



Marul (*Lactuca sativa*) Bitkisinde Sorun Olan *Verticillium dahliae*' ya Karşı Bazı Biyo Etmen ve Organik Maddelerin Etkisi

The Effect of Some Bio-Agents and Organic Substances Against *Verticillium dahliae*, A Problem in Lettuce (*Lactuca sativa*) Plant

Hasret Güneş ^{ID}, Emre Demire Durak ^{ID}, Semra Demir ^{ID}

Geliş Tarihi (Received): 13.12.2021

Kabul Tarihi (Accepted): 01.07.2022

Yayın Tarihi (Published): 22.08.2022

Öz: Bu çalışmada, *Verticillium dahliae*'nin gelişimi üzerine bazı fungal (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma viride*) ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*) biyolojik kontrol etmenleri ile vermikompost ve salisilik asit organik maddelerin etkisi araştırılmıştır. Çalışma *in vitro* ve *in vivo* koşullarda yürütülmüş ve *in vitro*'da antagonizmin derecesi ve yüzde olarak engelleme oranı belirlenmiştir. *In vitro*'da inhibisyon oranı en yüksek olarak belirlenen *T. asperellum* ve *S. cerevisiae* ile vermikompost ve salisilik asit organik maddelerin, *in vivo*'da marul (*Lactuca sativa*) bitkisinde sorun teşkil eden *V. dahliae*'nin gelişimine etkisi incelenmiştir. Ayrıca organik maddelerden salisilik asitin *V. dahliae*'nin gelişimini tamamen engellediği belirlenmiştir. *S. cerevisiae* ve salisilik asit, *V. dahliae* patojeninin olduğu uygulamalarda kontrol grubuna oranla bitkilerin sürgün boyunu ve kök uzunluğunu arttırmıştır. Gerek yeşil aksam gerek gövde kesiti skala değerlerinde salisilik asit ve *T. asperellum*, *V. dahliae* patojeninin etkinliğini azaltmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Trichoderma* spp., *Verticilliumdahliae*, *Saccharomyces cerevisiae*, salisilik asit, marul (*Lactuca sativa*).

&

Abstract: The effects of some fungal (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma viride*) and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) biological control agents, as well as vermikompost and salicylic acid organic substances, on the development of the difficult-to-control *Verticillium dahliae*, were investigated in this study. The study was conducted *in vitro* and *in vivo*, and the degree of antagonism and percent inhibition rate *in vitro* was determined. The effects of *T. asperellum* and *S. cerevisiae*, which had the highest inhibition rate *in vitro*, and vermikompost and salicylic acid organic substances on the development of *V. dahliae*, which is a problem in lettuce (*Lactuca sativa*) *in vivo*, were investigated. In addition, it determined that salicylic acid, one of the organic substances, completely inhibited the development of *V. dahliae*. *S. cerevisiae* and salicylic acid increased the plant length and root length compared to the control group in applications with *V. dahliae* pathogen. Salicylic acid and *T. asperellum* reduced the effectiveness of the pathogen *V. dahliae* in both the green parts and the stem section scale values.

Keywords: *Trichoderma* spp., *Verticilliumdahliae*, *Saccharomyces cerevisiae*, salicylic acid, lettuce (*Lactuca sativa*).

Atıf/Cite as: Güneş, H., Durak, E. D., & Demir, S. (2022). Marul (*Lactuca sativa*) Bitkisinde Sorun Olan *Verticillium dahliae*' ya Karşı Bazı Biyo Etmen ve Organik Maddelerin Etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (2), 245-255. DOI: 10.24180/ijaws.1036227.

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethic: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

¹ Prof. Dr. Semra DEMİR, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, semrademir@yyu.edu.tr (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

¹ Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, emredemirer@yyu.edu.tr

¹ Dr. Hasret GÜNEŞ, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bitki Koruma Bölümü, hasretgns02@hotmail.com

GİRİŞ

Bir serin iklim sebzesi olan marul bitkisi papatyagiller (*Lactuca sativa*) (Asteraceae) familyasındandır. Yaprak özelliğine göre gruplara ayrılan marul bitkisi, ülkemizde en çok üretimi yapılan sebzeler arasında yer almaktadır (Şalk vd., 2008). Taze yaprakları değerlendirilen marul bitkisi, yapısında besin değeri önemli mineralleri barındırmaktadır (Günay, 2005; Akbay, 2012). Organik maddece zengin topraklarda hızla gelişim göstererek kısa bir vejetasyon döneminde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Kılıç, 2018). Marul yetiştiriciliğinde önemli birçok toprak kökenli hastalık etmeni sorun olmaktadır (Koike vd., 2007). *Verticillium dahliae* marulda solgunluk ve aniden ölüm gibi belirtiler ile ciddi sorunlar oluşturmaktadır (Wu ve Subbarao, 2014). *Verticillium* solgunluğu birçok bitki grubunda önemli enfeksiyonlara yol açmakta ve marul için yıkıcı bir patojen durumundadır. Çünkü bu hastalık semptomları marulun vejetatif döneminde normal seyirde ancak pazarlanmaya yaklaşınca aniden hızlı bir şekilde gelişmektedir (Hayes vd., 2007). Patojen, marulun ilk dönemlerinde kök vasküler dokusunda renk değişikliği, ilerleyen dönemlerde ise yani piyasa olgunluğuna ulaşınca bitki ölümüne neden olacak açılmal kloroz, nekroz veya ani solgunluk belirtileri oluşturmaktadır (Hayes vd., 2007). *V. dahliae* kötü yapılı topraklarda yıllarca canlılığını korumakta ve sıcak bölgelerde özellikle sulak alanlarda büyük bir problem oluşturmaktadır (Vallad vd., 2005). Bu patojene karşı mücadelede kültürel önlemler ve dayanıklı çeşit kullanımı yetersiz kalmış, alternatif mücadele yöntemleri, özellikle sürdürülebilir tarım uygulamasını zorunlu hale getirmiştir (Veloşo vd., 2016).

