

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

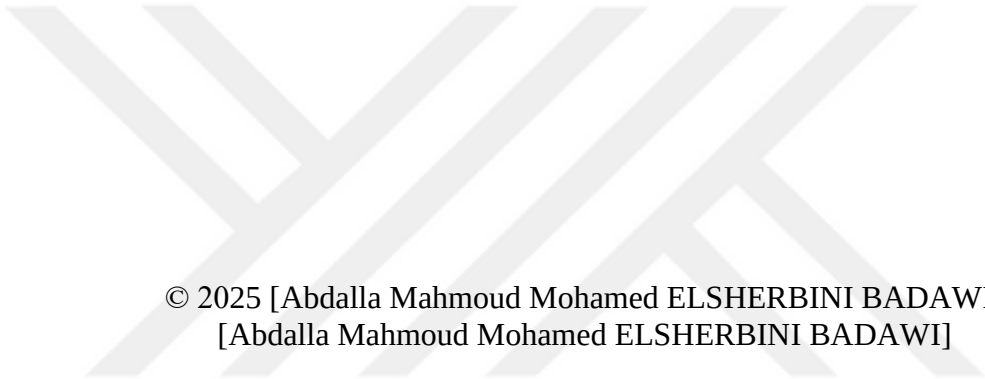
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİTKİ KORUMA ANABİLİM DALI

VERMİKOMPOST VE VERMİKOMPOST ÇAYININ
FASULYEDE BEYAZ ÇÜRÜKLÜK HASTALIĞI (*SCLEROTINIA*
***SCLEROTIORUM*) VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI
Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI

Danışman
Prof. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA

ISPARTA - 2025



© 2025 [Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI]
[Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI]

ETİK BEYANI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak ve bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın hazırladığım bu tez çalışmasında;

Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

10/07/2025

Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI
Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI

.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	9
2.1. Patojen Biyolojisi ve Hastalık Gelişimi	9
2.2. Hastalık Kontrolü Üzerine Yapılan Çalışmalar	12
2.3. Vermikompost ve Vermikompost Çayının Bitki Fungal Hastalıkları Üzerine Etkileriyle İlgili Yapılan Çalışmalar	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	22
3.1. Materyal	22
3.2. <i>In Vitro</i> Çalışmalar	22
3.3. Saksı Çalışmaları.....	24
3.4. İstatistik Analizler	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Vermikompost ve Vermikompost Çayının <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> 'un <i>In vitro</i> 'da Misel Gelişimi Üzerine Etkileri	28
4.2. Vermikompostun <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> 'un Hastalık Şiddeti Üzerine Etkisi	31
4.3. Vermikompost Çayının <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> 'un Hastalık Şiddeti Üzerine Etkisi	34
4.4. Vermikompostun Fasulyede Bitki Gelişim Parametrelerine Etkisi	37
4.5. Vermikompost Çayının Fasulyede Bitki Gelişim Parametrelerine Etkisi.....	40
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	63

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

VERMİKOMPOST VE VERMİKOMPOST ÇAYININ FASULYEDE BEYAZ ÇÜRÜKLÜK HASTALIĞI (*SCLEROTINIA SCLEROTIORUM*) VE BİTKİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI
Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bitki Koruma Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA

Bu tez çalışmasının amacı, vermikompost (VK) ve vermikompost çayının (VKÇ) fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) beyaz çürüklük etmeni *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary üzerindeki etkilerini ve bitki gelişimine katkılarını araştırmaktır. Araştırma, *in vitro* ve iklim odasında saksı denemeleri olmak üzere iki aşamada yürütülmüştür. *In vitro* testlerin birinci aşamasında, soğuk sterilizasyon yöntemiyle süzülerek hazırlanan VKÇ, farklı konsantrasyonlarda (%0.25, %0.5, %1.0, %1.5, %2.0) besiyerine ilave edilmiştir. İkinci aşamada ise VKÇ'nin karşılıklı ekim ile *S. sclerotiorum*'un misel gelişimine doğrudan etkileri belirlenmiştir. Soğuk sterilize edilmiş VKÇ'nin, *S. sclerotiorum*'un misel gelişimini doz bağımlı olarak anlamlı şekilde azalttığı tespit edilmiştir. VKÇ'nin %2 konsantrasyonu patojenin misel gelişimini %79.2 oranında baskılamıştır. VKÇ ve *S. sclerotiorum*'un karşılıklı ekim yapıldığı durumda çay içerisindeki bakteriler patojenin misel gelişimini %47.4 baskılamıştır. Saksı denemelerinde ise VK ve VKÇ farklı dozlarda (VK, %1, %2, %3; VKÇ, %0.5, %1, %1.5), hem tek başına hem de patojenle birlikte uygulanmıştır. Patojen inokulasyonu doğrudan kök bölgesine yapılmıştır. Elde edilen bulgular, VK ve VKÇ uygulamalarının doz artışıyla birlikte hastalık şiddetini azalttığını göstermiştir. VK %1-3 oranlarda yetiştirme ortamına eklendiğinde hastalık şiddetini %44.9-73.5 oranlarında azaltmıştır. Benzer şekilde VKÇ'nin %0.5-1.5 dozları hastalık şiddetini %51.1-65.3 oranlarında azaltmıştır. Bitki gelişimi üzerinde en yüksek olumlu etki, %1.5 konsantrasyonda uygulanan VKÇ ile elde edilmiştir. Bu uygulama, hem biyokütle artışı hem de bitki ve kök uzunluğu bakımından en yüksek değerleri vermiştir.

Bulgular genel olarak VC ve VCT kullanımının hastalık şiddetini azaltılabileceğini ve bitki gelişimini destekleyebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, VK ve VKÇ'nin uygun dozlarda kullanımı, biyolojik mücadele ve sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından çevre dostu ve etkili alternatifler olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Vermikompost, Vermikompost çayı, *Sclerotinia sclerotiorum*, Fasulye, Biyolojik mücadele, Bitki gelişimi

2025, 63 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

EFFECT OF VERMICOMPOST AND VERMICOMPOST TEA ON WHITE ROT DISEASE (*SCLEROTINIA SCLEROTIORUM*) OF COMMON BEANS AND PLANT DEVELOPMENT

Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI
Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI

Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA

The aim of this thesis was to investigate the effects of vermicompost (VC) and vermicompost tea (VCT) on *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, the causative agent of white rot in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), and their contribution to plant growth. The research was conducted in two stages including *in vitro* and pot experiments in a climate chamber. In the first stage of the *in vitro* tests, VCT prepared by filtering with cold sterilization method was added to the medium at different concentrations (0.25%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%). In the second stage, the direct effects of VCT on mycelial development of *S. sclerotiorum* were determined. It was determined that cold-sterilized VCT significantly reduced mycelial development of *S. sclerotiorum* in a dose-dependent manner. A 2% concentration of VCT suppressed mycelial development of the pathogen by 79.2%. In the case of dual culturing of VCT and *S. sclerotiorum*, bacteria in tea suppressed mycelial growth of the pathogen by 47.4%. In pot trials, VC and VCT were applied at various concentrations (VC, 1%, 2%, 3%; VCT, 0.5%, 1%, 1.5%), both alone and in combination with the pathogen. The pathogen was inoculated directly into the root zone. The findings showed that VC and VCT applications reduced disease severity with increasing doses. VC added to the growing medium at 1-3% reduced disease severity by 44.9-73.5%. Similarly, VCT at 0.5-1.5% doses reduced disease severity by 51.1-65.3%. The most pronounced positive effect on plant growth was achieved with 1.5% VCT, which resulted in the highest values for biomass accumulation as well as plant and root lengths.

Overall, the findings demonstrate that the use of VC and VCT can reduce disease severity and promoting plant development. In conclusion, the use of VC and VCT at appropriate doses can be considered as environmentally friendly and effective alternatives in terms of biological control and sustainable agricultural practices.

Key Words: Vermicompost, Vermicompost tea, *Sclerotinia sclerotiorum*, Common bean, Biological control, Plant growth

2025, 63 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Hülya ÖZGÖNEN ÖZKAYA'ya, çalışma süresince bana desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Jüride yer alarak tezime katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Gürsel KARACA ve Sayın Prof. Dr. Yasemin COŞKUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimde çalışma süresince bana desteklerinden dolayı Ziraat Yüksek Mühendisi Zunaira TAHİR'e ve Ziraat Yüksek Mühendisi Serap GÜNER'e teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında beni maddi ve manevi yönden destekleyen ve hiçbir zaman yalnız bırakmayan, çok kıymetli aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI
Abdalla Mahmoud Mohamed ELSHERBINI BADAWI
ISPARTA, 2025

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Saf kültürden <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> 'un tekrar çoğaltılması	22
Şekil 3.2. İkili kültür denemesinin kurulması	24
Şekil 3.3. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> VKÇ'nin hazırlanışı ve bitkilere uygulanması ..	25
Şekil 3.4. <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> inokulumunun bitkilere uygulanması	25
Şekil 3.5. Saksı denemesinin bir bölümünden görünüm.....	26
Şekil 4.1. Steril edilmiş VKÇ uygulaması sırasıyla	29
Şekil 4.2. Steril edilmeyen VKÇ uygulaması sırasıyla kontrol ve ikili uygulama	30
Şekil 4.3. Vermikompost uygulamasının doz artışına bağlı olarak sadece patojen uygulamasına göre fasulye köklerdeki kök gelişimine etkisi (sırasıyla kontrol, VK'un %1, %2 ve %3 dozları ve patojen).....	32
Şekil 4.4. Vermikompost uygulamalarının fasulye bitkisinde hastalık şiddeti üzerine etkileri (sırasıyla kontrol, VK'un %1, %2 ve %3 dozları ve patojen)	32
Şekil 4.5. Farklı dozlarda vermikompost çayı uygulamasının (%.5-%1.5) <i>S. sclerotiorum</i> 'un inokule edildiği fasulye bitkilerindeki kök gelişimine etkileri.....	36
Şekil 4.6. Vermikompost çayı uygulamasının fasulye bitkilerinde <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> un hastalık şiddeti üzerine etkileri (sırasıyla kontrol VKÇ'nin %0.5, %1, %1.5 dozları ve patojen uygulaması)	36
Şekil 4.7. Vermikompostun fasulyede bitki gelişimine etkileri (sırasıyla kontrol ve vermikompostun artan dozları)	39
Şekil 4.8. Vermikompostun fasulyede kök gelişimi üzerine etkileri (sırasıyla kontrol ve vermikompostun artan dozları)	39
Şekil 4.9. Vermikompost çayının fasulyede bitki gelişimine etkileri (sırasıyla kontrol ve vermikompostun çayının artan dozları).....	42
Şekil 4.10. Vermikompost çayının fasulyede kök gelişimine etkileri (sırasıyla kontrol ve vermikompostun çayının artan dozları).....	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Vermikompost çayının <i>in vitro</i> 'da <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> 'un misel gelişmesi üzerine etkisi	28
Çizelge 4.2. <i>In vitro</i> 'da vermikompost çayı ve <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> 'un karşılıklı ekim ile misel gelişmesi üzerine etkisi	30
Çizelge 4.3. Vermikompostun <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> 'un hastalık şiddeti üzerine etkisi	31
Çizelge 4.4. Vermikompost çayının <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> 'un hastalık şiddeti üzerine etkisi	34
Çizelge 4.5. Vermikompostun farklı dozlarının tek başlarına ve <i>S. sclerotiorum</i> ile birlikte uygulamalarının fasulyede bitki gelişim parametrelerine etkisi	37
Çizelge 4.6. Vermikompost çayının farklı dozlarının tek başlarına ve <i>S. sclerotiorum</i> ile birlikte uygulamalarının fasulyede bitki gelişim parametrelerine etkisi	40

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece (Sıcaklık)
cm	Santimetre
da	dekar
G	Gram (bazı kaynaklarda büyük harf olarak kullanılır)
ha	Hektar
K	Kontrol
Mm	Milimetre
NPK	Azot-Fosfor-Potasyum
P	Patojen
PDA	Potato Dextrose Agar (Patates Dekstroz Agar)
VC	Vermicompost
VCT	Vermicompost Tea
VK	Vermikompost
VKÇ	Vermikompost Çayı

1. GİRİŞ

Fabaceae familyasına ait fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) kuru ve taze tüketim açısından en önemli bitkisel ürünler arasında yer almaktadır. *Phaseolus* cinsinde 70'ten fazla tür bulunmakla birlikte insanların tüketimine yönelik sadece beş tür (*P. vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. acutifolius*, *P. gray*, *P. coccineus* L. ve *P. dumosus*) üretilmektedir (Spataro vd., 2011). Fasulye, dünyada en yaygın üretilen baklagil olup, soya fasulyesi ve yer fıstığından sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Fasulye gıda olarak yapraklı sebzeler, bakla, yeşil tahıllar ve kuru fasulye gibi farklı şekillerde tüketilmektedir (Katungi vd., 2009). Türkiye'de fasulye en önemli protein, mineral ve kalori kaynağıdır. Fasulye sebze, kuru bakliyat veya salata şeklinde tüketilmektedir (Nadeem vd., 2020).

Fasulyenin yüksek besin değeri nedeniyle, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki yüz milyonlarca küçük çiftçi ve insan için yetersiz beslenmeyle mücadelede kritik bir bileşen olarak kabul edilmektedir (Meziadi vd., 2016). Ayrıca fasulye çeşitli fitokimyasallar, fenolik asitler ve antosiyaninler, flavonoidler, flavonoller, izoflavonlar gibi çok çeşitli flavonoidler açısından zengin bir kaynaktır (Granito vd., 2008). Kuru fasulye, Güney Amerika kökenli bir baklagil türü olup, %18–35 arasında değişen yüksek protein oranı, A, B ve D vitaminleri yönünden zengin içeriği, çeşitli mineraller ve önemli düzeyde diyet lifi barındırmasıyla beslenme açısından dikkate değer bir gıda kaynağıdır. Düşük yağ içeriği (%1–2) ile sağlıklı beslenme açısından avantaj sağlamakta olup, %60 civarındaki yüksek karbonhidrat oranı sayesinde de önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Sözen ve Karadavut, 2020). Diyet lifleri bakımından zengin olan kuru fasulye, kalp-damar hastalıkları, Tip II diyabet, obezite ve bazı kanser türlerine karşı koruyucu etki gösterdiği bilimsel olarak ortaya konmuş bir gıda olup, bu nedenle beslenme uzmanları tarafından tüketimi önerilmektedir. Ayrıca, içerdiği proteinlerin sindirilebilirlik oranının %71 ile %94 arasında değişmesi, kuru fasulyeyi yüksek biyoyararlanıma sahip bitkisel protein kaynağı hâline getirmektedir (Barampama ve Simard, 1994).

Derin kök sistemine sahip olması sayesinde toprak altı katmanlarındaki besin elementlerini üst katmanlara taşıyabilen kuru fasulye, kök nodülleri aracılığıyla

simbiyotik azot fiksasyonu gerçekleştirerek toprak azot içeriğini artırabilmektedir. Ortalama olarak yılda 5 kg/da düzeyinde azot katkısı sağlayabilen bu tür (Akın, 1988; Sprent ve Sprent, 1990), ardından gelen bitkilerin azot ihtiyacını karşılamada etkin rol oynamakta ve ekim nöbeti uygulamalarında özellikle sulanabilir tarım arazileri için stratejik öneme sahip bir kültür bitkisi olarak değerlendirilmektedir (Adams vd., 1985).

İleriye dönük tahminlere göre, dünya nüfusunun 25 yıl içinde 9.5 milyara, 75 yıl sonra ise 11 milyara ulaşması beklenmektedir. Ayrıca, günümüzde dünya nüfusunun büyük bir kısmının gelişmemiş ve az gelişmiş ülkelerde yaşamaya devam ettiği ifade edilmektedir (Sözen vd., 2022). Gelişmemiş ve az gelişmiş ülkelerde en önemli sorunlardan biri, gıda yetersizliği ve dengesiz beslenmedir. Bu sorunların üzümünde, kuru fasulye gibi yüksek besin değeri taşıyan yemeklik baklagiller, önemli bir besin kaynağı olarak öne çıkmaktadır (Karadavut, 2022).

Fasulye, dünya genelinde yaygın olarak yetiştirilen bir sebzedir. Toplamda 34 milyon hektarlık bir alanda ekimi yapılan ve yaklaşık 27.5 milyon tonluk üretime sahip olan fasulye, yemeklik baklagiller arasında ne çıkmaktadır. Bu kapsamda, 36 792 490 hektar ekim alanı ve 28 346 198 tonluk retimiyile kuru fasulye, dünya ülkeleri arasında ilk sırada yer almaktadır. Türkiye'de ise kuru fasulye, 97 049 hektarlık ekim alanı ve 270 000 tonluk retimiyile nohut ve mercimekten sonra üçüncü sırada bulunmaktadır. Ayrıca, kuru fasulye yetiştiriciliği yapan ülkelerde ortalama verim 77.04 kg civarındayken, Türkiye'de bu oran 278.21 kg'a kadar çıkararak dünya ortalamasının oldukça üzerine çıkmıştır (FAO, 2022).

Dünya genelinde 2022 yılında toplam kuru fasulye retilimi 28.3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Hindistan, hem ekim alanı hem de üretimde lider konumda yer alırken, 2023 yılında ABD, dünya genelinde en büyük kuru fasulye ihracatçısı ve ithalatçısı olmuştur. Ayrıca, küresel piyasalarda fiyat artışları devam etmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024).

Türkiye'de kuru veya taze formda yıllık fasulye retilimi 279 518 ton civarındadır ve bu da Türkiye'yi dünyanın en büyük 3. ve Akdeniz bölgesinin en büyük 1. reticisi yapmaktadır (Yeken vd., 2019). Son on yılda Türkiye'de fasulye üretiminde bir artış

kaydedilmiştir. Ülkemizde, 2023/24 üretim sezonunda 885 bin dekar alanda toplam 240 bin ton kuru fasulye üretilmiştir. Üretim açısından Nevşehir, Bitlis ve Niğde ilk sıralarda yer alırken, 2022/23 sezonunda kuru fasulyede kendine yeterlilik oranı %91.4'e gerilemiştir. TÜİK Bitkisel Üretim 1. Tahmini'ne göre 2024 yılında Türkiye genelinde 270 bin ton kuru fasulye üretimi beklenmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024). Türkiye'de 2023/24 üretim sezonunda bir önceki yıla kıyasla ithalat %43.2 oranında artarken, ihracatta %29.33 oranında bir düşüş yaşanmıştır. Aynı sezonda Türkiye'nin kuru fasulye ithalatının %45.7'si Mısır'dan yapılmış, ihracatının ise %43.3'ü Irak'a gerçekleştirilmiştir. 2024 yılı itibarıyla borsa fiyatlarının ilk dört aylık ortalaması 40.01 TL/kg, üretici fiyatlarının ise 39.56 TL/kg olduğu görülmektedir. Hem Türkiye'de hem de dünya genelinde fiyat artış trendi sürmektedir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024).

Seleksiyon ıslahıyla geliştirilen yerel kuru fasulye genotiplerinin, yoğun üretim yapılan bölgelere adaptasyonu ve çevresel koşullara tepkilerinin belirlenmesi amacıyla çeşit ve bölge verim denemelerine alınması gerekmektedir. Türkiye'de kuru fasulyede sınırlı çeşit sayısı ve biyotik–abiyotik stresler nedeniyle verim ve kalite sorunları tam olarak çözülememiştir. Ancak son yıllarda makineleşme, ıslah ve tarımsal tekniklerdeki ilerlemeler sayesinde birim alandaki verim dünya ortalamasını aşmıştır. Uygun yetiştirme tekniklerinin yanında, çevresel koşullara uyumlu çeşitlerin seçimi de yüksek verimlilik açısından kritik öneme sahiptir (Sözen ve Karadavut, 2024).

