup> ± 0,00
Bakır fosfit	200	75,00 <sup>bac</sup> ± 8,83
Amonyum fosfit	200	68,75 <sup>bc</sup> ± 13,62
Üre fosfit	200	56,25 <sup>c</sup> ± 10,36
Amonyum fosfit	600	31,25 <sup>d</sup> ± 16,23
Mancozeb	200	31,25 <sup>d</sup> ± 10,36
Fosetyl-al	200	94,38 <sup>d</sup> ± 5,83
Pozitif kontrol <sup>P</sup>		0,00 <sup>e</sup> ± 0,00
Negatif kontrol <sup>n</sup> (su)		100,00 <sup>a</sup> ± 0,00

Her bir sütunda aynı küçük harfli olan ortalamalar arasındaki fark  $P < 0.05$ ' e göre istatistiki olarak önemsizdir. İstatistik analizi her sütunda ayrı ayrı verilmiştir (Duncan testi)

<sup>k</sup> Her fosfitin 100 litre su/dekara 100 mL (0,45 g/L), 200 (0,9 g/L), 400 (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L) uygulama dozlarını göstermektedir.

<sup>P</sup> –Sadece *P.capsici* ile inokule edilmiş bitki ve uygulamaları göstermektedir.

<sup>n</sup>- Herhangi bir fosfit ve *P.capsici* uygulaması yapılmamış bitki ve uygulamaları göstermektedir.

Fosfitlerin fungusların miselleri üzerinde doğrudan toksik etki yaptıkları ve 5 g/L veya 3,6 kg/dekara üstünde dozlarda kullanıldıklarında da bitkilere fitotoksik etkiye sebep olabilecekleri bildirilmektedir (Hardy vd. 2001; Barrett vd. 2003). Bahçe bitkileri



yetiştirilişinde de fosfitler artan bir ilgi görmektedir (Gomez-Merino ve Trejo-Téllez 2015). Bununla birlikte bu bitkilerde aşırı fosfit konsantrasyonlarının kullanımının fitotoksikite etkisi yaptığı bildirilmiştir (Barrett vd. 2002 ve 2003; Pilbeam vd. 2000; Walker 1991). Yapılan bu çalışmada fosfitler 100 mL (0,45g/L), 200 mL (0,9 g/L), 400 mL (1,8 g/L) ve 600 mL (2,7 g/L) dozlarda funguslara toksik ama bitkilere fitotoksik olmayacak dozlarda kullanılmıştır.

Fosfitlerin *Oomycetes* veya diğer fungusların misel gelişimi üzerine laboratuvar şartlarında pek fazla çalışma bulunmamaktadır. Dorn vd. (2007) yaptıkları çalışmada aktif maddesi  $H_3PO_3$  olan Robust isimli fosfitli bir preparatı laboratuvar koşullarında 1 g/ L (%1) oranında uyguladıklarında *P. infestans*'ın sporangium çimlenmesini ve misel gelişimini tamamen önlediğini görmüşlerdir. Bu tez çalışmasın da ilk defa laboratuvar koşullarında potasyum, bakır, mangan, çinko, ammonyum ve üre içerikli 6 farklı fosfit *P. capsici*'nin misel gelişimi üzerine etkileri bakımından çalışılmıştır. Kullanılan fosfitler ve dozlarının hepsi *P. capsici*'nin misel gelişimine ve şekline olumsuz etki yapmıştır. 100 mL ve 200 mL düşük dozlarda dahi patojenin misel gelişimi oldukça yavaşlamış ve sporulasyon yapamamıştır. 400 ve 600 mL dozlarda ise hemen hemen hepsi *P. capsici*'nin misel gelişimine tamamıyla durdurmuş veya yüksek oranlarda azaltmıştır.