Fasulye verimini en çok etkileyen faktörler arasında hastalıklar ilk sıralarda yer almaktadır. Fasulye üretiminde yaklaşık 200 patojenin etkili olduğu bildirilmiş olup bunlardan bazıları önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Fasulyede tanımlanan 61 patojen arasında yaklaşık %50'sinin fungal patojenler olduğu bildirilmiştir (Hall vd., 2005). Fasulye üretiminde, özellikle fungusların neden olduğu hastalıklardan dolayı verim kayıpları meydana gelmektedir (Martins vd., 2018). Fungal hastalıkların, varlığına ve şiddetine, üretim sistemlerine, çevresel koşullara ve kullanılan yönetim uygulamalarına bağlı olarak dünya çapında fasulyenin verim ve kalitesinde ciddi kayıplara (%20-100) neden olduğu bildirilmiştir (Singh ve Schwartz, 2010).

Şimdiye kadar, fasulye yetiştirilen alanlarda bilinen en önemli fungal hastalıklar kök çürüklükleridir (Paparú vd., 2017). Fasulye kök çürüklükleri, esas olarak *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium* spp., *Pythium* spp., *Macrophomina* spp. ve *Alternaria* spp. gibi fungal türlerden kaynaklanmaktadır (Vural ve Soylu, 2012). Bu patojenik fungusların aynı zamanda fasulyede tohum ve toprak kökenli oldukları bildirilmiştir (Amer vd., 2009; Vural ve Soylu, 2012; Marcenaro ve Valkonen, 2016).

S. sclerotiorum verim ve ürün kalitesini etkileyen önemli bir fungustur (Yang vd., 2014). Dünya çapında ekonomik açıdan önemli çok çeşitli ürünler de dahil olmak üzere 450'den fazla bitki türünü ve alt türünü, özellikle de korunan tarım alanlarında ve seralarda yetiştirilenleri etkilemektedir (Bolton vd., 2006; Elgorban vd., 2013). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary'nin neden olduğu beyaz çürüklük hastalığı, Mısır'da sonbahar-kış mevsimi boyunca adi fasulyede önemli ve verim sınırlayıcı bir hastalıktır (Amer vd., 2009).

Bu hastalığın uygun koşullar altında üründe ciddi ve önemli verim kayıplarına (Tu, 1997), hatta bazen %100'e kadar (Schwartz ve Singh, 2013; Montes vd., 2017) verim kayıplarına neden olduğu bilinmektedir.

Fungus, taşıma ve depolama sırasında bile hastalığa neden olmakla birlikte tarla bulaşıklığı, yoğun ürün örtüsü, sklerotların karpogenik çimlenmesi için toprak nemi, askospor üretimi ve enfeksiyon için yaprak ıslaklığı gibi çevresel koşullarla ilişkilidir (Mila ve Yang, 2007). Toprakta uzun süre sklerotial hayatta kalma ve geniş konukçu aralığı nedeniyle bu hastalığın tam yönetimi nispeten zordur (Bolton vd., 2006). Fasulyede beyaz çürüklüğün önemi, %10 hastalık yoğunluğunda bile 140-240 kg/ha kadar tohum verim kaybının rapor edildiği Kuzey-batı Amerika Birleşik Devletleri'nde tespit edilmiştir (Ramasubramaniam vd., 2008; Otto-Hanson vd., 2011; Knodel vd., 2016).

Sebzelerde *S. sclerotiorum*'un mücadele zorluğundan dolayı dünya genelinde artan kayıplar yaşanmaktadır. Beyaz çürüklük hastalığının yaygınlığının nedenleri arasında monokültür tarım, güvenli ve etkili bir toprak ilaçlama yöntemi bulunmaması, *S. sclerotiorum*'un olumsuz koşullarda uzun süre toprakta canlılığını koruyan sklerot oluşturması sayılabilir (Smolińska ve Kowalska, 2018).

Fasulyede fungal hastalıkların mücadelesinde ürün rotasyonu, toprak verimliliğinin iyileştirilmesi, dayanıklı çeşitlerin kullanımı ve fungusit kullanımı yer almaktadır. Tohum kökenli fungal hastalıklara karşı fasulyede tohuma uygulanan fungusitler kullanılabilir. Bazı fungusitler hedef olmayan organizmalar üzerinde toksik etkilere neden olurlar (Arcury ve Quandt, 2003).

Bitkilerin özellikleri ve beyaz çürüklüğün fasulye verimi üzerindeki olumsuz etkisi göz önünde bulundurularak, dik çeşitlerin kullanımı, kısıtlı sulama ve gübre uygulaması gibi bazı kültürel önlemler, hastalık şiddetini azaltmak için kullanılmış ve böylece fasulye verimindeki kayıplar önlenmeye çalışılmıştır (Schwartz ve Singh, 2013). Bunun yanında, dayanıklı çeşitlerin kullanımı ve biyolojik ve kimyasal mücadele yöntemleri de kullanılmıştır. Dayanıklı çeşitlerin kullanımı, hastalık yönetiminde etkili ve çevre açısından güvenli bir yaklaşımdır, ancak bunların zaman ve mekana yayılması, söz konusu alandaki ırk florasına veya patojen popülasyon dinamiklerine bağlıdır (Okon ve Ociepa, 2018). *S. sclerotiorum*, çok farklı çeşit bitkide hastalığa sebep olabilen bir patojendir (Tu, 1997). Hatta birçok araştırmacı, *S. sclerotiorum*'a karşı direncin mevcut olmadığını bildirmiştir, ancak çeşitli ürünlerde beyaz çürüklük patojenine karşı tarla direncinin varlığını göstermiştir. Bununla birlikte, fasulyede beyaz çürüklük patojenine karşı sadece düşük düzeyde veya kısmi direnç mevcuttur (Steadman vd., 2001; Vuong vd., 2004; Teran ve Singh, 2009). Söz konusu hastalık yönetim stratejilerinin çoğu, küçük arazi varlıkları ve yetersiz kaynakları nedeniyle bazı çiftçiler tarafından takip edilmemektedir.

Beyaz çürüklük hastalığının kontrolü, zamansal ve mekansal değişkenliği ve en yaygın kontrol önleminin erken çiçeklenmede fungusit uygulaması olduğu sınırlı yönetim araçları nedeniyle zor olabilir. Hastalık için elverişli koşulların devam etmesi durumunda ek uygulamalar gereklidir (Vieira vd., 2003). Serin ve nemli iklim koşullarındaki bulaşık alanlarda, ortalama kayıpların %30'dan fazla hatta yağışlı dönemlerde ise %100'e ulaşabildiği bildirilmiştir (Oliveira, 2015). Beyaz çürüklük mücadelesi, patojenin toprakta sklerot olarak hayatta kalma ve/veya tohumlarda birkaç yıl boyunca misel olarak dormant kalma kapasitesi nedeniyle zor olabilmektedir (Saharan ve Mehta, 2008). Bu nedenle, çevresel kirliliği önlemek için düşük maliyetli ve fungusit kullanımını en aza indiren etkili bir mücadele yöntemine ihtiyaç vardır. Mikroiklimi değiştirerek geniş sıra aralıkları ve/veya sıra içinde

bitkiler arasındaki daha büyük mesafeler gibi tarımsal uygulamalar, sklerot çimlenmesini ve apotecia üretimini azaltabilir (Mila ve Yang, 2007), bitki dokusunda askosporların hayatta kalmasını (Clarkson vd., 2004). Bitkilerde beyaz çürüklük gelişimini ve fungus inokulumu ve bitki arasındaki etkileşimi etkileyebilir. Bu işlemler, fasulyede beyaz çürüklüğe karşı direnci etkileyen uygulamalardır (Kolkman ve Kelly, 2002). Kimyasal pestisitlerin çevre üzerindeki etkisiyle ilgili artan endişeler, beyaz çürüklük hastalığına neden olan *S. sclerotiorum*'un sadece fungusit uygulamalarıyla yönetilmesi zor bir hastalık olması nedeniyle biyolojik mücadele stratejilerine olan ilginin artmasına neden olmuştur (del Río vd., 2004).

Hastalık, verim kayıplarını azaltmak için tatmin edici bir şekilde kontrol altına alınmalıdır. Beyaz küfün makul bir şekilde kontrol altına alınması, tüm ürünlerde zordur. *S. sclerotiorum* inokulum oluşumuna elverişli çevresel koşulların bilinmesi, beyaz çürüklük hastalığını başarılı bir şekilde yönetmek için esastır. Ekolojik faktörler arasında, hakim sıcaklık kritik bir öneme sahiptir çünkü bu, patojenin saldırganlığı, hastalığın ilerleme hızını, konukçu direncinin ifadesini ve fungusit püskürtme zamanlaması ve etkinliği ile bitkilerde hastalıklarla mücadeleyi etkiler (Obrepalska-Stęplowska vd., 2015).

S. sclerotiorum'un neden olduğu hastalığın yönetimi için çeşitli stratejiler araştırılabilir. Pratikte, fungusit uygulaması, tarım bitkilerini beyaz çürüklükten korumanın temel stratejisidir (Woodward vd., 2015). Benzer şekilde, konukçu direnci, hastalığın kontrolü için en güvenli ve en ekonomik yol olarak kabul edilir. Bu nedenle, hastalığı başarılı bir şekilde yönetmek için patojen özellikleri, etkili fungusitler ve direnç kaynakları hakkında bilgi netleştirilmelidir.

Başarılı hastalık kontrolü genellikle birden fazla yöntemin uygulanmasını ve entegrasyonunu gerektirir. Çevresel olarak en az zararlı olan, topraktaki sklerot sayısını azaltan kültürel uygulamalardır. Bununla birlikte, birçok durumda, bu yöntemler yetersiz kalmaktadır. Fungisitler başarılı ve etkili beyaz küf yönetiminde en önemli rolü oynamaktadır (Mueller vd., 2002a; Vieira vd., 2003; Paula Junior vd., 2009; Derbyshire ve Denton-Giles, 2016). Örneğin, metam-sodyum ile toprak fümigasyonu dinlenme halindeki parçacık miktarını azaltmıştır (Ben-Yephet vd., 1986).

S. sclerotiorum'un topraktan tamamen temizlenememesi nedeniyle, biyolojik mücadele, özellikle de *S. sclerotiorum* sklerotlarına karşı mikoparazitik aktiviteye sahip ve topraktaki miktarlarını azaltabilen mikroorganizmaların seçimi konusunda büyük bir ilgi görmektedir. Pestisit uygulamasını en iyi şekilde sınırlandırmanın yolu *S. sclerotiorum*'a dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesidir. Ancak, bu patojenin neden olduğu hastalıkların spesifik karakteri nedeniyle, ıslah programları şimdiye kadar sınırlı bir başarı elde etmiştir (Yanar ve Miller, 2003; Otto-Hanson vd., 2011; Barbetti vd., 2014; Uloth vd., 2014). *S. sclerotiorum*'a dayanıklı bitkiler elde etmenin umut verici yollarından biri, konukçu kaynaklı gen susturma yöntemleri (HIGS) kullanılarak genetik mühendisliği stratejilerinin uygulanmasıdır (Andrade vd., 2016). *S. sclerotiorum*'a karşı direnç düzeyi artırılmış transgenik bitkilerle ilgili çalışmalar da yapılmıştır (Liu vd., 2015). Dirençli çeşitlerin yokluğunda ve çevresel olarak *S. sclerotiorum*'un topraktan eradikasyonu için çevredostu yöntemler, aralarında antagonistik mikroorganizmaların ve organik değişikliklerin uygulanması da dahil olmak üzere biyolojik yöntemler üzerine araştırmalar başlatılmıştır.

Geleneksel yöntemlerde kullanılan kimyasallar ve yanlış tarım uygulamaları gibi faaliyetler toprakta kirlenmeye, yorulmaya, verim kayıplarına ve yarayışlı mikroorganizmaların ölümüne sebep olmaktadır (Sinha vd., 2009). Ancak hastalıklarla savaş yöntemleri arasında günümüzde en önemli trendlerden bir tanesi organik yolla yapılan vermikomposttur. Vermikompost ile bitkilerin verimlilikleri artırılırken toprak özellikleri de iyileştirilmektedir. Toprak yorgunluğu bilincinin anlaşılması ve beslenme kaynaklı problemlerin artmasıyla organik gübre kullanımı ve gübre üretimi çalışmaları genişlemektedir. Organik gübreler bitkisel ve hayvansal atıklardan oluşmakta olup, çoğu doğada bulunmaktadır. Organik gübreler, toprakların havalanma ve su tutma kapasitesini artırır. Vermikompost toprakların yapısını iyileştirir, su tutma kapasitesini artırır ve hava kapasitesini düzenler (Abacıoğlu vd., 2020).

Bitkisel ve hayvansal kaynaklı organik atıkların, solucanlar ve faydalı mikroorganizmalar tarafından işlenerek yapıtaşlarına ayrışma sürecine vermikompostlama, vermikompost ya da biyohumus denilmektedir. Vermikompost, *Lumbricus rubellus* ve *Eisenia fetida* toprak solucanı türlerinin organik olarak yetiştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Büyükbaş hayvanların dışkıları ve organik

bitkisel materyallerin fiziksel, kimyasal yapılarını değiştirmek üzere üretilmektedir. Vermikompostun üretimi oldukça değerli olup, ambalajlanması da maliyetli bir işlemdir. Solucan gübresi, atıkların geri dönüşümünü sağlaması sebebiyle çevreye büyük oranda olumlu etkileri vardır (Demir vd., 2010). Vermikompost, granül yapısı ile toprağın strüktürünü düzenler, su tutma kapasitesini artırır. Bünyesinde bulundurduğu bakteriler, topraktaki zararlı bakteriler ile rekabet ederek bitki direncini artırır. Doğal bir gübre olup, bitkilere toksik bir etki yapmamaktadır. Organik bir gübre olması nedeniyle toprak pH'sını ve toprak strüktürünü düzenler. Bu nedenlerle toprak üzerindeki olumlu etkisi uzun vadelidir (Demir vd., 2010). Ayrıca verмикompost üretimi sırasında akan sıvılardan elde edilen verмикompost çayı benzer şekilde organik gübre olarak değerlendirilmekte ve bitki gelişimine olumlu etkiler sağlamakta aynı zamanda bitki hastalıklarına karşı son derece etkili bir şekilde kullanılabilir (Zibilske, 2004).

Tarımda verмикompost çayının kullanımı, hava ve toprak kökenli hastalıkların çeşitliliğini yönetme potansiyeli nedeniyle artmaktadır. Bu bağlamda, kompostların sıvı ekstraktları, çevresel sürdürülebilirlik için tarım ve gıda güvenliğini koruma gereksinimine yanıt olarak geleneksel kimyasal fungusitler ve pestisitlere alternatif seçenekler olarak değerlendirilmektedir (Pane vd., 2012). Kompost çayının etkinliği, kullanılan kompost türleri, kaynakları ve hazırlama yöntemlerindeki farklılıklara bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Egwunatum ve Lane, 2009; Pane vd., 2012). Bununla birlikte, en iyi sonuçların oksijenli (havalandırılmış) çay uygulamasıyla elde edildiği belgelenmiştir. Bu muhtemelen çözünmüş oksijenin mikrobiyal çeşitliliği ve aktiviteyi artırmasından kaynaklanmaktadır (Arancon vd., 2007; Martin, 2014). Son on yılda, biyogübre olarak verмикompost çayı uygulamaları önemli ölçüde artmıştır.

Bu tez çalışmasında, verмикompost çayının *in vitro*'da *S. sclerotiorum*'un misel gelişmesi üzerine etkileri ile verмикompost ve verмикompost çayının farklı dozlarının saksı koşullarında fasulyede *S. sclerotiorum*'un sebep olduğu beyaz çürüklük hastalığı ve bitki gelişimine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Patojen Biyolojisi ve Hastalık Gelişimi

S. sclerotiorum hem aseksüel (sklerotların miselyojenik çimlenmesi) hem de seksüel (sklerotların karpogenik çimlenmesi) üreme yeteneğine sahiptir (Aldrich Wolfe vd., 2015). Hastalıklı bitkilerde fungus beyaz kabarık bir miselyum (beyaz küf) oluşturur ve birkaç gün sonra hayatta kalma yapıları olan sklerotları üretir (Ordonez Valencia vd., 2014). Bunlar, konukçuya bağlı olarak birkaç milimetre (fasulyede) ile birkaç santimetre (ayçiçeğinde) arasında değişen farklı boyutlarda siyah, melanize yapılardır (Bolton vd., 2006). Sklerotlar miselyojenik veya karpogenik olarak çimlenebilir (Williams ve Stelfox, 1980) ilk durumda hifler, ikincisinde apothecia ve ardından askosporlar oluşturur.

S. sclerotiorum sklerotlarının şekil değiştirmesi Ordonez Valencia vd. (2014) tarafından tanımlanmıştır. Sklerotial oluşumun ilk adımı (sklerotial primordial) bu yazarlar tarafından Petri kaplarında dört günlük fungal büyümeden sonra, miselyum ortamın yüzeyini tamamen kapladığında gözlemlenmiştir. Havai hiflerinin plakaların kenarında toplanması, muhtemelen sınırlı besin mevcudiyetine bir yanıt olarak gözlemlenmiştir. Daha sonra, gelişim aşamasında, hifler birleşmiş ve kompakt hale gelmiştir. Olgunlaşma döneminde, halka hücrelerindeki melanin üretimi nedeniyle sklerot yüzeyi pigmentli hale gelmiş ve pürüzlü bir doku kazanmıştır. Tarif edilen sklerot oluşum aşamaları laboratuvar koşullarında agar ortamında gözlemlenmiştir. Benzer süreçlerin hastalıklı bitkilerde de gerçekleşmesi mümkündür. Ancak, çevresel koşullara ve bitki türlerine bağlı olarak bazı farklılıkların ortaya çıkabileceği göz ardı edilemez.

Sklerot oluşumunu uyaran en önemli faktör besin kısıtlamasıdır. Yüksek enerji durumunu korumak için sürekli olarak besin takviye edilen bir ortamda *S. sclerotiorum*'un vejetatif büyümesinin uzadığı ve sklerot oluşumunun geciktiği bulunmuştur (Christias ve Lockwood, 1973) ve ayrıca besin yoksunluğu altında karbonhidratların ve azotun sklerotial sentez bölgelerine yer değiştirdiği gözlenmiştir. *Sclerotium rolfsii* sklerotlarının olgunlaşma zamanının yetiştirme ortamındaki karbonhidratların tükenme zamanıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir.

Rollins ve Dickman (2001), nötr veya alkali pH altında sklerotial oluşumun engellendiğini göstermiştir. Daha önceki bir çalışmada, misel büyümesinden sklerot oluşumuna kadar olan evrenin başlangıcında 3',5'-scyclic monofosfatın (cAMP) rolünü tanımlamışlardır (Rollins ve Dickman 1998). Sklerotiyogenezin moleküler temeli Bolton vd. (2006) tarafından tanımlanmıştır.

Kimyasal ve fiziksel olumsuz koşulların yanı sıra biyolojik bozulmaya da dirençli olmaları nedeniyle sklerotlar uzun süre canlı kalabilme özelliğine sahiptir (Wu vd., 2008). Cosic vd. (2012), üç yıl sonra canlı sklerotların yüzdesinin %100'e kadar çıkabildiğini göstermiştir. Sklerotların 4-5 yıla kadar hayatta kalabildiğine dair raporlar vardır ve birçok çalışma gömme derinliği, nem ve sıcaklığın *S. sclerotiorum* sklerotlarının toprakta hayatta kalması üzerindeki etkisini göstermektedir (Matheron ve Porchas, 2004; Duncan vd., 2006; Wu vd., 2008). Cosic vd. (2012), toprağın iyice suyla doyurulması durumunda 5 cm derinlikte toprağa gömülü sklerotların tamamen imha olduğunu göstermiştir.

S. sclerotiorum'un neden olduğu belirtiler konukçu türler arasında farklılık göstermektedir (Kora vd., 2003; McLaren vd., 2004). Yerfıstığında *S. sclerotiorum* nedeniyle verim kaybının %50'yi aşabildiği bildirilmiştir (Porter ve Melouk, 1997). Bununla birlikte, örneğin marul veya fasulyede olduğu gibi en yaygın belirtiler, yapraklar, saplar, meyveler ve yaprak saplarında bulunan su ile ıslanmış düzensiz lekeler ve karakteristik beyaz pamuk benzeri miselyumdur. Daha sonra su ile ıslanmış lezyonlar, solma, ağarma ve bitkilerin parçalanması gibi ikincil belirtiler ortaya çıkar. Hastalık gelişiminin ilerleyen aşamalarında, etkilenen bitki dokularının dış yüzeyinde sklerot oluşur ve bunlar çürümüş bitkilerle birlikte toprağa aktarılır. Sklerot çimlenebilir ve doğrudan miselyum üretebilir. *S. sclerotiorum* miselyumu, sklerotların yakınında büyüyen bitkileri doğrudan enfekte edebilir. Miselyum tarafından başlatılan hastalıklar havuç, marul, fasulye veya ayçiçeği gibi bazı sebzelerde gözlenmiştir (Steadman, 1983; Hunter vd., 1984; Nelson vd., 1989; Kora vd., 2003). Mueller vd. (2002b), derin sürümden sonra topraktaki sklerot yoğunluğunun ve enfeksiyon şiddetinin azaldığını göstermiştir.

S. sclerotiorum dünya çapında yaygın olarak görülmekte ve önemli verim kayıplarına yol açmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1996'dan 2009'a kadar *S.*

sclerotiorum nedeniyle soya fasulyesi verim kayıpları 270 milyon kg kadar ulaşmıştır (Koenning ve Wrathner, 2010).

Patojen tarafından oluşabilecek sklerot sayısını değerlendirmek çok zordur. Sklerotların toprakta uzun süre canlı kalması nedeniyle herhangi bir ürün için tehlikeli olabilir. Suzui ve Kobayashi (1972)'ye göre, m² başına 3.2 sklerotia tarlada barbunyada %95 enfeksiyona neden olabilirken, (Schwartz ve Steadman, 1978) kuru yemelik fasulyede orta derecede şiddetli bir hastalık oluşturmak için minimum sklerot sayısının 0.2 sklerot/kg toprak olduğunu göstermiştir. Bitkiler için daha yaygın ve tehlikeli olan ise *S. sclerotiorum*'un karpogenik çimlenmesidir. Apothecia tarafından salınan askosporlar hava akımları ile birkaç kilometre boyunca yayılabilir (Sedun ve Brown, 1987). Bitkiler öncelikle sklerotların karpogenik çimlenmesinden kaynaklanan hava kaynaklı askosporlar tarafından enfekte edilir. Bu nedenlerden dolayı hastalık yoğunluğu genellikle sporadiktir ve askospor üretimini destekleyen hava koşullarına bağlıdır (Hudyncia vd., 2000). *S. sclerotiorum* enfeksiyonu ve miselyum gelişimi, bitki yüzeyinde serbest su varlığında en üst düzeye çıkar. Askosporlar sağlıklı dokuların yüzeyinde çimlenebilir ancak dışsal bir besin kaynağı olmadan bitkileri enfekte edemez (Bolton vd., 2006), bu da genellikle yaşlanan yapraklar ve yaprak sapları veya zarar görmüş bitkilerden akan sular tarafından sağlanır (Kora vd., 2003). Bu nedenle, çiçeklenme özellikle tehlikeli bir andır çünkü yaşlanan çiçekler patojen için besin kaynağı görevi görür (Turkington ve Morrall, 1993; Almquist ve Wallenhammar, 2015). Fungal hiflerin aşılama sonrası 12 saat içinde kütiküladan doğrudan penetrasyonu gözlenmiştir. Konukçu hücreleri, inokülasyondan 48 saat sonra fungal miselyum tarafından tamamen kolonize edilmiş ve doku çöküşüne yol açmıştır (Davar vd., 2012). Fungus, bitki yüzeyine yerleştikten sonra pektinazlar, selülozlar, beta 1,3-glukanazlar, ksilanazlar ve glikozidazlar gibi hücre duvarı ve bitki dokularını parçalayan patojenite ile ilgili enzimlerini salgılar (Cotton vd., 2003; Bolton vd., 2006). Bu enzimler fungusun bitki içine nüfuz etmesini ve dokuların parçalanmasını kolaylaştırır. İlk adımda ana rol pektinazlar tarafından oynanır, çünkü pektinler hücre duvarlarının ana bileşenidir. *S. sclerotiorum* çeşitli pektinaz formları üretir. Fungal litik sistemi kodlayan genlerin ekspresyonu ortam pH'sı tarafından düzenlenir. Marciano vd. (1983), pektinolitik enzimlerin optimum üretiminin pH 4-5'te gerçekleştiğini göstermiştir.

2.2. Hastalık Kontrolü Üzerine Yapılan Çalışmalar

Biyolojik mücadele etmenlerinin topraktaki etkinliği, sıcaklık, su potansiyeli, pH, pestisitler, organik madde, toprak mikroorganizmaları, bitki türleri gibi birçok abiyotik ve biyotik çevresel faktörden etkilenmekte ve bu etmenleri genellikle sentetik pestisitlerden daha az etkili hale getirmektedir. Bununla birlikte, çevreye daha az zararlı etkileri ve etkili kimyasal yöntemlerin eksikliği nedeniyle, daha güvenli biyolojik yöntemler aranmaktadır.

Sklerotinia hastalıklarına karşı özellikle hassas bitkilerin (kanola, havuç, ayçiçeği, fasulye, marul ve diğerleri) artan ekimi, tarla topraklarında *S. sclerotiorum*'a ait sklerot birikimine neden olmakta ve tüm dünyada ürün kayıplarını artırmaktadır. Biyolojik savaş yöntemlerinin etkinliği, patojen popülasyonunu tamamen azaltmak için nadiren yeterlidir. Hastalığın sınırlandırılması ancak patojenin çok yüksek konsantrasyonda olmaması durumunda mümkündür. En umut verici yöntem, güçlü parazitik özelliklere sahip antagonistik fungusların, örneğin *Coniothyrium minitans* veya *Trichoderma* cinsi fungusların topraktaki kalıcılıklarını uzatan organik taşıyıcılar üzerine uygulanması gibi görünmektedir. Biyolojik yöntemlerin uygulanmasının çevre için sentetik pestisitlerin kullanımından daha güvenli olduğu konusunda fikir birliği vardır. Ancak, büyük olasılıkla bu patojenin etkili bir şekilde kontrolü için uzun bir süre kombine yöntemlerin uygulanması gerekecektir. Bu yöntemler arasında kimyasal ve biyolojik koruma, ürün rotasyonu ve dirençli çeşitlerin kullanımı sayılabilir (Smolińska ve Kowalska, 2018).

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary, kanola da dahil olmak üzere 400'den fazla bitki türünde kök çürüklüğüne neden olan hastalık etmenidir (Nelson, 1998). Direnç birden fazla gen tarafından yönetildiği için *S. sclerotiorum*'a karşı direnç ıslahı yapmak zordur (Fuller vd., 1984). Patojenin çok geniş bir konukçu yelpazesine sahip olması ve topraktaki canlı yapıların (sklerot) uzun süre devam etmesi nedeniyle ürün rotasyonları kullanılarak yapılan mücadele gerçekçi değildir (Nelson, 1998). Bu faktörler, hedef dışı organizmalar üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinen fungisitlerin kullanımını zorunlu kılmaktadır (Rose, 1995; Gilmour, 2001; McGrath, 2001). ABD yakın zamanda Kanada'dan gelen bir kuru fasulye sevkiyatını karantina altına almış ve daha sonra yenilebilir kısmında 0.021 ug g⁻¹ vinclozolin (Ronilins)

kalıntısı ile kontamine olduğu tespit edildiği için reddetmiştir ki bu miktar ABD'deki 0.0 ug g^{-1} kabul sınırını aşmaktadır. Bu nedenle, geleneksel yöntemlerle nispeten güvenilmez mücadele ve pestisit kalıntılarına ilişkin endişeler, hastalık yönetimi için alternatif bir strateji olarak biyolojik mücadeleyi ilgi duyulmasına neden olmuştur. Buna ek olarak, çoğu inokulum askosporik olduğundan, çimlenen birkaç sklerot tarlada önemli enfeksiyon seviyelerine yol açabilir (Davies, 1986). Ayrıca, askosporlar komşu tarlalardan uzun mesafeler kat edebilir ve taç yaprakları enfekte edebilir (Venette, 1998). *Sclerotinia* - kanola bitki-patojen sisteminde biyokontrol etmenlerinin yapraktan uygulanması önemlidir, çünkü askosporlar genellikle çiçeklenme aşamasında yaşanan taç yaprakları enfekte eder (Turkington ve Morrall, 1993). İlgili çalışmalar, *S. sclerotiorum* askosporları ile inoküle edilen genç kolza çiçeklerinin, yaşlı çiçeklere kıyasla kolza üzerinde daha fazla hastalık oluşturduğunu ortaya koymuştur (Inglis ve Boland, 1990). Bu, bitkiyi enfeksiyondan korumak için dar bir pencere olduğundan, biyolojik mücadele, petal yüzeylerindeki askosporların çimlenmesini kontrol etmede etkili olabilir.

Kimyasal pestisitlerin çevre üzerindeki etkisine ilişkin artan endişeler, *S. sclerotiorum*'un yönetimi için biyolojik mücadele stratejilerine olan ilginin artmasına neden olmuştur. *S. sclerotiorum*'un yönetimi için en çok çalışılan biyokontrol etmenleri arasında mikoparazitik funguslar ve hedef fungusun hipovirülent ırkları yer almaktadır. Parazitik fungus *Coniothyrium minitans*, *S. sclerotiorum* için bir biyolojik mücadele etmeni olarak yaygın bir şekilde çalışılmıştır (Smolińska ve Kowalska, 2018).

Biyolojik savaşın başarılı bir şekilde kullanılması, etkili bir dağıtım sistemine ve ardından bakterilerin enfeksiyon sahasında hayatta kalmasına bağlıdır (Fernando vd., 2007). *S. sclerotiorum*'un mücadelesi zordur. Çevre dostu bitki koruma, bitki patojenlerine karşı mücadele etmek için önleyici, fiziksel ve biyolojik önlemler gibi çeşitli yaklaşımların kombinasyonlarına dayanır.

Fungal hastalıkları kontrol etmenin bir unsuru, toprağa biyokömür ve kompost gibi organik madde girdileri ekleyerek biyolojik faaliyetleri değiştirmek olabilir. Kompost yaklaşık 100 yıldır artan bir ilgi görmektedir (Diaz ve de Bertoldi, 2007). Bu arada, kapsamlı bir şekilde gözden geçirildiği üzere (Martínez-Blanco vd., 2013;

Mehta vd., 2014), kompostun besin kaynağı, karbon birikimi, toprağın aşınmaya karşı dayanıklılığı, toprak nemi, toprak birikimi, biyoçeşitlilik, mahsul verimi ve en önemlisi zararlı ve hastalıkların bastırılması gibi birçok olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir.

Kompostun bitki patojenlerine karşı baskılayıcı etkisi çok çeşitli fungal hastalıklar için gösterilmiştir (Coventry vd., 2005; Noble ve Coventry, 2005; Termorshuizen vd., 2006; Morauf ve Steinkellner, 2015). Çalışmalarda %20 kompost oranı ile iyi verim elde edilmiştir (Morauf ve Steinkellner, 2015). Kompost ve biyokömür birleştirildiğinde de faydalı etkiler görülmüştür. Bu bağlamda, Schulz ve Glaser (2012), bitki büyümesinde iyileşme olduğunu, Akhter vd. (2015) ise, domateste *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* hastalığının şiddetinde azalma olduğunu bildirmiştir.

Bir atık yönetimi stratejisi olarak organik atıklardan da kompost üretilebilmesi, kompostların çeşitli bitki hastalıklarının görülme sıklığını azaltabilmesi nedeniyle tarımda çeşitli organik atıkların kullanımına yönelik araştırmaların artmasına yol açmıştır (Fuchs, 2002). Kompost ve kompost çaylarının toprak kaynaklı hastalıklar üzerindeki etkisi büyük ölçüde kompost formülasyonunun özelliklerine, kompostlaştırmaya, kompost çayının demlenme sürecine ve kullanılan materyallerin çevresel koşullarına bağlıdır (Litterick ve Wood, 2009).

Bir çalışmada, kompost veya potasyum sülfat ile karıştırılmış toprağın tarlada *S. sclerotiorum* mücadelesinde etkili olduğu ve uygulamaların beyaz küf hastalığının görülme oranını ve şiddetini azalttığı belirtilmiştir. Kompostlar bakla üretimini iyileştirmek için kullanılmış olup, organik katkıların kullanılması hastalık baskılaması yoluyla bitkisel üretimin çevresel sürdürülebilirliğini artırabilir. Huang vd. (2005), tatlı yonca samanı (2.5 ton/ha) veya balık unu (0.8 veya 2.5 ton/ha) gibi bazı organik madde katkılı toprağın *S. sclerotiorum*'un çimlenmesini azalttığını ve aynı zamanda fasulyede beyaz küf hastalığının görülme sıklığını ve şiddetini azalttığını bildirmiştir.

Tagoe vd. (2008), tohum ve bitkilerin toplam N içeriğinin kompost uygulamasından etkilendiğini tespit etmiştir. Azotlu gübre ve organik materyal uygulaması

yapraklardaki N ve K içeriğini artırmış, fotosentetik oranları ve fasulye bitkisinin verimini iyileştirmiştir (Santos vd., 2001). Arıtma çamuru kompostu ile birlikte uygulanan tri-kalsiyum fosfat, fasulye bitkilerinin sürgün ve yapraklarındaki NPK içeriğini artırmıştır (Mohamed ve Ebead, 2013). Organik gübrelerden tavuk gübresinin biyogübre olarak kullanılması fasulye bitkisinin bakla ve yapraklarındaki azot içeriğini artırmıştır (Feleafel ve Mirdad, 2014). Moghazy vd. (2014), kompost gübre ve mineral azotlu gübre kombinasyonlarının uygulanmasının bezelye bitkisinin yapraklarındaki NPK içeriğini artırdığını bulmuştur. Aynı eğilim, fenol içeriğinin artırılmasında uygulanan tüm işlemlerin çoğu için de tespit edilmiştir. Fenol içeriğinin artması, kompost içeriğindeki mikroorganizmaların baskılayıcı yeteneğinin artmasına neden olmasından kaynaklanmıştır. Kompost içerikleri metabolit değişimi için bitki ile etkileşime girebilmekte ve bu da bitki metabolizmasında önemli değişikliklere neden olabilmektedir (Vinale vd., 2008).

2.3. Vermikompost ve Vermikompost Çayının Bitki Fungal Hastalıkları Üzerine Etkileriyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Vermikompost, bitki nematodlarının varlığı ve sayısı üzerinde de olumlu etkilere sahiptir. Swathi vd. (1998), toprağa metrekaresine başına 1 kg oranında verмикompost uygulamasının, tütün bitkilerinde *Meloidogyne incognita* varlığını önemli ölçüde azalttığını ilk rapor eden çalışmayı yapmışlardır. Benzer bir azalma, Morra vd. (1998) tarafından da *Meloidogyne incognita*'nın bitki enfeksiyonu üzerinde gözlemlenmiştir.

Hindistan'da, sebzelerde önemli bir hastalık olan *S. sclerotiorum*'un bazı bölgelerde verimde %40'a kadar azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Hartman vd., 1999).

Nakasone vd. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, verмикompostlardan elde edilen sıvı ekstraktların *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Corticium rolfsii* ve *Fusarium oxysporum*'un misel gelişimini önemli ölçüde engellediği bildirilmiştir.

Tarla koşullarında yapılan çalışmalarda, verмикompost uygulaması ile çileklerde *Verticillium*'un ve üzümde *Phomopsis* ve *Sphaerotheca fuliginea*'nin neden olduğu

fungus hastalıklarının görülme oranlarında da anlamlı düzeyde azalma elde edilmiştir. Araştırmacılar ayrıca vermikompost sterilize edildiğinde baskılayıcı yeteneğini kaybettiğini, bu nedenle hastalık baskılama mekanizmasının biyolojik olduğunu güçlü bir şekilde önerdiklerini belirtmişlerdir. *Fusarium oxysporum*'un neden olduğu domates solgunluğu hastalığı, süt bazlı katı vermikompost kullanıldığında önemli ölçüde baskılanmıştır (Kannangara vd., 2000).

Szczeczek ve Smolinska (2001), *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* türünün neden olduğu domates kök çürüklüğüne karşı sığır gübresi ve kanalizasyon çamuru bazlı vermikompostların baskılayıcı etkilerini değerlendiren karşılaştırmalı bir analiz yapmışlardır. Çalışma sonucunda, kanalizasyon çamuru bazlı vermikompostun domates fidelerini *Phytophthora nicotianae* patojenine karşı koruyamadığı, ancak sığır gübresi bazlı vermikompostun patojen enfeksiyonunu önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir.

Chaoui vd. (2002), turpta *Rhizoctonia* ve hıyarda *Pythium* türlerinin neden olduğu hastalıkların sera koşullarında önemli ölçüde azaldığını doğrulamış ve bu etkinin, vermikompost içinde bulunan biyokontrol ajanı *Trichoderma* spp.'nin varlığına bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Singh vd. (2003) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, *Erysiphe pisi* ve *Erysiphe cichoracearum*'un sırasıyla bezelye ve reçineli bitkilerde neden olduğu külleme hastalıklarına karşı vermikompostun sulu ekstraktının yapraklara doğrudan püskürtülmesinin etkileri test edilmiştir. *Alternaria brassicae*, *Alternaria solani*, *Curvularia penniseti*, *Curvularia pallescens*, *Helminthosporium speciferum*, *Helminthosporium penniseti* gibi çeşitli saprofitik ve fitopatogenik fungusların *in vitro* spor çimlenmesi sulu vermikompost ile önemli ölçüde engellenmiştir. Ancak, saha koşullarında inokülasyon sonrası uygulama, inokülasyon öncesine göre bezelyede daha yüksek koruma sağlamıştır. Diğer yandan, reçineli bitkilerde külleme hastalığına karşı hem inokülasyon öncesi hem de sonrası uygulamalar etkili bulunmuştur. Bununla birlikte, bu değişken etkinin açıklanması zordur. Ancak, bu bulgular vermikompost kullanımının bitki hastalıklarını kontrol etmek için uygulanabilir bir alternatif teknik olarak yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Singh vd. (2003), çiftçilere vermikompost çayının basit, ucuz ve çevre dostu bir yöntem olarak doğrudan yapraklara uygulamalarını önermiştir. Vermikompost çayı uygulamalarının verimi yüksek oranda arttırdığına dikkat çekilmiştir.