Şekil 4.7. Saksı denemeleri 7. gün görüntüsü

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada 6 farklı içerikte fosfitli preparatın biber bitkisindeki en önemli hastalıklar arasında yer alan *P. capsici*'nin sebep olduğu biber kök boğazı yanıklığı üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan laboratuvar denemelerinde fosfitlerin *P. capsici*' misel büyüme ve gelişimine ve iklim odası saksı denemelerinde ise söz konusu hastalığa etkisi araştırılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında ilk defa potasyum, bakır, mangan, çinko, amonyum ve üre fosfitler tarafımızdan laboratuvarda üretilmiş ve *P. capsici*'ye karşı etkinlikleri denenmiştir. Bu kapsamda yapılan laboratuvar çalışmalarında fosfitli preparatların özellikle uygulandıkları 200 (0,9 g/L), 400 mL (1,8 g/L), 600 mL (2,7 g/L) /100 L su/dekar dozlarda *P. capsici*'nin misel gelişimi ve büyümesini tamamen durdurdukları veya büyük oranda engelledikleri tespit edilmiştir. Yine kullanılan fosfitli preparatlar kontrollü iklim odasında yapılan saksı denemelerinde kullanıldıkları 200, 400 ve 600 mL/100 L uygulama dozlarında *P. capsici*'nin sebep olduğu kök ve kök boğazı çürüklük veya yanıklık hastalığını % 70 ila % 90 oranında engellemiş veya azaltmışlardır. Özellikle potasyum, mangan ve çinko fosfit 200, 400 ve 600 mL, bakır ve amonyum fosfit 400 mL ve üre fosfit ise 600 mL/100 L su veya dekara dozlarında *P. capsici*'nin sebep olduğu hastalığı %80 üzerinde azaltmışlardır.

Bu çalışma ile ilk defa ülkemizin birçok bölgesinde ve özellikle Antalya'da örtüaltında yoğun olarak yetiştirilen biberlerin fide döneminden başlayarak en ciddi toprak kökenli kök ve kök boğazı çürüklük etmenine karşı mücadelede kullanılabilecek etkili fosfitli preparatlar geliştirilmiş ve etkin dozları belirlenmiştir. Bu öncü çalışma *P. capsici* ile mücadelede yeni araştırılmaya ve kullanılmaya başlanan potasyum fosfitli preparatlara ilave olarak bakır, mangan, çinko, amonyum ve üre içerikli preparatlarında standart dozlarda kullanılabileceğini göstermiştir.

Bu çalışmada geliştirilen fosfitli preparatlar tarla ve örtüaltı koşullarda dikim öncesi ve sonrası bitki üretim ortamına verilmesi biber fidelerinde *P. capsici*'nin sebep olduğu, çökerten, kök ve kök boğazı çürüklüğü mücadelesinde etkili olacağı açıktır. Üstelik fosfitlerin *P.capsici*'ye karşı kontrolde sağladığı bu koruma bitkilerin fide gelişimi ve olgunluk döneminde üstten yapılacak uygulamalar ile arttırılabileceği bu çalışma ile gösterilmiştir. Bununla birlikte farklı aktif madde içeren bu fosfitlerin tarla ve örtüaltı koşullarda gerek toprağa gerekse yeşil aksama uygulama aralıklarının yapılacak yeni çalışmalar ile belirlenmesi uygun olacaktır.