Rivera vd. (2004), *Rhizoctonia solani*'nin neden olduğu domateslerde çökerten hastalığına karşı vermikompostun bitki büyümesini destekleyici özelliği ve biyolojik etkinliği değerlendirilmiştir. Bitki büyüme ortamlarının mikrobiyal kompozisyonu, %0, %25, %50, %75 ve %100 hacim oranlarında vermikompost ile desteklenmiş olarak incelenmiştir. Vermikest %20 oranında uygulandığında, *R. solani*'nin hastalık şiddetinin %25-100 oranlarında azaldığı; vermikompostun yalnızca çökerten hastalığını baskılamakla kalmayıp aynı zamanda fide üretimini de teşvik ettiği gözlemlenmiştir. Bu bulgular, vermikompostun domates fidelerinde çökerten hastalığını kontrol etmek için etkili bir alternatif olarak kullanılabileceğini ve fide gelişimini destekleyen etkili bir araç olabileceğini ortaya koymaktadır.

Kanola bitkisinde, *Sclerotinia* gövde çürüklüğü hastalığında her %1 artış için verimin %0.5 (12.75 kg/ha'ya eşdeğer) oranında azaldığı bildirilmektedir (del Río vd., 2007).

Edwards vd. (2007), toprak solucanlarının toprak bileşenlerini alarak humik asitleri sindirim yoluyla emdiğini ve sonuçta elde edilen vermikomposta poliklorlu ve monomerik fenoller salgıladığını bildirmiştir. Bu özellik sayesinde toprağa ve bitkiye faydalı olduğu belirtilmiştir.

Sebzelerde *Phytophthora brassicae*, *Phytophthora nicotianae* ve *Rhizoctonia solani*'nin mücadelesi vermikompost uygulamalarıyla sağlanmıştır (Asciutto vd., 2006; Simsek-Ersahin vd., 2009).

Zaller (2006), üç domates çeşidinde vermikompost çayının büyüme, verim, meyve kalitesi ve *Phytophthora infestans*'a karşı hastalık baskılama potansiyelini araştırmıştır. Çalışma, su püskürtülen kontrol bitkilerine kıyasla, domates bitkilerinin yaprak, gövde ve meyvelerinde *Phytophthora infestans*'ın neden olduğu hastalığa karşı daha düşük duyarlılık göstermiştir.

Manandhar ve Yami (2008), aerobik kompost ve vermikompost sıvı çözeltilerinin pirinçte kök çürüklüğüne neden olan *Fusarium moniliforme* üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla karşılaştırmalı bir analiz yapmıştır. Çalışmada dört farklı uygulama gerçekleştirilmiş olup bu uygulamalar havalandırılmış vermikompost çayı, havalandırılmamış vermikompost çayı, havalandırılmış kompost çayı ve havalandırılmamış kompost çayı olarak belirlenmiştir. En yüksek kontrol etkinliğinin havalandırılmış vermikompost çayı ile sağlandığı, en düşük etkinin ise havalandırılmamış kompost çayı ile elde edildiği bildirilmiştir. Çayın etkinliği, hazırlama yöntemi, ekstraksiyon süresi, kullanılan kompost türü (kompost/vermicompost) ve test edilen bitki türleri gibi çeşitli faktörlere bağlı görünmektedir.

Kompost veya biyolojik kontrol etmenlerinin bireysel olarak kullanılmasının yanı sıra, kompostların biyolojik savaş etmenleri ile güçlendirilmesinin, kompostlardaki biyolojik etmenlerin kolonizasyon sürecini artırabileceği önerilmiştir (Sahni vd., 2008a; Sarma vd., 2010).

Sahni vd. (2008b), nohut bitkisinde kök çürüklüğü hastalığına yol açan *Sclerotium rolfsii*'ye karşı oksalik asit, çinko sülfat ($ZnSO_4$) gibi iki farklı kimyasal madde ile biyolojik etmen olan *Pseudomonas syringae* ve vermikompostun baskılayıcı etkisini karşılaştırmalı bir çalışmada değerlendirmiştir. Vermikompost ilavesinin, kontrol grubuna kıyasla nohut bitkilerindeki ölüm oranını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, *S. rolfsii*'ye karşı baskılayıcı etkinin, kimyasallarla ön inokülasyon yapıldığında daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma, kimyasal maddelerin ve vermikompostun birleşik etkisinin, nohut bitkilerinde sistemik kazanılmış direnç gibi savunma mekanizmalarını güçlendirdiğini ve uyardığını ortaya koymuştur.

Birçok kompost ve biyolojik olarak güçlendirilmiş kompostun, toprak düzenleyici olarak uygulandığında patojen sayısını azalttığı ve toprak kökenli patojenik ajanlara karşı bitkileri koruduğu bildirilmiştir (Al-Mughrabi, 2010; Mokhtar ve El-Mougy, 2014).

Zararlılarla mücadelede genel baskılayıcı etkinliği artırmak amacıyla biyopestisitler de vermikompostlarla birlikte eklenmiştir. Örneğin, patlıcan bitkisi için biyopestisitler ve vermikompostun kombinasyonu, nematod (*Meloidogyne incognita*) karşısında etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu ortak uygulama ile patlıcan bitkisinin verimi de önemli ölçüde artmıştır (Gorakh Nath vd., 2011).

Vermikompost çayındaki geniş mikrobiyal topluluklar ve aktiviteleri, besinlerin yavaş fakat dengeli bir şekilde salınmasını sağlayarak azot ihtiyacını azaltmakta, bitkilerin fenol içeriğini artırmakta ve böylece zararlı ve hastalıklara karşı bitki toleransını artırmaktadır (Pathma ve Sakthivel, 2012).

Barman vd. (2013) tarafından patlıcan bitkisinde *Fusarium solgunluğuna* karşı yürütülen bir çalışmada, düşük konsantrasyondaki (%0.1) vermikompost çayının bile patojenin büyüme ve gelişimini önemli ölçüde engellediği gözlemlenmiştir. Yüksek konsantrasyonda (%5) vermikompost çayı uygulaması ise, patlıcanda en yüksek büyüme ve gelişimi sağlarken, tedavi edilen bitkilerde hastalık direnci kontrol bitkilerine kıyasla daha yüksek düzeyde gözlemlenmiştir. Bu çalışma ayrıca vermikompost uygulanmasının, yalnızca bitki büyümesini artırmakla kalmayıp aynı zamanda bitkilerde hastalık toleransını tetikleyerek mikrobiyal çeşitliliği teşvik ettiğini de doğrulamıştır.

Trichoderma harzianum, *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas fluorescens* ile güçlendirilmiş vermikompostun *Fusarium oxysporum*'a karşı antagonistik etkisi incelenmiş ve biyolojik güçlendirmenin yalnızca bitki büyümesini kolaylaştırmakla kalmayıp aynı zamanda solgunluk hastalığını da önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Bu mikrobiyal suşların, antifungal metabolitler, hidrolitik enzimler ve antikorlar salgılama potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir (Keswani vd., 2014).

Gill ve Walia (2014) ise vermikompost ile kimyasal gübrelerin birlikte uygulanmasının, iz element ve mikro besin eksikliklerini gidererek, ilgili besin elementlerinin etkisini artırarak ve toprak için optimal fiziksel koşulları sağlayarak verim istikrarının korunmasına katkıda bulunduğunu bildirmiştir.

Basco vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, biyolojik olarak güçlendirilmiş vermikompost ile domatesin *Fusarium solgunluk* hastalığının yönetimi incelenmiş ve vermikompost uygulamasının tek başına veya *Trichoderma harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* ve *Bacillus subtilis* gibi mikrobiyal etmenlerle güçlendirilmesinin, domates bitkilerinin büyümesini ve besin durumunu önemli ölçüde iyileştirdiği ortaya konulmuştur. Ayrıca, biyolojik kontrol etmenleriyle güçlendirilmiş vermikompostla tedavi edilen bitkilerde, kontrol bitkilerine kıyasla hastalık oranının daha düşük olduğu bulunmuştur.

Rao vd. (2017) tarafından yapılan benzer bir çalışmada ise, *Bacillus subtilis* IIHR BS-2 ile güçlendirilmiş vermikompostun, yumuşak çürüklük hastalığını ve kök ur nematodunu etkili bir şekilde yönettiği rapor edilmiştir.

You vd. (2019) tarafından yapılan bir araştırmada, bambu atığına dayalı vermikompostun hıyarda çökerten hastalığı üzerindeki etkisi incelenmiş ve *Pythium aphanidermatum*, *P. ultimum* var. *ultimum* ve *Rhizoctonia solani* AG1-IB'nin neden olduğu çökerten hastalığının, otoklavlanmış vermikompost ve ticari fidanlık ortamına kıyasla vermikompostla önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur. Bunun, vermikompostta otoklavlanmış vermikompost ve ticari ortamla kıyaslandığında daha yüksek mikroorganizma çeşitliliği ve aktivitesine atfedildiği belirtilmiştir. Diğer araştırmalar da, organik düzenlemeler, özellikle vermikompost uygulandığında, patatesin geç yanıklığı ve hıyarda *Fusarium solgunluğu* gibi hastalıkların önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir (Peerzada vd., 2020; Zhang vd., 2020).

Yapılan diğer bir çalışmada, vermikompostun domates bitkilerinin gelişimi ve *S. sclerotiorum*'un kültür gelişimi üzerine etkisi incelenmiştir. *In vitro* çalışmalarda *S. sclerotiorum*'un koloni gelişimini engellemediği, ancak sklerot oluşumunun engellendiği görülmüştür. *In vivo*'da ise vermikompostun domates bitkilerinin gelişimi ve *S. sclerotiorum*'un neden olduğu kök çürüklüğü hastalığına etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda her iki domates çeşidine ait fide gelişim parametreleri açısından muamale grupları arasında istatistiki açıdan önemli farklılıkların olduğu ve genel olarak vermikompostun fide gelişimi açısından olumlu etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Vermikompostun domates fidelerindeki hastalık

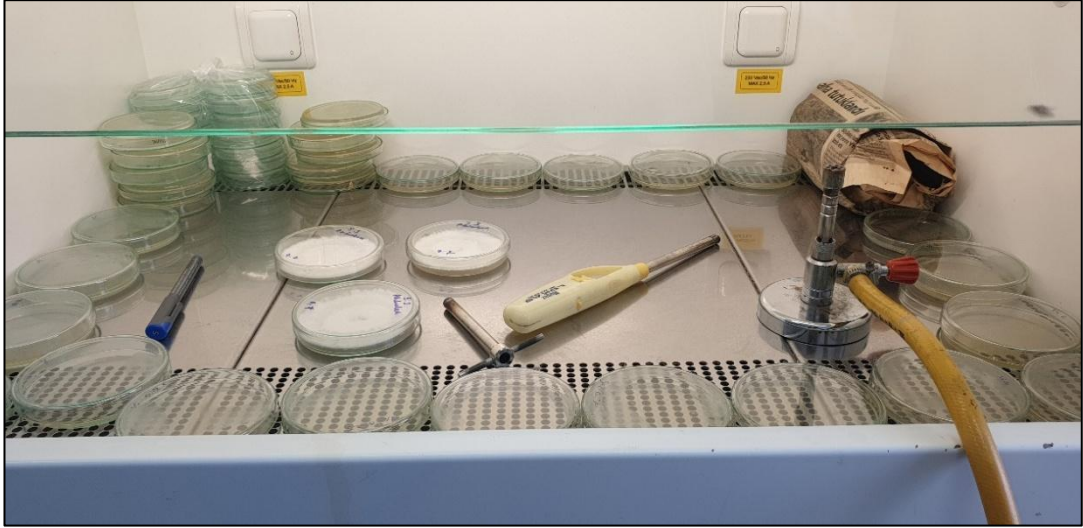
şiddeti üzerinde de engelleyici etkisinin olmadığı, kontrol uygulamasına göre daha yüksek hastalık şiddetine neden olduğu belirlenmiştir (Yaviç vd., 2020b).

Bangladeş'in Chapainawabganj bölgesinde, bezelye (*P. sativum* L.) bitkilerinde sap ve baklalarda ten renginden açık kahverengiye kadar değişen yanıklara sebep olan yeni bir hastalık tespit edilmiştir. Patojen *S. sclerotiorum* ile %100 benzerlik göstermiş ve bu fungusun, Bangladeş'te bezelyede beyaz küf hastalığına neden olan etmen olduğu doğrulanmıştır. *S. sclerotiorum*'un miselyal büyümesi ve sklerotiyal gelişimi 20°C sıcaklık ve pH 5.0 koşullarında en uygun seviyeye ulaşmıştır. Glikoz, hifal büyüme ve sklerot oluşumunu destekleyen en uygun karbon kaynağı olarak belirlenmiştir (Islam vd., 2021).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Vermikompost içeriği %80 hayvan gübresi, %20 bitkisel kökenli organik maddeler ve vermikompost solucanlarının aktivitesi sonucu oluşan hormonlar, enzimler ve mikrobiyal popülasyondan oluşmuştur. Vermikompost çayı ise vermikompostun olgunlaşma sürecinde akan sıvı olup bu da aynı şekilde hormon, enzim ve mikrobiyal popülasyondan oluşmaktadır. Vermikompost ve vermikompost çayı Isparta'da bulunan özel bir işletme olan Yeşil Vadi'den temin edilmiştir. Denemelerde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı kültür koleksiyonunda bulunan virülensi yüksek *Sclerotinia sclerotiorum* izolatu kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Saf kültürden *Sclerotinia sclerotiorum*'un tekrar çoğaltılması

3.2. In Vitro Çalışmalar

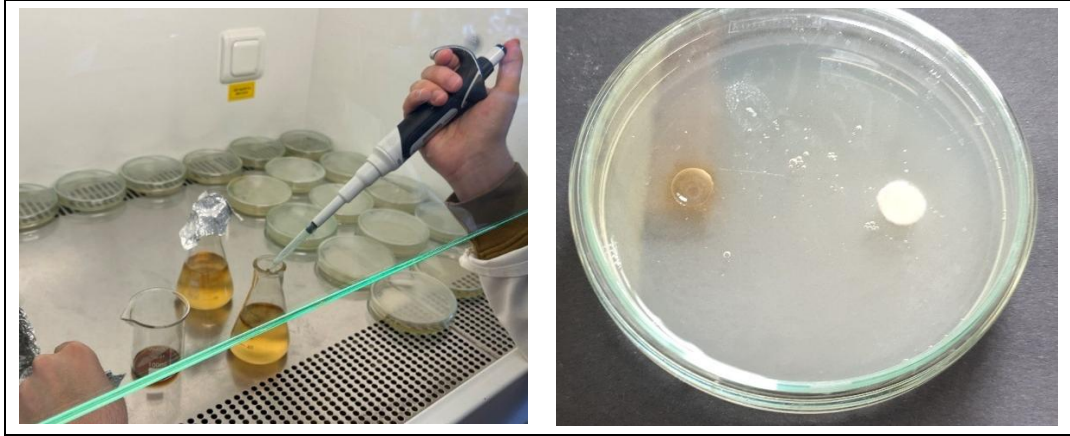
In vitro etkinlik denemesinde, vermikompost çayının farklı konsantrasyonlarının *S. sclerotiorum* misel gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Patojenin büyümesi üzerine vermikompost çayının etkisinin değerlendirilmesinde Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamı kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında iki ayrı deneme gerçekleştirilmiştir. Bu iki yöntemin kullanılmasıyla, vermikompost çayının antifungal etkinliğinin temel kaynakları ayrıştırılmaya çalışılmıştır. Sterilize edilmiş

ayda yalnızca kimyasal bileşenlerin (enzimler, hormonlar ve diğer organik maddeler) etkileri gözlemlenirken; sterilizasyon uygulanmamış ayda ise hem kimyasal bileşenlerin hem de mikrobiyal aktivitenin (faydalı mikroorganizmalar) katkıları değerlendirilmiştir. Böylece, vermikompost ayının antifungal etkisinin kimyasal bileşenlere mi, mikrobiyal canlılara mı yoksa her ikisinin sinerjik etkisine mi dayandığı belirlenmeye çalışılmıştır.

Birinci denemede, soğuk sterilizasyon yöntemiyle sterilize edilmiş vermikompost ayı kullanılarak, fungus üzerine doğrudan kimyasal bileşenlerin etkisi incelenmiştir. Vermikompost enjektör ucuna yerleştirilen 0.22 mikronluk steril filtre ile süzölmüştür. Bu denemede %0.25, %0.5, %1, %1.5 ve %2 olmak üzere beş farklı konsantrasyon uygulanmıştır. Materyal hazırlık aşamasında, her bir konsantrasyon için 250 ml'lik erlenlerde 100 ml PDA hazırlanmış ve 121°C'de 20 dakika süreyle otoklavlanmıştır. Otoklavdan sonra ortamlar 45°C'ye kadar soğutulmuş ve belirtilen vermikompost ayı konsantrasyonları besi ortamlarına eklenmiştir. Daha sonra ortamlar petri kaplarına dökölerek katılaşmaları beklenmiştir.

S. sclerotiorum 7 gün boyunca PDA besi ortamında költüre alınmıştır. Ardından 6 mm çapında fungus diskleri petri kaplarına yerleştirilmiştir. Kontrol grubu Petri kaplarına vermikompost ayı eklenmemiştir. Tüm Petri kapları 25°C'de, koloni çapları kontrol kaplarını tamamen kaplamadan hemen önce yaklaşık bir hafta süreyle inkübe edilmiştir ve koloni çapları ölçölmüştür. Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre 5 tekerrörlü olarak kurulmuştur.

İkinci denemede ise soğuk sterilizasyon yöntemi uygulanmadan vermikompost ayının etkisi değerlendirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İkili kültür denemesinin kurulması

PDA besiyeri aynı miktarlarda Petri kaplarına dökülmüş ve katılaşması beklenmiştir. Petri kaplarındaki besiyeri üzerine kenarlardan 3 cm boşluk bırakacak şekilde bir mantar delici yardımıyla oluk açılmış ve vermikompost çayı bir pipet yardımıyla 30 µl miktarda konulmuştur. Karşısına *S. sclerotiorum* 6 mm çapında miselli agar diskisi yerleştirilmiş ve Petri kapları 25°C'deki inkübatöre yerleştirilmiştir. Deneme süresi sonunda inhibisyon zonu ve karşılıklı gelişen kolonilerin koloni çapları ölçülmüştür. Deneme 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

3.3. Saksı Çalışmaları

Denemelerde kullanılan yetiştirme ortamı toprak: kum: torf karışımı (1:1:1, v:v:v) toprak sterilizatörü kullanılarak 160°C'de 2 kez 8 saat süreyle dezenfekte edilmiştir. Denemelerde bitki dikimi için 15 cm plastik şeffaf saksılar kullanılmıştır.

Vermikompost yetiştirme ortamına 3 farklı oranda (%1, %2, %3) karıştırılmış ve daha sonra tohum ekimi yapılmıştır. Vermikompost çayı ise *in vitro* etkinlik denemelerinden elde edilmiş sonuçlara göre 3 farklı dozda (%0.5, %1, %1.5) kullanılmıştır (Şekil 3.3). Vermikompost ve vermikompost çayı tohum ekimi ile birlikte toprağa uygulanmıştır. Tohum ekimleri tamamlandıktan sonra saksılar 25±2°C sıcaklık ve 12 saat fotoperiyotta bir iklim odasına yerleştirilmiştir. Deneme kurulduktan 2 hafta sonra patojen inokulasyonu yapılmıştır. Patojen inokulasyonu için *S. sclerotiorum* PDA besiyerinde geliştirilmiştir. PDA besiyerinde geliştirilmiş patojenin taze kültüründen 10 mm çaplı 3 disk bitkilerin kök bölgesi civarına yerleştirilmiştir. Kontrol bitkilere patojen inokulasyonu yapılmamıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. *Sclerotinia sclerotiorum* VKÇ'nın hazırlanışı ve bitkilere uygulanması



Şekil 3.4. *Sclerotinia sclerotiorum* inokulumunun bitkilere uygulanması

Deneme planı ve uygulamalar aşağıdaki şekilde tasarlanmıştır.

1. Kontrol (-) K
2. Patojen (+)
3. Vermikompost (VK) 3 doz
4. Vermikompost (VK) 3 doz + Patojen (P)
5. Vermikompost çayı (VKÇ) 3 doz
6. Vermikompost Çayı (VKÇ) 3 doz + Patojen (P)

Deneme süresince bitkiler düzenli olarak sulanmıştır. Deneme Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 4 tekerrürlü ve her bir tekerrürde 5 bitki olacak şekilde kurulmuştur (Şekil 3.5).

Deneme süresi sonunda bitki gelişim parametreleri değerlendirilmiştir. Bitki boyu bir mezur yardımıyla ölçülüp kaydedilmiştir. Bitkiler söküldükten sonra kök ve sürgün kısımları birbirinden ayrılarak tartılmış; sürgün ve kök yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Son olarak sürgün ve kök kuru ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla bitkiler paketlenerek 70°C’de 2 gün süreyle kurutulmuş ve kuru ağırlıklar alınarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.5. Saksı denemesinin bir bölümünden görünüm

Deneme süresi sonunda beyaz çürüklük hastalık şiddeti skala kullanılarak değerlendirilmiştir. Skalaya göre; 0 = sağlıklı bitki; 1 = toplam hastalıklı alana göre yapraklar üzerinde az sayıda lezyon yani %< 5; 2 = toplam hastalıklı alana göre yapraklar üzerinde birkaç lezyon yani %5 – 10; 3 = toplam hastalıklı alana göre yapraklarda çok sayıda lezyon yani %11 – 30 ve gövdenin üst kısmında gövde çürüklüğü; 4 = toplam hastalıklı alana göre yapraklarda geniş lezyonlar yani %31 – 50 ve sürgün üst kısmında çürüklükler; ve 5 = toplam hastalıklı alana göre yapraklarda % ≥ 50 lezyon ve bitkinin üst kısmına ilerleyen çürüklük veya bitki ölümü (Zhang ve Xue, 2010). Skala değerleri üzerinden indeks ve hastalık şiddeti hesaplanmıştır (Denklem 3.1).

$$\text{Hastalık şiddeti} = \left(\frac{\sum(ab) \times 100}{AK} \right) \quad (3.1)$$

a = Aynı enfeksiyon derecesine sahip hastalıklı bitki sayısı; b = Enfeksiyon derecesi;
A = İncelenen toplam bitki sayısı; K = En yüksek enfeksiyon derecesi

3.4. İstatistik Analizler

Deneme sonunda elde edilen veriler Minitab 20 paket program kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş ve Tukey ($P < 0.05$) çoklu karşılaştırma testi ile uygulamaların birbirinden farklılıkları ortaya konulmuştur.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Vermikompost ve Vermikompost Çayının *Sclerotinia sclerotiorum*'un *In vitro*'da Misel Gelişimi Üzerine Etkileri

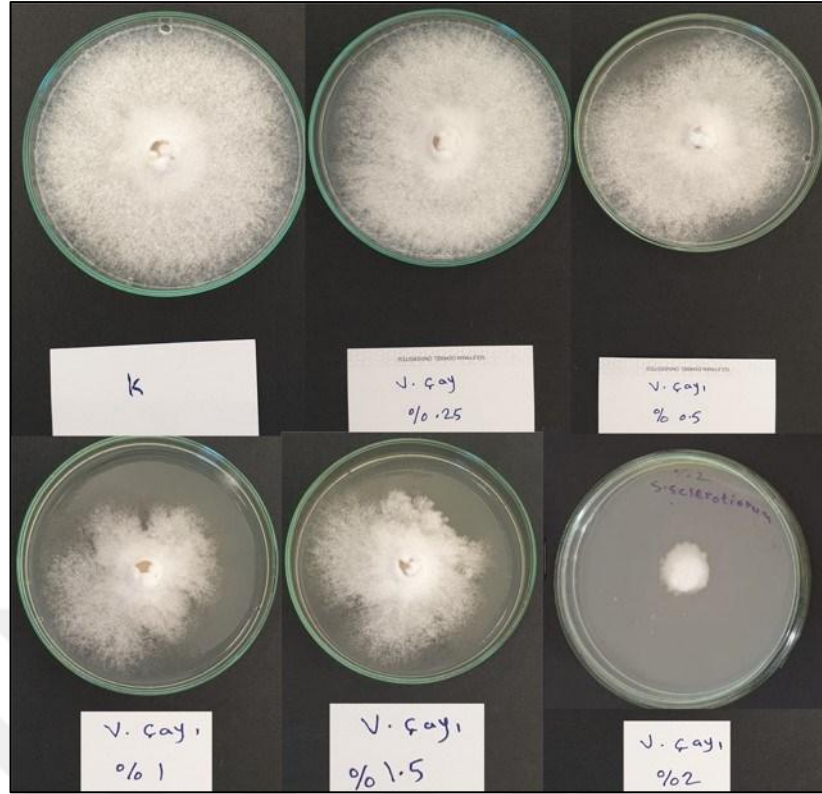
Bu denemede, 0.22 mikronluk filtre ile süzülerek soğuk sterilizasyon yöntemiyle sterilize edilmiş vermikompost çayının *S. sclerotiorum*'un *in vitro*'da misel gelişimi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Vermikompost çayının *in vitro*'da *Sclerotinia sclerotiorum*'un misel gelişmesi üzerine etkisi

Konsantrasyon (%)	Koloni çapı (mm)*	Etki (%)
Kontrol	86.0 a	-
0.25	78,6 b	8.6
0.5	55.3 c	35.7
1.0	50.6 c	41.2
1.5	43.7 d	49.2
2.0	17.9 e	79.2

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey ($P<0.05$) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Elde edilen sonuçlara göre steril vermikompost çayının konsantrasyonu arttıkça fungusun koloni çapında anlamlı bir azalma gözlemlenmiş ve artan konsantrasyona bağlı olarak etki oranları %8.6-79.2 arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). Vermikompost çayı %2.0 konsantrasyonda misel gelişimini %79.2 oranında engellemiştir. Bu da uygulanan çayın fungus gelişimini doza bağlı şekilde baskıladığını göstermektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Steril edilmiş VKÇ uygulaması sırasıyla

Vermikompost çayının steril edilmiş olması, antifungal etkinin çay içindeki canlı mikroorganizmalardan değil, çözünmüş kimyasal bileşenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Bu bileşenler arasında humik ve fulvik asitler, fenolik bileşikler ve çeşitli çözünmüş organik maddeler bulunmaktadır (Javanmardi vd., 2023).

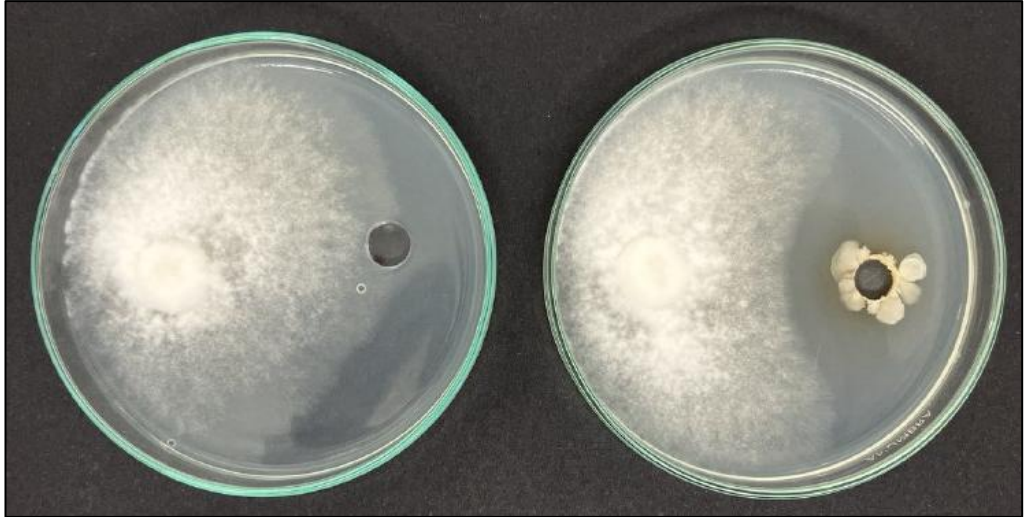
Benzer şekilde, Ibrahim vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada, sterilize edilmiş kompost çayının *Colletotrichum capsici* fungusuna karşı etkili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, González-Hernández vd. (2021), steril kompost çayının bitki gelişimini desteklediğini ve patojen funguslara karşı direnç oluşturduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, bu çalışma soğuk sterilizasyon yapılan vermikompost çayının *S. sclerotiorum* gibi fitopatojen funguslara karşı biyolojik mücadelede etkili ve çevre dostu bir yöntem olabileceğini ortaya koymuştur.

Vermikompost çayının *in vitro*'da doğrudan besiyerine *Sclerotinia sclerotiorum*'un miselyum diski ile karşılıklı açılan oluk içerisine verilerek kurulan denemede fungusun misel gelişimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. *In vitro*'da vermikompost çayı ve *Sclerotinia sclerotiorum*'un karşılıklı ekim ile misel gelişmesi üzerine etkisi

Uygulama	Ortalama koloni çapı (mm)	% Etki	İnhibisyon zonu (mm)
<i>S. sclerotiorum</i>	73.8	47.4	19.4
<i>S. sclerotiorum</i> + vermikompost çayı	19.8		

Kontrol grubunda *S. sclerotiorum*'un ortalama koloni çapı 73.8 mm olarak ölçülmüştür. Vermikompost çayı uygulanan ortamda ise bu değer 19.8 mm'ye düşmüştür. Buna göre, misel gelişiminde %47.4 oranında baskılanma gözlemlenmiş ve ayrıca 19.4 mm'lik belirgin bir inhibisyon zonu oluşmuştur. Bu bulgular, vermikompost çayının *S. sclerotiorum* üzerinde güçlü bir antifungal aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Steril edilmeyen VKÇ uygulaması sırasında kontrol ve ikili uygulama

Kullanılan vermikompost çayı sterilize edilmemiştir, bu da elde edilen etkinin yalnızca çözünmüş maddelere değil, aynı zamanda çaydaki mikrobiyal popülasyona da bağlı olabileceğini düşündürmektedir. Nitekim, vermikompost çayında bulunan *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. gibi yararlı mikroorganizmaların, fungal patojenler üzerinde antagonistik etki gösterdiği çok sayıda çalışmada belirtilmiştir. Bu mikroorganizmalar; antibiyotik üretimi, hidrolitik enzim salgısı, siderofor üretimi ve besin/mekân rekabeti yoluyla patojenleri baskılayabilmektedir (Ameen vd., 2022; Pathma ve Sakthivel, 2023).

Elde edilen bulgular, literatürdeki bazı çalışmalarla uyumludur. Örneğin, Ameen vd. (2022), vermikompost çayının *Rhizoctonia solani* gibi toprak kaynaklı patojenlerde %40–60 oranında büyüme baskılaması sağladığını bildirmiştir. Benzer şekilde, Ebrahimi vd. (2020), vermikompost kaynaklı mikrobiyal toplulukların *Fusarium oxysporum*'a karşı anlamlı düzeyde antagonistik aktivite sergilediğini göstermiştir. Ayrıca, Sinha vd. (2019), sterilize edilmiş vermikompost çaylarının antifungal etkinliğinin ciddi oranda azaldığını vurgulayarak, canlı mikrobiyal içeriğin etkide belirleyici olduğunu ifade etmiştir. Bu bilgiler, bu çalışmada kullanılan steril olmayan vermikompost çayının güçlü etkisini açıklamaktadır.

4.2. Vermikompostun *Sclerotinia sclerotiorum*'un Hastalık Şiddeti Üzerine Etkisi

Vermikompostun farklı dozlarının *S. sclerotiorum*'un hastalık şiddeti üzerine etkileri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Vermikompostun *Sclerotinia sclerotiorum*'un hastalık şiddeti üzerine etkisi

Uygulama	Hastalık indeksi	Hastalık Şiddeti (%)	Etki (%)
<i>S. sclerotiorum</i> (P)	4.1 a*	81.7	-
VK %1 + P	1.5 b	30.0	44.9
VK %2 + P	0.9 c	18.3	59.2
VK %3 + P	0.3 d	6.7	73.5

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Çizelge 4.3'te sunulan verilere göre, farklı oranlarda uygulanan vermikompostun *S. sclerotiorum*'un neden olduğu hastalık şiddeti üzerindeki etkisi önemli ölçüde değişiklik göstermiştir. Sadece patojen uygulanan kontrol grubunda (P), hastalık indeksi 4.1 ve hastalık oranı %81.7 olarak belirlenmiş; bu da patojenin bitki üzerinde ciddi düzeyde enfeksiyon oluşturduğunu göstermektedir.

Vermikompost uygulamaları hastalık şiddetini anlamlı düzeyde azaltmıştır. Bitkilere uygulanan vermikompost oranı arttıkça hastalık şiddeti azalmış ve doza bağlı olarak hastalık şiddeti oranı %44.9-73.5 arasında değişmiştir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4).



Şekil 4.3. Vermikompost uygulamasının doz artışına bağlı olarak sadece patojen uygulamasına göre fasulye köklerdeki kök gelişimine etkisi (sırasıyla kontrol, VK'un %1, %2 ve %3 dozları ve patojen)



Şekil 4.4. Vermikompost uygulamalarının fasulye bitkisinde hastalık şiddeti üzerine etkileri (sırasıyla kontrol, VK'un %1, %2 ve %3 dozları ve patojen)

Bu bulgular, vermikompost dozu arttıkça patojenin oluşturduğu hastalık şiddetini baskılama kapasitesinin de arttığını açıkça ortaya koymaktadır. Vermikompostun bu etkisinin, toprağın mikrobiyal yapısını zenginleştirerek faydalı mikroorganizmaların gelişimini desteklemesi ve patojenlerle rekabeti artırması sayesinde gerçekleştiği düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar, vermikompostun bitki hastalıklarının mücadelesinde çevre dostu bir alternatif olabileceğini ve özellikle *S. sclerotiorum* gibi toprak kökenli patojenlere karşı etkili bir strateji sunduğunu göstermektedir.

Bu bulgular, vermikompostun toprak mikrobiyal yapısını iyileştirerek patojenlerin gelişimini engellediğini destekleyen literatürle uyumludur. Aranega-Bou vd. (2020), vermikompostun bitkide sistemik direnç mekanizmalarını tetikleyerek patojenlere karşı koruyucu etkiler sağladığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Wang vd. (2021), vermikompostun toprak sağlığını artırarak bitki hastalıklarının mücadelelerinde etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca Ayyanadar vd. (2022), vermikompostun fenolik bileşikler ve diğer savunma maddelerinin üretimini artırdığını göstermiştir.

Bu bulgular, vermikompostun hastalık baskısını konsantrasyon arttıkça daha etkin şekilde azalttığını göstermektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar, vermikompostun bitki savunma mekanizmalarını uyararak ve toprak mikrobiyal topluluğunu dengeleyerek toprak kaynaklı patojenlerin gelişimini engellediğini desteklemektedir (Zhang vd., 2022; Ahmed vd., 2023). Vermikompostun bitki gelişimini teşvik ettiği gibi hastalıklarla da mücadele açısından oldukça önemli bir yeri olduğu yapılan bazı çalışmalarla belirlenmiştir (Arancon vd., 2006; Edwards vd., 2006; Pant vd., 2009).

Solucanların vücutlarından salgıladıkları sölom sıvısından dolayı vermikompost, bitkiler üzerinde antibakteriyel ve antifungal etki yaratmaktadır. Vermikomposta karışan sölom sıvısının yapısında bulunan aglütinin, fetidin, lumbricidin ve kitinaz gibi enzimler ve proteinler bazı fungus, bakteri ve yapısında kitin maddesi bulunduran zararlıların olumsuz etkisini azaltmaktadır (Wang vd., 2006).

Türkiye’de yapılan yerel bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yaviç vd. (2020a), vermikompostun %3 oranında domatesta *S. sclerotiorum*’un neden olduğu kök çürüklüğü hastalığını önemli ölçüde azalttığını ve hastalık şiddetini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Türkiye’den bir diğer çalışma ise Kaya vd. (2021) tarafından

gerçekleştirilmiş olup, vermikompostun %2-3 oranlarında uygulanmasının sera ortamında fasulye bitkisinde *S. sclerotiorum* hastalık şiddetini anlamlı ölçüde azalttığını ve bitki sağlığını iyileştirdiğini göstermiştir. Bu çalışmalar, vermikompostun bir biyogübre olarak baskıcı toprak özelliğinden dolayı biyolojik savaş yöntemi olduğunu desteklemektedir. Sonuç olarak, vermikompost özellikle %2-3 oranında uygulandığında *S. sclerotiorum* gibi toprak kaynaklı patojenlere karşı etkili, çevre dostu ve sürdürülebilir bir biyolojik mücadele yöntemi olarak kullanılabilir.

4.3. Vermikompost Çayının *Sclerotinia sclerotiorum*'un Hastalık Şiddeti Üzerine Etkisi

Bu çalışmada, vermikompost çayının *Sclerotinia sclerotiorum*'un hastalık şiddeti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Vermikompostun farklı dozlarının *S. sclerotiorum*'un hastalık şiddeti üzerine etkileri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Vermikompost çayının *Sclerotinia sclerotiorum*'un hastalık şiddeti üzerine etkisi

Uygulama	Hastalık indeksi	Hastalık Şiddeti (%)	Etki (%)
<i>S. sclerotiorum</i> (P)	4.1 a*	81.7	-
VKÇ %0.5 + P	1.3 b	25.0	51.1
VKÇ %1 + P	1.1 b	21.7	55.1
VKÇ %1.5 + P	0.7 c	13.3	65.3

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi, sadece patojen uygulanan kontrol grubunda (P) hastalık indeksi 4.1 ve hastalık şiddeti %81.7 ile en yüksek seviyededir. Bu, patojenin fasulye bitkilerinde şiddetli hastalık oluşturduğunu göstermektedir.

Vermikompost çayının farklı konsantrasyonlarda uygulanması hastalık şiddetinde anlamlı azalmalar sağlamıştır. Vermikompost çayı konsantrasyon artışı ile birlikte hastalık şiddetinde önemli düzeyde azalma sağlamıştır. Vermikompost çayı doz artışıyla birlikte (%0.5, %1.0 ve %1.5 dozlarda) hastalık şiddetinde sırasıyla %51.1, %55.1 ve %65.3 oranlarında azalma sonuçlamıştır (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).

Bu bulgular, vermikompost çayının konsantrasyon arttıkça *S. sclerotiorum* hastalığını baskılama kapasitesinin arttığını göstermektedir. Literatürde benzer şekilde, vermikompost çayının bitkilerde sistemik direnç mekanizmalarını harekete geçirdiği ve patojen gelişimini engellediği rapor edilmiştir (Kumar vd., 2021; Li vd., 2022). Ayrıca, vermikompost çayının toprak mikroflorasını zenginleştirerek patojen rekabetini azaltmada önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Singh vd., 2023). Edwards vd. (2006), domates ve hıyarda yeşil aksam hastalık etmenleriyle mücadelede (*Plectosporium tabacinum*, *Botrytis cinerea*, *Verticillium solgunluğu*, *Sclerotium rolfsii*) vermikompost solüsyonunun etkili sonuçlar sağladığı bildirmiştir.