Kısaca bu çalışma ilk defa bitkilerde ve özellikle biberde *Phytophthora* kök ve kök boğazı çürüklük etmeni ile mücadelede kullanılabilecek tamamıyla yeni ve farklı aktif madde içeriği olan fosfitli preparatlar geliştirilip kullanılmasının önünü açmıştır. Çalışma sonuçları bu konuda biber ve diğer bitkilerde yapılacak çalışmalara ışık tutacak niteliktedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abbasi, P.A. and Lazarovits, G. 2005. Effects of AG3 phosphonate formulations on incidence and severity of *Pythium* damping-off of cucumber seedlings under growth room, microplot, and field conditions. *Can. J. Plant Pathol.* 27, 420-429.
- Abbasi, P.A., Lazarovits, G., and Weselowski, B. 2011. Effectiveness of AG3 phosphonate formulation in suppressing *Phytophthora* blight in cucumber and bell pepper plants under growth room conditions, *Canadian Journal of Plant Pathology*, 33: 2, 150-158.
- Ardıç, Z. H. 2016. Kahramanmaraş Biber Alanlarından İzole Edilen Toprak Bakterilerinin *Phytophthora capsici*'ye Karşı Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 55 s.
- Barrett, S.R., Shearer, B.L. and Hardy, G.E.S. 2003. The efficacy of phosphite applied after inoculation on the colonisation of *Banksia brownii* stems by *Phytophthora cinnamomi*. *Australas. Plant Pathol.* 32, 1-7.
- Bellini, A., Pugliese, M., Guarnaccia, V., Melonia, G.R. and Gullino, L. M. 2021. Calcium oxide, potassium phosphite and a *Trichoderma* enriched compost water suspension protect *Capsicum annuum* against *Phytophthora capsici* by priming the immune system. *Pest Manag Sci* 77: 3484–3490.
- Brunings, A.M., Datnoff, L.E., Simonne, E.H., 2005. Phosphorous Acid and Phosphoric Acid: When All P Sources Are Not Equal. Publication HS1010. University of Florida, Gainesville, FL. <http://edis.ifas.ufl.edu/HS254>, 8 pp.
- Chaudhry M.N.A., Akhtar A.S. and Khan R.A.A. 1995. *Phytophthora* Problem on Chillies and Its Control. *Capsicum&Eggplant Newsletter*, 14: 62-64.
- Chupp, C. and Sherf, A.F. 1960. *Vegetable diseases and their control*. The Ronald Press Company, New York, 693.
- Cohen, Y. and Coffey, M.D. 1986. Systemic fungicides and the control of oomycetes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 24, 311-338.
- Cooke, L.R. and Little, G. 2002. The effect of foliar application of phosphonate formulations on the susceptibility of potato tubers to late blight. *Pest Manag. Sci.* 58, 17-25
- Delen, N. and Yıldız, M. 1984. Studies on The Sensitivity of *Phytophthora capsici* Isolates To Metalxyl *Capsicum* and Eggplant Newsletter, 4: 58.
- Deliopoulos, T., Kettlewell, P.S. and Hare, M.C., 2010. Fungal disease suppression by inorganic saLs: a review. *Crop Protection*, 29(10), pp.1059-1075.
- Dooley, H.L. 1978. Greenhouse Method for Screening Protective Fungicides for Apple Powdery Mildew. In *Methods for Evaluating Plant Fungicides, Nematicides and Bactericides*, pp. 437-452, Amsterdam.
- Dorn, B., Musa, T., Krebs, H., Fried, P.M. and Forrer, H.R. 2007. Control of late blight in organic potato production: evaluation of copper-free preparations under field, growth chamber and laboratory conditions. *Eur. J. Plant Pathol.* 119, 217-240.

- Erwin D.C. and Ribeiro O.K. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. *American Phyto pathological Society* (APS Press).
- FAO, 2018. Statistical database of food and agriculture organization of the United Nations, <http://faostat.fao.org/faostat/> [Son erişim tarihi: 29.11.2021].
- Förster, H., Adaskaveg, J. E., Kim, D. H., and Stanghellini, M. E. 1998. Effect of phosphite on tomato and pepper plants and on susceptibility of pepper to *Phytophthora* root and crown rot in hydroponic culture. *Plant Dis.* 82: 1165-1170.
- Galmarini C.R. 1997. Pepper Breeding in Argentina. *Capsicum and Eggplant Newsletter.* 16: 28-34.
- Gilardi, G., Demarchi, S., Gullino, M.L. and Garibaldi, A. 2015. Nursery treatments with non-conventional products against crown and root rot, caused by *Phytophthora capsici*, on zucchini. *Phytoparasitica* 43: 501–508.
- Gilardi, G., Pugliesea, M., Gullino, M.L. and Garibaldi, A. 2020. Effect of biocontrol agents and potassium phosphite against *Phytophthora* crown rot, caused by *Phytophthora capsici*, on zucchini in a closed soilless system. *Scientia Horticulturae* (265): 109-207.
- Gilardi,G., Vasileiadou. A., Gullino, M.L. and Garibaldi, A. 2021. Biocontrol agents and resistance inducers reduce *Phytophthora* crown rot (*Phytophthora capsici*) of sweet pepper in closed soilless culture. *Phytopathologia Mediterranea*, 60(1): 149-163.
- Ganke, L. L., Quesada-Ocampo, L., Lamour, K., and Hausbeck, M. K., 2012. Advances in research on *Phytophthora capsici* on vegetable crops in the United States. *Plant Disease* 96, 11: 1588-1600.
- Güvenç İ. 2020. Türkiye’de Biber Üretimi, Dış Ticareti ve Rekabet Gücü. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 23 (2): 441-445, 2020. DOI:10.18016/ksutarimdog.a.vi.595512
- Hardy, G.E.S., Barrett, S. and Shearer, B.L., 2001. The future of phosphite as a fungicide to control the soilborne plant pathogen *Phytophthora cinnamomi* in natural ecosystems. *Australas. Plant Pathol.* 30, 133-139.
- Hausbeck M.K. and Lamour K.H. 2004. *Phytophthora capsici* on Vegetable Crops: Resarch Progress and Management Challenges. *Plant Disease*, 88, 12: 1292-1303.
- Johnson, D.A., Inglis, D.A. and Miller, J.S., 2004. Control of potato tuber rots caused by *oomycetes* with foliar applications of phosphorous acid. *Plant Dis.* 88, 1153:1159.
- Kim B.S. and Hwang B.K. 1992. Isolation of Antibiotic-producing Bacteria Antagonistic to *Phytophthora capsici* from Pepper-gowing Soils and Evaluation of Their Antibiotic Activity. *The Plant Pathology Journal*, 8;4:241-248.
- Kadioğlu, Z. 2013. Biberde Kök Boğazı Yanıklığı Hastalığı *Phytophthora capsici*’ye Karşı Bazı Bitki Aktivatörlerinin Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 72 s.