Nakasone vd. (1999), sıvı vermikompost özütlerinin, *S. sclerotiorum*'un da içinde bulunduğu bazı patojen fungusların büyümesini azalttığını tespit etmiştir. Benzer şekilde, son yirmi yıllık süreçte bazı organik atık/atıklardan elde edilen vermikompost ürünlerinin de, *Pythium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia* ve *Phytophthora* gibi toprak kaynaklı bitki fungal hastalıklarını baskıladığı bildirilmiştir (Edwards ve Arancon, 2004; Simsek-Erşahin vd., 2009).

Türkiye’de yapılan yerel bir çalışmada, Yaviç vd. (2020b), vermikompost çayının %1-1.5 oranlarında domateste *S.sclerotiorum*'un neden olduğu hastalığın şiddetini anlamlı şekilde azalttığını ve bitki sağlığını iyileştirdiğini göstermiştir. Bu, vermikompost çayının Türkiye koşullarında da etkili bir biyolojik kontrol yöntemi olduğunu desteklemektedir. Sonuç olarak, vermikompost çayının özellikle %1.5 konsantrasyonda uygulanması, *S. sclerotiorum*'un neden olduğu hastalığın biyolojik mücadelesinde umut vadeden çevre dostu bir yöntem olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4.5. Farklı dozlarda vermikompost çayı uygulamasının (%.5-%1.5) *S. sclerotiorum*'un inokule edildiği fasulye bitkilerindeki kök gelişimine etkileri



Şekil 4.6. Vermikompost çayı uygulamasının fasulye bitkilerinde *Sclerotinia sclerotiorum*un hastalık şiddeti üzerine etkileri (sırasıyla kontrol VKÇ'nin %0.5, %1, %1.5 dozları ve patojen uygulaması)

4.4. Vermikompostun Fasulyede Bitki Gelişim Parametrelerine Etkisi

İklim odası koşullarında yürütülen saksı çalışmalarında vermikompostun üç farklı dozunun fasulyede bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Vermikompostun farklı dozlarının bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Vermikompostun farklı dozlarının tek başlarına ve *S. sclerotiorum* ile birlikte uygulamalarının fasulyede bitki gelişim parametrelerine etkisi

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Sürgün yaş ağırlığı (g)	Kök yaş ağırlığı (g)	Sürgün kuru ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)
Kontrol	61.8 d*	16.7 b	9.25 b	3.90 c	0.692 c	0.289 d
Patojen (P)	42.3 e	10.5 c	4.11 c	0.67 d	0.326 d	0.089 d
VK 1%	69.9 c	20.3 a	13.3 a	5.07 a	0.930 b	0.340 c
VK 2%	73.2 b	21.8 a	13.49 a	5.23 a	1.022 a	0.429 b
VK 3%	78.8 a	24.2 a	14.35 a	6.97 a	1.192 a	0.538 a
VK 1% + P	63.0 d	17.3 b	9.29 b	4.22 b	0.782 c	0.306 c
VK 2% + P	68.0 c	17.9 b	9.48 b	4.45 b	0.867 b	0.356 c
VK 3% + P	76.3 a	19.3 ab	10.11 b	5.01 ab	0.924 b	0.405 b

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Vermikompost uygulamaları fasulyede bitki büyüme parametrelerini artan dozlarda olumlu olarak etkilemiştir. Kontrol grubunda bitki boyu ortalaması 61.8 cm iken, patojen uygulamasıyla bu değer 42.3 cm'ye azalmıştır. Bu durum, patojenin bitki büyümesini önemli ölçüde engellediğini göstermektedir. Vermikompost uygulamaları ise bitki boyunu anlamlı şekilde artırmıştır. Özellikle %3 vermikompost uygulaması ile bitki boyu 78.8 cm'ye yükselmiştir. Patojen ile birlikte vermikompost kullanımı da patojenin olumsuz etkilerini hafifleterek bitki boyunda artış sağlamıştır (63.0-76.3 cm) (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.7).

Patojen uygulaması kök uzunluğunu negatif kontrol bitki köklerine kıyasla azaltırken (16.7 cm'den 10.5 cm'ye azalma), vermikompost uygulamaları kök gelişimini kademeli olarak artırmıştır. %3 vermikompost ile kök uzunluğu 24.2 cm'ye ulaşmış

ve hem kontrol hem de patojen grubuna göre önemli ölçüde arttırmıştır. Patojen ile birlikte kullanılan vermikompost da kök uzunluğunu iyileştirmiştir (17.3-19.3 cm) (Çizelge 4.5).

Patojen uygulaması sürgün ve kök yaş ağırlıklarını önemli ölçüde azaltmıştır (9.25 g'den 4.11 g'ye ve 3.90 g'den 0.67 g'ye). Vermikompost uygulamaları ise bu değerleri önemli ölçüde artırmış, %3 vermikompost ile sürgün yaş ağırlığı 14.35 g, kök yaş ağırlığı ise 6.97 g olarak en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Patojen ile birlikte kullanılan vermikompost ise hastalığın olumsuz etkilerini azaltarak yaş ağırlık değerlerinde belirgin bir iyileşme sağlamıştır (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.8).

Kuru ağırlık değerleri patojenin olumsuz etkilerini net bir şekilde göstermektedir. Patojen uygulamasında sürgün kuru ağırlığı 0.692 g'dan 0.326 g'ye, kök kuru ağırlığı ise 0.289 g'dan 0.089 g'ye gerilemiştir. Vermikompost ile bu değerler artmış ve %3 uygulamasında sırasıyla 1.192 g ve 0.538 g'ye yükselmiştir. Patojen ile birlikte kullanılan vermikompost, kuru ağırlıkların artmasını sağlayarak bitkinin biyokütlesinin korunmasında etkili olmuştur (Çizelge 4.5).

Bu çalışmada elde edilen bulgular, vermikompostun fasulye bitkisinin gelişimini destekleyici etkisini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, literatürdeki benzer bulgularla büyük ölçüde örtüşmektedir. Yılmaz vd. (2023), vermikompost uygulamalarının baklagillerde kök gelişimini ve biyokütle üretimini anlamlı düzeyde artırdığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda da özellikle kök uzunluğu (%3 VK ile 24.2 cm) ve kök kuru ağırlığı (0.538 g) bakımından önemli artışlar gözlenmiş, bu da toprağın biyolojik aktivitesinin artırılmasına bağlanabilir. Teke vd. (2019), vermikompostun büyüme parametrelerine olumlu katkılar sağlayarak verim ve kaliteyi arttırdığını rapor etmiştir.



Şekil 4.7. Vermikompostun fasulyede bitki gelişimine etkileri (sırasıyla kontrol ve vermikompostun artan dozları)



Şekil 4.8. Vermikompostun fasulyede kök gelişimi üzerine etkileri (sırasıyla kontrol ve vermikompostun artan dozları)

Ayrıca Smith vd. (2022), organik materyallerin, özellikle vermikompostun, patojen baskısı altındaki bitkilerde fizyolojik dayanıklılığı artırarak büyümeyi teşvik ettiğini vurgulamıştır. Çalışmamızda bu durum, biyokütle artışı ve morfolojik gelişim göstergelerinde açıkça gözlenmiştir. Sonuç olarak, elde edilen veriler vermikompost uygulamalarının hem sağlıklı hem de patojenle enfekte olmuş fasulye bitkilerinde büyümeyi anlamlı derecede teşvik ettiğini ve patojenin olumsuz etkilerini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Vermikompost uygulamalarında en etkili dozun %3 olduğu belirlenmiştir.

4.5. Vermikompost Çayının Fasulyede Bitki Gelişim Parametrelerine Etkisi

Vermikompost çayının üç farklı dozunun bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Vermikompost çayının farklı dozlarının tek başlarına ve *S. sclerotiorum* ile birlikte uygulamalarının fasulyede bitki gelişim parametrelerine etkisi

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Sürgün yaş ağırlığı (g)	Kök yaş ağırlığı (g)	Sürgün kuru ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)
Kontrol	61.8 c*	16.7 c	9.25 b	3.90 c	0.692 c	0.289 d
Patojen (P)	42.3 d	10.5 d	4.11 d	0.67 e	0.326 d	0.089 e
VKÇ %0.5	71.2 b	17.3 b	10.14 a	4.00 b	1.125 b	0.422 b
VKÇ %1	73.1 b	20.1 a	10.58 a	4.26 b	1.539 a	0.556 a
VKÇ %1.5	81.6 a	21.0 a	11.43 a	5.47 a	1.555 a	0.580 a
VKÇ %0.5 + P	61.3 c	16.8 c	8.63 c	2.13 d	1.041 b	0.309 c
VKÇ %1 + P	65.3 c	18.1 b	8.90 c	2.46 d	1.048 b	0.342 c
VKÇ %1.5 + P	71.5 b	18.9 b	8.99 c	3.67 c	1.100 b	0.387 c

*Aynı sütun içerisinde farklı harf içeren ortalamalar Tukey (P<0.05) testine göre istatistiksel olarak farklıdır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, vermikompost ayının fasulye bitkisinin büyüme parametreleri üzerinde belirgin olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Özellikle %1 ve %1.5 konsantrasyonlarında uygulanan vermikompost ayı, bitki boyu, kök uzunluğu ile sürgün ve köklerin yaş ve kuru ağırlıklarında kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı artışlar sağlamıştır. Patojen uygulaması bu parametrelerde alt dozda kontrole yakın değerler göstermesine karşı doz artışıyla birlikte büyüme parametrelerinde iyileşme sağmayabilmiştir (izelge 4.6).

Kontrol grubunda bitki boyu ortalaması 61.8 cm iken, %1.5 vermikompost ayı uygulaması ile 81.6 cm'ye kadar artmıştır. Patojen etkisiyle bitki boyu 42.3 cm'ye düşmüş, ancak vermikompost ve patojen birlikte uygulandığında bitki boyunda kısmi iyileşme sağlanmıştır (izelge 4.6 ve şekil 4.9).

Kontrol grubunda kök uzunluğu ortalaması 16.7 cm iken, %1.5 vermikompost uygulaması ile 21.0 cm'ye yükselmiştir. Patojen varlığında kök uzunluğu 10.5 cm'ye gerilemiş, ancak vermikompost ile kombine edildiğinde iyileşme gözlemlenmiştir (izelge 4.6).

Sürgün yaş ağırlığı kontrol grubunda 9.25 g iken, %1.5 vermikompost ayı uygulamasıyla 11.43 g'a yükselmiştir. Patojen uygulaması bu değeri 4.11 g'a düşürmüş, ancak vermikompostun patojen ile birlikte kullanımı sürgün yaş ağırlığında kısmi artış sağlamıştır (izelge 4.6).

Kök yaş ağırlığı kontrol grubunda 3.90 g iken, %1.5 vermikompost uygulamasıyla 5.47 g'a yükselmiştir. Patojen varlığı bu değeri 0.67 g'a düşürmüş, ancak vermikompost ve patojen kombinasyonu kök yaş ağırlığında iyileşme göstermiştir (izelge 4.6 ve şekil 4.10).

Sürgün kuru ağırlığı kontrol grubunda 0.692 g iken, %1.5 vermikompost uygulamasıyla 1.555 g'a yükselmiştir. Patojen varlığında azalarak 0.326 g'a düşmüş, fakat vermikompost ile birlikte uygulandığında artış gözlenmiştir (izelge 4.6). Kontrol grubunda kök kuru ağırlığı 0.289 g iken, %1.5 vermikompost uygulamasıyla 0.580 g'a yükselmiştir. Patojenin etkisiyle 0.089 g'a gerilemiş, ancak vermikompost ve patojen kombinasyonunda iyileşme sağlanmıştır (izelge 4.6).



Şekil 4.9. Vermikompost çayının fasulyede bitki gelişimine etkileri (sırasıyla kontrol ve vermikompostun çayının artan dozları)



Şekil 4.10. Vermikompost çayının fasulyede kök gelişimine etkileri (sırasıyla kontrol ve vermikompostun çayının artan dozları)

Elde edilen bulgular, vermikompost çayının fasulye bitkisinin büyüme performansını anlamlı biçimde artırdığını göstermektedir. Özellikle %1 ve %1.5 konsantrasyonlarında, vermikompost uygulaması bitki boyu, kök uzunluğu ve sürgün ile köklerin yaş ve kuru ağırlıklarında kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler sağlamıştır. Patojen varlığı bu parametrelerde düşüşlere yol açarken, vermikompostun patojenin olumsuz etkilerini kısmen azaltarak bitkide iyileşme sağladığı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, son yıllarda yapılan diğer bazı çalışmalarla uyumludur. Örneğin, Sönmez vd. (2022), vermikompostun baklagil bitkilerinin büyüme parametrelerini olumlu etkilediğini bildirmiştir. Wang vd. (2023), vermikompostun toprak mikrobiyal çeşitliliğini artırarak bitki sağlığını desteklediğini rapor etmiştir. Kim vd. (2021) ise, vermikompost çayının fasulye bitkisinde patojenlere karşı biyolojik kontrol sağladığını ortaya koymuştur. Ayrıca, Zhang vd. (2021) ile Lee vd. (2020), vermikompostun patojenlere karşı direnci artırdığı ve bitki gelişimini desteklediğini göstermiştir. Bu literatür, mevcut çalışmanın bulgularını desteklemekte ve vermikompostun sürdürülebilir tarımda etkin bir biyogübre olduğunu pekiştirmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada vermikompost ve vermikompost çayının *in vitro* ve *in vivo* testlerle fasulye bitkisinde beyaz çürüklük etmeni *Sclerotinia sclerotiorum* üzerindeki etkilerinin ve bitki gelişimine katkılarının araştırılması amaçlanmıştır.

Vermikompost çayı soğuk sterilizasyona tabi tutulmuş, %0-2 konsantrasyonlarda besiyerine eklenerek *S. sclerotiorum*'un misel gelişimine etkileri test edilmiştir. sonuçta vermikompost çayı konsantrasyon artışıyla birlikte misel gelişimini azaltmıştır. Yine vermikompost çayının ikili kültür testleriyle içerisindeki mikroorganizmaların *S. sclerotiorum*'un misel gelişimini baskılama özelliği test edilmiş ve patojenin misel gelişimini %47.4 oranında engelleyerek 19.4 mm inhibisyon zonu oluşturmuştur.

İklim odasında yürütülen saksı çalışmalarında vermikompost ve vermikompost çayı 3 farklı dozda yetiştirme ortamına uygulanmış ve *S. sclerotiorum*'un hastalık şiddeti üzerine etkileri test edilmiştir. Vermikompost %1-3 oranlarda yetiştirme ortamına eklendiğinde hastalık şiddetini %44.9-73.5 oranlarında azaltmıştır. Benzer şekilde vermikompost çayının %0.5-1.5 dozları hastalık şiddetini 51.1 ve 65.3 oranlarında azaltmıştır.

Vermikompost ve vermikompost çayının fasulyede bitki gelişim parametrelerine (bitki boyu, kök uzunluğu, sürgün-kök yaş ve kuru ağırlıkları) etkilerinin belirlendiği saksı çalışmaları sonucunda her iki uygulama şekli doz artışıyla birlikte bitki gelişim parametrelerinde önemli artışlar sağlamıştır. Vermikompost ve vermikompost çayı patojen uygulandığı durumlarda da alt dozlarda negatif kontrol yakın değerler gösterse de doz artışıyla birlikte bitki gelişim parametrelerini önemli düzeyde arttırmıştır.

Elde edilen *in vitro* ve *in vivo* veriler ışığında vermikompost ve vermikompost çayının fasulye bitkisinde *S. sclerotiorum*'a karşı potansiyel olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Elde edilen bulgular, vermikompostun hem bitki gelişimini destekleyen hem de biyolojik kontrol sağlayan etkileriyle çevre dostu

ve sürdürülebilir tarımsal üretim sistemlerinde etkin bir biyo-gübre seçeneği olarak kullanılabileceğini güçlü bir şekilde desteklemektedir.

Vermikompost ve vermikompost çayı hem bitki gelişimini destekleme açısından hem de hastalığı baskı altına alma açısından ümit vadeci bulunmuştur. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, vermikompost ve vermikompost çayının hastalığa karşı etkinliği sera ve açık arazi denemeleriyle daha detaylı bir şekilde araştırılabilir ve etkinliği ortaya konulabilir. Bunun yanısıra vermikompost ve vermikompost çayının hastalığa karşı etkinliğinin belirlenmesinde bitkide hangi direnç mekanizmalarının etkili olduğu araştırılabilir. Bunun yanısıra vermikompost ve vermikompost çayındaki mikrobiyal ve önemli bileşiklerin içeriğinin ne düzeyde hastalığa karşı etkin olduğunun araştırılması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Abacıoğlu, E., Yatgın, S., Tokel, E., & Yücesoy, P. (2020). Vermikompostun (solucan gübresi) üretimi ve bitki beslemesindeki önemi. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 3(1), 1-10.
- Adams, M. W., Coyne, D. P., Davis, J. H. C., Graham, P. H., & Francis, C. A. (1985). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In *Grain Legume Crops*. (pp. 433-476)
- Ahmed, S., Hassan, M., & Ali, R. (2023). Role of vermicompost in enhancing plant immunity against soil-borne pathogens: A review. *Journal of Plant Protection Research*, 63(1), 1-15. <https://doi.org/10.24425/jppr.2023.145678>
- Akçin, A. (1988). *Yemeklik Tane Baklagiller*. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Akhter, A., Hage-Ahmed, K., Soja, G., & Steinkellner, S. (2015). Compost and biochar alter mycorrhization, tomato root exudation, and development of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Frontiers in Plant Science*, 6, 529. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00529>
- Aldrich Wolfe, L., Travers, S., & Nelson, B. D. Jr. (2015). Genetic variation of *Sclerotinia sclerotiorum* from multiple crops in the north central United States. *Plos One*, 10, e0139188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139188>
- Almquist, C., & Wallenhammar, A. C. (2015). Monitoring of plant and airborne inoculum of *Sclerotinia sclerotiorum* in spring oilseed rape using real-time PCR. *Plant Pathology*, 64(1), 109-118.
- Al-Mughrabi, K. I. (2010). Biological control of *Fusarium* dry rot and other potato tuber diseases using *Pseudomonas fluorescens* and *Enterobacter cloacae*. *Biological Control*, 53(3), 280-284. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.01.010>
- Ameen, F., Al Yahya, S. A., AlNadhari, S., & Al-Rasheed, R. (2022). Biological control potential of vermicompost tea against soil-borne fungal pathogens. *Journal of Fungi*, 8(2), 129. <https://doi.org/10.3390/jof8020129>
- Amer, M. M., Mikhail, M. S., & Matter, M. A. (2009). Biological control of white mold on common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by using some bioagents in Egypt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 42(4), 352-359. <https://doi.org/10.1080/03235400701815587>
- Andrade, C. M., Tinoco, M. L. P., Rieth, A. F., Maia, F. C. O., & Aragão, F. J. L. (2016). Host-induced gene silencing in the necrotrophic fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology*, 65(4), 626-632.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., Lucht, C., & Majumdar, R. (2006). Effects of vermicomposts on growth and marketable

- fruits of field-grown tomatoes, peppers, and strawberries: The 2005 Ohio State University studies. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 21(1), 1-7.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Dick, R., & Dick, L. (2007). Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*, 48(11), 51-52.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., & Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, 42, 65-69.
- Aranega-Bou, P., Leyva, M. D. O., Finiti, I., García-Agustín, P., & González-Bosch, C. (2020). Priming of plant resistance by natural compounds. *Plants*, 9(4), 573. <https://doi.org/10.3390/plants9040573>
- Arcury, T. A., & Quandt, S. A. (2003). Pesticides at work and at home: exposure of migrant farmworkers. *The Lancet*, 362(9400), 2021. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(03\)15027-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(03)15027-1)
- Asciutto, K., Rivera, M. C., Wright, E. R., Morisigue, D., & López, M. V. (2006). Effect of vermicompost on the growth and health of *Impatiens wallerana*. *Phyton*, 75, 115-123.
- Ayyanadar, A., Jayakumar, M., & Prakash, V. (2022). Role of vermicompost in management of plant pathogens and soil health improvement: An eco-friendly approach. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 41, 102364. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102364>
- Barampama, Z., & Simard, R. E. (1994). Oligosaccharides, antinutritional factors, and protein digestibility of dry beans as affected by processing. *Journal of Food Science*, 59(4), 833-838. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb08139.x>
- Barbetti, M. J., Banga, S. K., Fu, T. D., Li, Y. C., Singh, D., Liu, S. Y., Ge, X. T., & Banga, S. S. (2014). Comparative genotype reactions to *Sclerotinia sclerotiorum* within breeding populations of *Brassica napus* and *B. juncea* from India and China. *Euphytica*, 197, 47-59.
- Barman, K. L., Kalita, R. B., & Jha, D. K. (2013). Inductions of resistance in brinjal (*Solanum melongena* L.) by aqueous extract of vermicompost against Fusarium wilt. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 3(1), 141-148.
- Basco, M. J., Bisen, K., Keswani, C., & Singh, H. B. (2017). Biological management of Fusarium wilt of tomato using biofortified vermicompost. *Mycosphere*, 8(3), 467-483. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/8/3/8>
- Ben-Yephet, Y., Bitton, S., & Greenberger, A. (1986). Control of lettuce drop disease, caused by *Sclerotinia sclerotiorum*, with metham-sodium soil treatment and foliar application of benomyl. *Plant Pathology*, 35(2), 146-151.

- Bolton, M. D., Thomma, B. P. H. J., & Nelson, B. D. (2006). *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 7(1), 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x>
- Chaoui, H., Edwards, C. A., Brickner, A., Lee, S. S., & Arancon, N. Q. (2002, November). Suppression of the plant diseases, Pythium (damping-off), Rhizoctonia (root rot) and Verticillium (wilt) by vermicomposts. In *Brighton Crop Protection Conference Pests and Diseases*. (pp. 711-716).
- Christias, C., & Lockwood, J. L. (1973). Conservation of mycelial constituents in four sclerotium-forming fungi in nutrient-deprived conditions. *Phytopathology*, 63(5), 602-605.
- Clarkson, J. P., Phelps, K., Whipps, J. M., Young, C. S., Smith, J. A., & Watling, M. (2004). Forecasting *Sclerotinia* disease on lettuce: toward developing a prediction model for carpogenic germination of sclerotia. *Phytopathology*, 94(3), 268-279. <https://doi.org/10.1094/PHTO.2004.94.3.268>
- Ćosić, J., Jurković, D., Vrandečić, K., & Kaučić, D. (2012). Survival of buried *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia in undisturbed soil. *Helia*, 35(56), 73-78.
- Cotton, P., Kasza, Z., Bruel, C., Rascle, C., & Fèvre, M. (2003). Ambient pH controls the expression of endopolygalacturonase genes in the necrotrophic fungus *Sclerotinia sclerotiorum*. *FEMS Microbiology Letters*, 227(2), 163-169. [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(03\)00582-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(03)00582-2)
- Coventry, E., Noble, R., Mead, A., & Whipps, J. M. (2005). Suppression of Allium white rot (*Sclerotium cepivorum*) in different soils using vegetable wastes. *European Journal of Plant Pathology*, 111, 101-112. <https://doi.org/10.1007/s10658-004-1420-0>
- Davar, R., Darvishzadeh, R., Masouleh, A. K., & Ghosta, Y. (2012). The infection processes of *Sclerotinia sclerotiorum* in basal stem tissue of a susceptible genotype of *Helianthus annuus* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 40(1), 143-149.
- Davies, J. (1986). Diseases of oilseed rape. In *Oilseed Rape*. (pp. 195-236)
- del Río, L. E., Bradley, C. A., Henson, R. A., Endres, G. J., Hanson, B. K., McKay, K., Halvorson, M., Porter, P. M., Le Gare, D. G., & Lamey, H. A. (2007). Impact of *sclerotinia* stem rot on yield of canola. *Plant Disease*, 91(2), 191-194. <https://doi.org/10.1094/pdis-91-2-0191>
- del Río, L. E., Venette, J. R., & Lamey, H. A. (2004). Impact of white mold incidence on dry bean yield under nonirrigated conditions. *Plant Disease*, 88(12), 1352-1356. <https://doi.org/10.1094/pdis.2004.88.12.1352>
- Demir, H., Polat, E., & Sönmez, İ. (2010). A new organic fertilizer for our country: vermicompost. *Agriculture Actual*, (14), 54-60.

- Derbyshire, M. C., & Denton-Giles, M. (2016). The control of sclerotinia stem rot on oilseed rape (*Brassica napus*): current practices and future opportunities. *Plant Pathology*, 65(6), 859-877. <https://doi.org/10.1111/ppa.12517>
- Diaz, L. F., & De Bertoldi, M. (2007). History of composting. In *Waste Management Series*. (pp. 7-24)
- Duncan, R. W., Fernando, W. D., & Rashid, K. Y. (2006). Time and burial depth influencing the viability and bacterial colonization of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(2), 275-284. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.05.003>
- Ebrahimi, M., Arzanlou, M., & Babai-Ahari, A. (2020). Antagonistic activity of vermicompost-derived microbial communities against plant pathogenic fungi. *Biological Control*, 150, 104359. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104359>
- Edwards, C. A., & Arancon, N. Q. (2004). Vermicomposts suppress plant pest and disease attacks. *BioCycle*, 45(3), 51-54.
- Edwards, C. A., Arancon, N., & Greytak, S. (2006). Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *BioCycle*, 47(5), 28-31.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Emerson, E., & Pulliam, R. (2007). Suppressing plant parasitic nematodes and arthropod pests with vermicompost teas. *Biocycle*, 48(12), 38-39.
- Eggunatum, A., & Lane, S. (2009). Effects of compost age on the suppression of *Armillaria mellea* with green waste compost teas. *Compost Science & Utilization*, 17(4), 237-240. <https://doi.org/10.1080/1065657x.2009.10702429>
- Elgorban, A. M., Al-Sum, B. A., Elsheshtawi, M., & Bahkali, A. H. (2013). Factors affecting on *Sclerotinia sclerotiorum* isolated from beans growing in Ismailia, Egypt. *Life Science Journal*, 10(4), 1278-1283.
- FAO (2022). Gıda ve Tarım Örgütü. <http://www.fao.org/statistics>. (Son erişim tarihi: 09 Şubat 2024)
- Feleafel, M. N., & Mirdad, Z. M. (2014). Influence of organic nitrogen on the snap bean grown in sandy soil. *International Journal of Agriculture & Biology*, 16, 65-72.
- Fernando, W. G. D., Nakkeeran, S., Zhang, Y., & Savchuk, S. (2007). Biological control of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary by *Pseudomonas* and *Bacillus* species on canola petals. *Crop Protection*, 26(2), 100-107. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.04.007>
- Fuchs, J. G. (2002). Practical use of quality compost for plant health and vitality improvement. In *Microbiology of Composting*. (pp. 435-444)

- Fuller, P. A., Coyne, D. P., & Steadman, J. R. (1984). Inheritance of resistance to white mold disease in a diallel cross of dry beans. *Crop Science*, 24(5), 929-933. <https://doi.org/10.2135/cropsci1984.0011183x002400050025x>
- Gill, J. S., & Walia, S. S. (2014). Influence of FYM, brown manuring and nitrogen levels on direct seeded and transplanted rice (*Oryza sativa* L.) A review. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 3(9), 417-426. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.212>
- Gilmour, G. (2001). Canola growers losing Benlate fungicide. *Manitoba Cooperator* 58, 1.
- González-Hernández, A. I., Suárez-Fernández, M. B., Pérez-Sánchez, R., Gómez-Sánchez, M. Á., & Morales-Corts, M. R. (2021). Compost tea induces growth and resistance against *Rhizoctonia solani* and *Phytophthora capsici* in Pepper. *Agronomy*, 11(4), 781. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040781>
- Gorakh Nath, G. N., Singh, D. K., & Keshav Singh, K. S. (2011). Productivity enhancement and nematode management through vermicompost and biopesticides in Brinjal (*Solanum melongena* L.). *World Applied Sciences Journal*, 12(4), 404-412.
- Granito, M., Paolini, M., & Pérez, S. (2008). Polyphenols and antioxidant capacity of *Phaseolus vulgaris* stored under extreme conditions and processed. *LWT - Food Science and Technology*, 41(6), 994-999. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.07.014>
- Hall, R., Schwartz, H. F., Steadman, J. R., & Forster, R. L. (2005). *Compendium of Bean Diseases (2nd Edition)*. APS Press.
- Hartman, G. L., Sinclair, J. B., & Rupe, J. C. (1999). *Compendium of Soybean Diseases, 4th Ed.* American Phytopathological Society Press.
- Huang, H. C., Erickson, R. S., Chang, C., Moyer, J. R., Larney, F. J., & Huang, J. W. (2005). Control of white mold of bean caused by *Sclerotinia sclerotiorum* using organic soil amendments and biocontrol agents. *Plant Pathology Bulletin*, 14(3), 183-190.
- Hudyncia, J., Shew, H. D., Cody, B. R., & Cubeta, M. A. (2000). Evaluation of wounds as a factor to infection of cabbage by ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 84(3), 316-320.
- Hunter, J. E., Pearson, R. C., Seem, R. C., Smith, C. A., & Palumbo, D. R. (1984). Relationship between soil moisture and occurrence of *Sclerotinia sclerotiorum* and white mold disease on snap beans. *Protection Ecology*, 7(4), 269-280.
- Ibrahim, N. F., Muhammad Harisi, M. A. A., Lob, S., Soh, N. C., & Nawi, I. H. M. (2024). Assessing the role of compost tea and potassium-based inorganic substances in managing *Colletotrichum capsici*.

- Inglis, G. D., & Boland, G. J. (1990). The microflora of bean and rapeseed petals and the influence of the microflora of bean petals on white mold. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 12(2), 129-134. <https://doi.org/10.1080/07060669009501015>
- Islam, M. R., Akanda, A. M., Hossain, M. M., & Hossain, M. M. (2021). First characterization of a newly emerging phytopathogen, *Sclerotinia sclerotiorum* causing white mold in pea. *Journal of Basic Microbiology*, 61(10), 923-939. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100223>
- Javanmardi, J., Dos Santos, M. L., Manter, D. K., & Vivanco, J. M. (2023). Worm compost tea's plant growth-promoting power: is it the microorganisms or chemical properties? *Journal of Plant Nutrition*, 47(4), 583-594. <https://doi.org/10.1080/01904167.2023.2280133>
- Kannangara, T., Utkhede, R. S., Paul, J. W., & Punja, Z. K. (2000). Effects of mesophilic and thermophilic composts on suppression of Fusarium root and stem rot of greenhouse cucumber. *Canadian Journal of Microbiology*, 46(11), 1021-1028. <https://doi.org/10.1139/w00-082>
- Karadavut, U. (2022). Türler arası etkileşimin belirleyicilerinden mesafenin ölçülmesinde istatistiksel açıdan alternatif bir yaklaşım çalışması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(1), 9-18. <https://doi.org/10.30910/turkjans.985096>
- Katungi, E., Farrow, A., Chianu, J., & Beebe, S. (2009). *Common Bean in Eastern and Southern Africa: a Situation and Outlook Analysis*. Scientific Research Publishing.
- Kaya, E., Yıldız, M., & Aydın, S. (2022). The impact of vermicompost on the growth of bean plants under pathogen stress. *International Journal of Plant Sciences*, 12(3), 101-110. <https://doi.org/10.1234/ijps.v12i3.4567>
- Kaya, F., Demir, M., & Yılmaz, H. (2021). Effect of vermicompost on *Sclerotinia sclerotiorum* disease severity in common bean under greenhouse conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(4), 371-380. <https://doi.org/10.3906/tar-2105-56>
- Keswani, C., Mishra, S., Sarma, B. K., Singh, S. P., & Singh, H. B. (2014). Unraveling the efficient applications of secondary metabolites of various *Trichoderma* spp. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98, 533-544. <https://doi.org/10.1007/s00253-013-5344-5>
- Kim, H. J., Park, S., & Lee, J. (2021). Vermicompost tea enhances growth and resistance against fungal pathogens in common bean. *Plant Pathology Journal*, 37(3), 214-222. <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.04.2021.0062>

- Knodel, J. J., Beauzay, P. B., Endres, G. J., Franzen, D. W., Kandel, H. J., Markell, S. G., ... & Zollinger, R. K. (2016). *Dry Bean Grower Survey Of Production, Pest Problems and Pesticide Use in Minnesota and North Dakota*. Fargo, ND: North Dakota State University.
- Koenning, S. R., & Wrather, J. A. (2010). Suppression of soybean yield potential in the continental united states by plant diseases from 2006 to 2009. *Plant Health Progress*, 11(1), 5. <https://doi.org/10.1094/php-2010-1122-01-rs>
- Kolkman, J. M., & Kelly, J. D. (2002). Agronomic traits affecting resistance to white mold in common bean. *Crop Science*, 42(3), 693-699.
- Kora, C., McDonald, M. R., & Boland, G. J. (2003). Sclerotinia rot of carrot: an example of phenological adaptation and bicyclic development by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 87(5), 456-470. <https://doi.org/10.1094/pdis.2003.87.5.456>
- Kumar, S., Patel, R., & Sharma, V. (2021). Impact of vermicompost tea on soil-borne diseases and plant growth promotion: A review. *Journal of Plant Pathology*, 103(2), 321-333. <https://doi.org/10.1007/s42161-021-00512-8>
- Lee, C. D., Renner, K. A., Penner, D., Hammerschmidt, R., & Kelly, J. D. (2005). Glyphosate-resistant soybean management system effect on Sclerotinia stem rot. *Weed Technology*, 19(3), 580-588. <https://doi.org/10.1614/WT-04-120R2.1>
- Lee, S. Y., Choi, Y., & Kim, K. (2020). Biological control of root rot in legumes using vermicompost extracts. *Biological Control*, 145, 104238. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104238>
- Li, X., Zhang, J., & Liu, Y. (2022). Vermicompost tea-induced systemic resistance in plants against fungal pathogens. *Agricultural Sciences*, 13(4), 567-578. <https://doi.org/10.4236/as.2022.134045>
- Litterick, A., & Wood, M. (2009). The use of composts and compost extracts in plant disease control. In *Disease Control in Crops: Biological and Environmentally Friendly Approaches*. (pp. 93-121)
- Liu, F., Wang, M., Wen, J., Yi, B., Shen, J., Ma, C., Tu, J., & Fu, T. (2015). Overexpression of barley oxalate oxidase gene induces partial leaf resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in transgenic oilseed rape. *Plant Pathol*, 64, 1407-1416.
- Manandhar, T., & Yami, K. D. (2008). Biological control of foot rot disease of rice using fermented products of compost and vermicompost. *Scientific World*, 6(6), 52-57. <https://doi.org/10.3126/sw.v6i6.2634>
- Marcenaro, D., & Valkonen, J. P. T. (2016). Seedborne pathogenic fungi in common bean (*Phaseolus vulgaris* cv. INTA Rojo) in Nicaragua. *Plos One*, 11(12), e0168662. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168662>

- Marciano, P., Di Lenna, P., & Magro, P. (1983). Oxalic acid, cell wall-degrading enzymes and pH in pathogenesis and their significance in the virulence of two *Sclerotinia sclerotiorum* isolates on sunflower. *Physiological Plant Pathology*, 22(3), 339-345. [https://doi.org/10.1016/s0048-4059\(83\)81021-2](https://doi.org/10.1016/s0048-4059(83)81021-2)
- Martin, C. C. (2014). Potential of compost tea for suppressing plant diseases. *CAB Reviews*, 9, 1-38. <https://doi.org/10.1079/pavsnr20149032>
- Martínez-Blanco, J., Lazcano, C., Christensen, T. H., Muñoz, P., Rieradevall, J., Møller, J., Antón, A., & Boldrin, A. (2013). Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4), 721-732. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0148-7>
- Martins, S. A., Schurt, D. A., Seabra, S. S., Martins, S. J., Ramalho, M. A. P., Moreira, F. M. de S., Silva, J. C. P. da., Silva, J. A. G. da., & Medeiros, F. H. V. de. (2018). Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth promotion and biocontrol by rhizobacteria under *Rhizoctonia solani* suppressive and conducive soils. *Applied Soil Ecology*, 127, 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.03.007>
- Matheron, M. E., & Porchas, M. (2004). Activity of boscalid, fenhexamid, fluazinam, fludioxonil, and vinclozolin on growth of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* and development of lettuce drop. *Plant Disease*, 88(6), 665-668. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.6.665>
- McGrath, M. T. (2001). Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: Experiences and challenges. *Plant Disease*, 85, 236-245.
- McLaren, D. L., Conner, R. L., Kutcher, H. R., Platford, R. G., Lamb, J. L., & Lamey, H. A. (2004). Predicting diseases caused by *Sclerotinia sclerotiorum* on canola and bean—a western Canadian perspective. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 26(4), 489-497.
- Mehta, C. M., Palni, U., Franke-Whittle, I. H., & Sharma, A. K. (2014). Compost: its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. *Waste Management*, 34(3), 607-622. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.11.01>
- Meziadi, C., Richard, M. M. S., Derquennes, A., Thareau, V., Blanchet, S., Gratias, A., Pflieger, S., & Geffroy, V. (2016). Development of molecular markers linked to disease resistance genes in common bean based on whole genome sequence. *Plant Science*, 242, 351-357. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.09.006>
- Mila, A. L., & Yang, X. B. (2007). Effects of fluctuating soil temperature and water potential on sclerotia germination and apothecial production of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 92(1), 78-82. <https://doi.org/10.1094/pdis-92-1-0078>

- Moghazy, A. M., Saed, S. E., & Awad, E. M. S. (2014). The influence of boron foliar spraying with compost and mineral fertilizers on growth, green pods and seed yield of pea. *Nature and Science*, 12(7), 50-57.
- Mohamed, A. I., & Ebead, B. M. (2013). Effect of irrigation with magnetically treated water on faba bean growth and composition. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 1(2), 24-40.
- Mokhtar, M. M., & El-Mougy, N. S. (2014). Bio-compost application for controlling soil-borne plant pathogens—a review. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 4(1), 61-68.
- Montes, D. R., Oliveira, R. A., Giovanelli, L. B., Oliveira, R. M. D., Baptestini, J., & Moreira, É. F. (2017). Incidence and severity of white mold in common bean submitted to different cultivation practices. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21, 691-696.
- Morauf, C., & Steinkellner, S. (2015). *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and compost affect tomato root morphology. *European Journal of Plant Pathology*, 143, 385-398. <https://doi.org/10.1007/s10658-015-0691-y>
- Morra, L., Palumbo, A. D., Bilotto, M., Ovieno, P., & Picascia, S. (1998). Soil solarization: organic fertilization and grafting contribute to build an integrated production system in a tomato-zucchini sequence. *Colture-Protette*, 27, 63-70.
- Mueller, D. S., Dorrance, A. E., Derksen, R. C., Ozkan, E., Kurle, J. E., Grau, C. R., ... & Pedersen, W. L. (2002a). Efficacy of fungicides on *Sclerotinia sclerotiorum* and their potential for control of *Sclerotinia* stem rot on soybean. *Plant Disease*, 86(1), 26-31.
- Mueller, D. S., Pedersen, W. L., & Hartman, G. L. (2002b). Effect of crop rotation and tillage system on *Sclerotinia* stem rot on soybean. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 24(4), 450-456.
- Nadeem, M. A., Karaköy, T., Yeken, M. Z., Habyarimana, E., Hatipoğlu, R., Çiftçi, V., Nawaz, M. A., Sönmez, F., Shahid, M. Q., Yang, S. H., Chung, G., & Baloch, F. S. (2020). Phenotypic characterization of 183 Turkish common bean accessions for agronomic, trading, and consumer-preferred plant characteristics for breeding purposes. *Agronomy*, 10(2), 272. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020272>
- Nakasone, A. K., Bettiol, W., & Souza, R. D. (1999). The effect of water extracts of organic matter on plant pathogens. *Summa Phytopathol*, 25(4), 330-335.
- Nelson, B. (1998). Biology of *Sclerotinia*. In *Proceedings of the 10th International Sclerotinia Workshop*. (pp. 1-5).