- Konukoğlu, F. 2007. Kahramanmaraş'ta Biberlerde Kök ve Kökboğazı Yanıklığı Etmeni (*Phytophthora capsici* Leonian)'nin İnokulum Kaynaklarının Belirlenmesi ve Entege Mücadelesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 94 s.
- Lamour, K. H. and Hausbeck, M. K. 2000. Mefenoxam insensitivity and the sexual stage of *Phytophthora capsici* in Michigan cucurbit fields. *Phytopathology* 90: 396-400.
- Lamour, K. H. and Hausbeck, M. K. 2001. The dynamics of mefenoxam insensitivity in a recombining population of *Phytophthora capsici* characterized with amplified fragment length polymorphism markers. *Phytopathology* 91: 553-557
- Landschoot, P. and Cook, J., 2005. Understanding the Phosphonate Products. Department of Crop and Soil Sciences, The Pennsylvania State University, University Park, PA. [http://turfgassmanagement.psu.edu/pdf/understandin the phosphonate products.pdf](http://turfgassmanagement.psu.edu/pdf/understandin_the_phosphonate_products.pdf)
- Lee B.K, Kim B.S, Chang S.W. and Hwang B.K. 2001. Aggressiveness to Pumpkin Cultivars of Isolates of *Phytophthora capsici* from Pumpkin and Pepper. *Plant Disease*, 85;5: 497-500.
- Oren, Y. and Yogev. E. 2002. Acquired resistance to *Phytophthora* root rot and brown rot in citrus seedlings induced by potassium phosphite. *Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz* 109, 279: 285.
- Padley, L. D., Jr.Kabelka, E.A., Roberts, P.D., and French, R. 2008. Evaluation of Cucurbita pepo Accessions for Crown Rot Resistance to Isolates of *Phytophthora capsici*, *HortScience horts*, 43 (7): 1996-1999.
- Silvar C., Merino F. and Díaz J., 2009. Resistance in pepper plants induced by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* involve different defence-related genes. *Plant Biology* 11: 68-74.
- Tamietti G. and Valentino D. 2001. Physiological Characterisation of A Population of *Phytophthora capsici* Leon. From Northern Italy. *Journal of Plant Pathology*, 199-205.
- TÜİK, 2021. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249#:~:text=Sebze%20%C3%BCretimi%202021%20y%C4%B1l%C4%B1nda%20bir,ise%20%13%2C5%20artt%C4%B1>. [Son erişim tarihi 30.12.2021]
- Walker S.J. and Bosland P.W. 1999. Inheritance of *Phytophthora* Root Rot and Foliar Blight Resistance in Pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124: 14-18.

## ÖZGEÇMİŞ

**Serkan BENLİ**  
serkanbenli@hotmail.com.tr



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2007-2011	Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Isparta

### MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Kimyager 2018-Devam Ediyor	Merkez Anadolu Kimya Sanayi Üretim Paz. Taah. Tic. Ltd. Şti Ar-Ge Departmanı
Kimyager 2015-2018	Çimsan Tarımsal Ürünler Üretim Müdürü
Kimyager 2013-2015	Köni Kimya Kozmetik Sağlık Ltd. Şti. Kimyager