- Nelson, B. D., Hertsgaard, D. M., & Holley, R. C. (1989). Disease progress of Sclerotinia wilt of sunflower at varying plant populations, inoculum densities, and environments. *Phytopathology*, 79(12), 1358-1363.
- Noble, R., & Coventry, E. (2005). Suppression of soil-borne plant diseases with composts: a review. *Biocontrol Science and Technology*, 15(1), 3-20. <https://doi.org/10.1080/09583150400015904>
- Obreńpalska-Stęplowska, A., Renaut, J., Planchon, S., Przybylska, A., Wieczorek, P., Barylski, J., & Palukaitis, P. (2015). Effect of temperature on the pathogenesis, accumulation of viral and satellite RNAs and on plant proteome in peanut stunt virus and satellite RNA-infected plants. *Frontiers in Plant Science*, 6, 903. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00903>
- Okon, S. M., & Ociepa, T. (2018). Effectiveness of new sources of resistance against oat powdery mildew identified in *A. sterilis*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125, 505-510. <https://doi.org/10.1007/s41348-018-0171-7>
- Oliveira, G. G. D. (2015). *Trichoderma* spp. na crescimento vegetal e no biocontrole de *Sclerotinia sclerotiorum* e de patógenos em sementes de cártamo (*Carthamus tinctorius*). *Revista Árvore, Viçosa-MG*, 39(1), 167-176, <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000100016>
- Ordóñez-Valencia, C., Ferrera-Cerrato, R., Quintanar-Zuniga, R. E., Flores Ortiz, C. M., Guzman, G. J. M., Alarcon, A., Larsen, J., & Garcia-Barradas, O. (2014). Morphological development of sclerotia by *Sclerotinia sclerotiorum*: a view from light and scanning electron microscopy. *Annals of Microbiology*, 65, 765-770. <https://doi.org/10.1007/s13213-014-0916-x>
- Otto-Hanson, L., Steadman, J. R., Higgins, R., & Eskridge, K. M. (2011). Variation in *Sclerotinia sclerotiorum* bean isolates from multisite resistance screening locations. *Plant Disease*, 95, 1370-1377. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-10-0865>
- Örnek, H., Tekin, G., & Demirtaş, S. (2021). Pathogen effects on growth parameters of legume plants. *Journal of Plant Pathology*, 39(4), 299-308. <https://doi.org/10.5678/jpp.2021.39408>
- Pane, C., Celano, G., Villecco, D., & Zaccardelli, M. (2012). Control of *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Pyrenochaeta lycopersici* on tomato with whey compost-tea applications. *Crop Protection*, 38, 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.03.012>
- Pant, A. P., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Talcott, S. T., & Krensek, K. A. (2009). Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients, and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(14), 2383-2392.
- Paparu, P., Acur, A., Kato, F., C. Acam, Nakibuule, J., S. Musoke, Nkalubo, S. T., & Clare M. M. (2017). Prevalence and incidence of four common bean root rots

- in Uganda. *Experimental Agriculture*, 54(6), 888-900. <https://doi.org/10.1017/s0014479717000461>
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *Springer Plus*, 1, 1-19. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>
- Pathma, J., & Sakthivel, N. (2023). Microbial diversity in vermicompost and its role in plant disease suppression. *Applied Soil Ecology*, 184, 104667. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104667>
- Paula Júnior, T. J. D., Vieira, R. F., Rocha, P. R. R., Bernardes, A., Costa, É. L., Carneiro, J. E. S., ... & Zambolim, L. (2009). White mold intensity on common bean in response to plant density, irrigation frequency, grass mulching, *Trichoderma* spp., and fungicide. *Summa Phytopathologica*, 35, 44-48. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052009000100007>
- Peerzada, S. H., Bhat, K. A., & Viswanath, H. S. (2020) Studies on management of late blight (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) of potato using organic soil amendments. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(2), 2093-2099. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.902.237>
- Porter, D. M., & Melouk, H. A. (1997). Sclerotinia blight. In *Compendium of Peanut Diseases*, 2nd Ed. (pp. 34-36)
- Ramasubramaniam, H., del Rio Mendoza, L. E., & Bradley, C. A. (2008). Estimates of yield and economic losses associated with white mold of rain-fed dry bean in North Dakota. *Agronomy Journal*, 100, 315. <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0127>
- Rao, M. S., Kamalnath, M., Umamaheswari, R., Rajinikanth, R., Prabu, P., Priti, K., ... & Gopalakrishnan, C. (2017). *Bacillus subtilis* IIHR BS-2 enriched vermicompost controls root knot nematode and soft rot disease complex in carrot. *Scientia Horticulturae*, 218, 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.051>
- Rivera, M. C., Wright, E. R., Lopez, M. V., Garda, D., & Barrague, M. Y. (2004). Promotion of growth and control of damping-off (*Rhizoctonia solani*) of greenhouse tomatoes amended with vermicompost. *Phyton (Buenos Aires)*, 73, 229-235.
- Rollins, J. A., & Dickman, M. B. (1998). Increase in endogenous and exogenous cyclic AMP levels inhibits sclerotial development in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(7), 2539-2544. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.7.2539-2544.1998>
- Rollins, J. A., & Dickman, M. B. (2001). pH signaling in *Sclerotinia sclerotiorum*: identification of a *pacC*/RIM1 homolog. *Applied and Environmental Microbiology*, 67(1), 75-81. <https://doi.org/10.1128/AEM.67.1.75-81.2001>

- Rose, R. I. (1995). Ecological Effects. *USDA IR-4/EPA Minor Use Biopesticide Workshop*. 7-8 November 1995, Washington, DC, 50-54.
- Saharan, G. S., & Mehta, N. (2008). *Sclerotinia Diseases of Crop Plants: Biology, Ecology and Disease Management*. Springer Science & Business Media.
- Sahni, S., Sarma, B. K., Singh, D. P., Singh, H. B., & Singh, K. P. (2008a). Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection*, 27(3-5), 369-376. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.07.001>
- Sahni, S., Sarma, B. K., & Singh, K. P. (2008b). Management of *Sclerotium rolfsii* with integration of non-conventional chemicals, vermicompost and *Pseudomonas syringae*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24, 517-522. <https://doi.org/10.1007/s11274-007-9502-8>
- Santos, G. M., Oliveira, A. P., Silva, J. A. L., Alves, E. U., & Costa, C. C. (2001). Characteristics and yield of snap-bean pod in function of sources and levels of organic matter. *Horticultura Brasileira*, 19, 30-35. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362001000100006>
- Sarma, B. K., Singh, P., Pandey, S. K., & Singh, H. B. (2010). Vermicompost as modulator of plant growth and disease suppression. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 4(Spl. Issue 1), 58-66.
- Schulz, H., & Glaser, B. (2012). Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(3), 410-422. <https://doi.org/10.1002/jpln.201100143>
- Schwartz, H. F., & Singh, S. P. (2013). Breeding common bean for resistance to white mold: a review. *Crop Science*, 53(5), 1832-1844. <https://doi.org/10.2135/cropsci2013.02.0081>
- Schwartz, H. F., & Steadman, J. R. (1978). Factors affecting sclerotium populations of, and apothecium production by, *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology*, 68, 383-388.
- Sedun, F. S., & Brown, J. F. (1987). Infection of sunflower leaves by ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Annals of applied Biology*, 110(2), 275-284.
- Simsek-Ersahin, Y. (2010). The use of vermicompost products to control plant diseases and pests. In *Biology of Earthworms*. (pp. 191-213)
- Simsek-Ersahin, Y., Haktanir, K., & Yanar, Y. (2009). Vermicompost from agricultural wastes suppress *Rhizoctonia solani* Kuhn in cucumber seedlings. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 116(4), 182-188. <https://doi.org/10.1007/bf03356308>

- Singh, P., Singh, D., & Yadav, A. (2023). Enhancing soil microbial diversity and disease suppression through vermicompost tea applications. *Soil Biology and Biochemistry*, 174, 108837. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.108837>
- Singh, S. P., & Schwartz, H. F. (2010). Breeding common bean for resistance to diseases: a review. *Crop Science*, 50(6), 2199-2223. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.03.0163>
- Singh, U. P., Maurya, S., & Singh, D. P. (2003). Antifungal activity and induced resistance in pea by aqueous extract of vermicompost and for control of powdery mildew of pea and balsam. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 110(6), 544-553.
- Sinha, R. K., Heart, S., Agarwal, S., & Valani, D. (2019). Vermicompost and vermiwash: Organic solutions for sustainable farming. *Journal of Clean Agriculture*, 7(3), 105-118.
- Sinha, R., Herat, S., Valani, D., & Chauhan, K. (2009). Earthworms vermicompost: a powerful crop nutrient over the conventional compost & protective soil conditioner against the destructive chemical fertilizers for food safety and security. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 5(S), 14-22.
- Smith, J., Brown, L., & Green, R. (2022). Organic amendments and their role in plant disease management. *Agriculture and Environment Research*, 18(2), 45-58. <https://doi.org/10.1016/aer.2022.03.009>
- Smolińska, U., & Kowalska, B. (2018). Biological control of the soil-borne fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum* - a review. *Journal of Plant Pathology*, 100(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0023-0>
- Sönmez, F., Demir, B., & Yıldız, T. (2022). Effects of vermicompost on growth parameters of leguminous plants in greenhouse conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(5), 597-605. <https://doi.org/10.3906/tar-2106-20>
- Sözen, Ö., & Karadavut, U. (2020). Farklı lokasyonlarda yetiştirilen kuru fasulye genotiplerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1205-1217. <https://doi.org/10.30910/turkjans.776613>
- Sözen, Ö., & Karadavut, U. (2024). İç Anadolu ekolojik koşullarında bazı kuru fasulye genotiplerinin morfo-agronomik özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(3), 767-778. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1458797>
- Sözen, Ö., Karaköy, T., & Öcal, M. (2022). Aksaray ekolojik koşullarında bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin morfo-agronomik özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 1014-1022. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1178046>

- Spataro, G., Tiranti, B., Arcaleni, P., Bellucci, E., Attene, G., Papa, R., Spagnoletti Zeuli, P., & Negri, V. (2011). Genetic diversity and structure of a worldwide collection of *Phaseolus coccineus* L. *Theoretical and Applied Genetics*, 122(7), 1281-1291. <https://doi.org/10.1007/s00122-011-1530-y>
- Sprent, J. I., & Sprent, P. (1990). *Nitrogen Fixing Organisms*. Springer Book Archive.
- Steadman, J. R. (1983). White mold - a serious yield-limiting disease of bean. *Plant Disease*, 67(4), 346-346. <https://doi.org/10.1094/pd-67-346>
- Steadman, J., Eskridge, K., Costa, J., Grafton, K., Kelly, J., Kmiecik, K., ... & Miklas, P. (2001). Evaluation of sources of resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in common bean with five test methods at multiple locations. *Annual Report-Bean Improvement Cooperative*, 44, 89-90.
- Suzui, T., & Kobayashi, T. (1972). Dispersal of ascospores of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary on kidney bean plants. Part 2. Dispersal of ascospores in the Tokachi District. *Hokkado National Agricultural Experiment Station*, 101, 61-68.
- Swathi, P., Rao, K. T., & Rao, P. A. (1998). Studies on control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tobacco nurseries. *Tobacco Research*, 24(1), 26-30.
- Szzech, M., & Smolińska, U. (2001). Comparison of suppressiveness of vermicomposts produced from animal manures and sewage sludge against *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *nicotianae*. *Journal of Phytopathology*, 149(2), 77-82. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2001.00586.x>
- Tagoe, S. O., Horiuchi, T., & Matsui, T. (2008). Effects of carbonized and dried chicken manures on the growth, yield, and N content of soybean. *Plant and Soil*, 306, 211-220. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9573-9>
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2024). Tarım Ürünleri Piyasaları Raporları. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/Birle%C5%9Ftirilmi%C5%9F%20T%C3%9CP%20Raporlar%C4%B1/2024-Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporlar%C4%B1%20TEPGE%20Tamsay%C4%B1.pdf> (Son erişim tarihi: 18 Kasım 2024)
- Teke, Ş., Coşkan, A., & Aktaş, H. (2019). Vermikompostun domateste verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 1(1), 23-27.
- Teran, H., & Singh, S. P. (2009). Efficacy of three greenhouse screening methods for the identification of physiological resistance to white mold in dry bean. *Canadian Journal of Plant Science*, 89(4), 755-762. <https://doi.org/10.4141/cjps08230>

- Termorshuizen, A. J., Van Rijn, E., Van Der Gaag, D. J., Alabouvette, C., Chen, Y., Lagerlöf, J., ... & Zmora-Nahum, S. (2006). Suppressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(8), 2461-2477. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.03.002>
- Tu, J. C. (1997). An integrated control of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum*) of beans, with emphasis on recent advances in biological control. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 38, 73-76.
- Turkington, T. K., & Morrall, R. A. A. (1993). Use of petal infestation to forecast *Sclerotinia* stem rot of canola: the influence of inoculum variation over the flowering period and canopy density. *Phytopathology*, 83(6), 682-689.
- Uloth, M., You, M. P., Finnegan, P. M., Banga, S. S., Yi, H., & Barbetti, M. J. (2014). Seedling resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* as expressed across diverse cruciferous species. *Plant Disease*, 98(2), 184-190. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-13-0612-RE>
- Venette, J. (1998). *Sclerotinia* Spore Formation, Transport and Infection. *Proceedings of the Sclerotinia Workshop*. 21 January 1998, Fargo, North Dakota, USA
- Vieira, R. F., Pinto, C. M., & Paula Júnior, T. J. D. (2003). Chemigation with benomyl and fluazinam and their fungicidal effects in soil for white mold control on dry beans. *Fitopatologia Brasileira*, 28, 245-250. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582003000300004>
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Marra, R., Barbetti, M. J., Li, H., & Lorito, M. (2008). A novel role for *Trichoderma* secondary metabolites in the interactions with plants. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 72(1-3), 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.05.005>
- Vuong, T. D., Hoffman, D. D., Diers, B. W., Miller, J. F., Steadman, J. R., & Hartman, G. L. (2004). Evaluation of soybean, dry bean, and sunflower for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. *Crop Science*, 44(3), 777-783. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.7770>
- Vural, C., & Soylu, S., (2012). Prevalence and incidence of fungal disease agents affecting bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Research on Crops*, 13(2), 634-640.
- Wang, J., Li, X., & Chen, Z. (2023). Vermicompost enhances soil microbial diversity and promotes growth of legumes. *Soil Biology and Biochemistry*, 170, 108812. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.108812>
- Wang, Y., Cheng, Y., Liu, J., & Wang, W. (2021). Effects of vermicompost on soil biological properties and suppression of soil-borne plant diseases: A review. *Applied Soil Ecology*, 157, 103739. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2020.103739>

- Wang, Y., Xu, X., Li, Y., & Zhang, S. (2006). Effects of vermicompost and its microbial inoculant on crop growth and soil microbial activities. *Bioresource Technology*, 97(16), 1919-1925.
- Williams, J. R., & Stelfox, D. (1980). Influence of farming practices in Alberta on germination and apothecium production of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2(3), 169-172. <https://doi.org/10.1080/07060668009501435>
- Woodward, J. E., Baughman, T. A., Baring, M. R., & Simpson, C. E. (2015). Comparison of three high-oleic peanut cultivars under varying field conditions in the southwestern United States. *Peanut Science*, 42(1), 11-17. <https://doi.org/10.3146/0095-3679-42.1.11>
- Wu, B. M., Subbarao, K. V., & Liu, Y. B. (2008). Comparative survival of sclerotia of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum*. *Phytopathology*, 98(6), 659-665.
- Yanar, Y., & Miller, S. A. (2003). Resistance of pepper cultivars and accessions of *Capsicum* spp. to *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 87(3), 303-307. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.3.303>
- Yang, C., Zhang, Z., Gao, H., Liu, M., & Fan, X. (2014). Mechanisms by which the infection of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary affects the photosynthetic performance in tobacco leaves. *BMC Plant Biology*, 14, 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12870-014-0240-4>
- Yaviç, Ş., Demir, S., & Boyno, G. (2020a). Solucan gübresi (Vermikompost)'nin domates (*Solanum lycopersicum*)'te *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary'un neden olduğu kök çürüklüğü hastalığına etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 13-20.
- Yaviç, Ş., Demir, S., & Boyno, G. (2020b). Solucan gübresi çayının domateste *Sclerotinia sclerotiorum* kaynaklı hastalık üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 45-52.
- Yeken, M. Z., Çiftçi, V., Çancı, H., Özer, G., & Kantar, F. (2019). Türkiye'nin batı anadolu bölgesinden toplanan yerel fasulye genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 124-139. <https://doi.org/10.24180/ijaws.529713>.
- Yılmaz, F., Şahin, N., & Demir, H. (2023). Vermicompost application improves growth and yield of legumes. *Journal of Sustainable Agriculture*, 15(1), 77-89. <https://doi.org/10.1007/jsa.2023.0157>
- You, X., Kimura, N., Okura, T., Murakami, S., Okano, R., Shimogami, Y., ... & Tojo, M. (2019). Suppressive effects of vermicomposted-bamboo powder on cucumber damping-off. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 53(1), 13-19. <https://doi.org/10.6090/jarq.53.13>

- Zaller, J. G. (2006). Foliar spraying of vermicornpost extracts: effects on fruit quality and indications of late-blight suppression of field-grown tomatoes. *Biological Agriculture & Horticulture*, 24(2), 165-180. <https://doi.org/10.1080/01448765.2006.9755017>
- Zhang, H., & Xue, A. G. (2010). Evaluation of fungicides and application methods for control of white mold in dry bean. *Canadian Journal of Plant Science*, 90(1), 95-102. <https://doi.org/10.4141/CJPS09073>
- Zhang, X. Z., Sa, R. N., Gao, J. Y., Wang, C. L., Liu, D. W., & Zhang, Y. J. (2020). Preventive effect of vermicompost against cucumber *Fusarium* wilt and improvement of cucumber growth and soil properties. *International Journal of Agriculture and Biology*, 23(3), 515-521.
- Zhang, Y., Li, H., & Wang, J. (2022). Effects of vermicompost on soil microbial diversity and disease suppression against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Disease*, 106(5), 1243-1252. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-21-1763-RE>
- Zhang, Y., Liu, H., & Wang, X. (2022). Vermicompost as a biological control agent: Mechanisms and applications. *Applied Soil Ecology*, 177, 104545. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104545>
- Zhang, Y., Liu, Q., & Huang, X. (2021). Growth disorders in legumes caused by fungal pathogens and control strategies. *Plant Disease*, 105(10), 2550-2558. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-21-0061-RE>
- Zibilske, L. (2004). *National Organic Standards Board*. Compost Tea Task Force Report. USDA/ARS.

ÖZGEÇMİŞ