Kimyasal gübrelere alternatif olarak kullanılan ve sürdürülebilir tarım kapsamında yer alan mikrobiyal gübreler, birçok biyotik ve abiyotik stres faktörüne karşı bitkilerde dayanıklılık sağlamaktadırlar (Kılıç, 2018). *Trichoderma* spp., mikoparazitik etkiye sahip, bitki gelişimini teşvik eden, toprak yapısını düzenleyen, fitopatogenlere karşı koruma sağlayan, tarım alanlarında biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılan faydalı organizmaların başında gelmektedir (Guzmán-Guzmán vd., 2019). *Trichoderma* spp.'nin yapısında bulunan ikincil metabolitler bitki hastalıklarını önlemede bu organizmaların etkinliğini artırarak gerek tek başına gerekse farklı mikroorganizmalarla bitki patojenlerine karşı kullanılmaktadır (Aydın, 2015).

Bitkilerde görülen birçok stress faktörüne karşı etkinlik gösteren ve yararlı mikrobiyal aktiviteyi arttıran uygulamalardan biri de vermikomposttur (Joshi vd., 2015). Vermikompost, toprak solucanlarının kullanıldığı organik atıkların kompostlaştırılmış ürünüdür (Edwards ve Bohlen, 1996; Tutar, 2013; Ergün, 2020). Sıvı solucan gübresi ise kompostlanan gübrenin işlem görmüş halidir (Yıldırım, 2019). Rizorfer bölgesine uygulanan sıvı solucan gübresi ve vermikompost hem toprak yapısını düzenleyerek bitki gelişimi arttırmakta hem de pestisit kullanımına ihtiyaç duyulmadan birçok patojene karşı mücadele sağlamaktadır (Ergün, 2020).

Bitki büyümesinin düzenlenmesi, gelişimi ve diğer organizmalarla etkileşiminde temel rol oynayan ve biyotik ve abiyotik stres koşullarında bitkiye dayanıklılık sağlayan salisilik asit (SA) bitkilerdeki önemli fenolik gruplar arasında yer almaktadır (Harborne, 1980; Van Breusegem vd., 2001; Özeke, 2005; Karasakal, 2020). Strese maruz kalan bitkilerin zararını azaltmak için kullanılan SA, bitkinin gelişme dönemine bağlı olarak savunma mekanizmalarını harekete geçirerek etkili olduğu ifade edilmektedir (Horváth vd., 2007; Sevimay, 2009).

Zararlı mikroorganizmaların gelişimini engelleyici bir diğer uygulama ise mayalardır (Hayduck, 1909; Bedir ve Kuleşan, 2020). Mayaların üretmiş oldukları mikotoksin metabolitler antagonistik etki göstermektedir (Schmitt ve Breinig, 2002). Tarımsal üretimde *Saccharomyces* gibi antimikrobiyal üretebilen antagonistlerin kullanımı, depolama veya nakliye sırasında patojen gelişimini engellemektedir (Toffano vd., 2017). Genellikle toprakta yaşayan ve ayrıştırıcı özelliği de bulunan mayalar hücre dışında hidrolitik enzimler üreterek şeker, amino asit ve aromatik bileşikler metabolize ederler. Antibiyotik sentezledikleri için tıbbi ve endüstriyel öneme sahiptir. Mayaların biyolojik kontrolü her ne kadar yavaş etki gösterse de kalıcı, ucuz ve çevre kirliliğine zararı en az olan uygulamalardan biridir (Aghighi vd., 2004).

Bu çalışmanın amaçları,

- *Trichoderma* spp., *Saccharomyces cerevisiae*, vermikompost ve SA'in *in vitro*'da *V. dahliae* patojeni üzerine etkisini saptamak,

- *In vitro*'da *V. dahliae*'nın gelişimini en çok inhibe eden *Trichoderma* türünü belirlemek,

- Birçok kültür bitkisinde hastalık yapan ve mücadelesi çok zor olan *V. dahliae* x marul patosisteminde biyolojik etmenlerin ve organik maddelerin hastalık şiddeti ile bazı bitki gelişim parametreleri üzerine etkisini ortaya koymaktır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmanın *in vitro* aşaması için vermikompost organik maddesi Vermisol Natural Tarım Sanayi Tic. Ltd. Şti.'den, kuru maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve salisilik asit ticari firmadan temin edilmiştir. Virülanslığı ön çalışmalar ile belirlenen *V. dahliae* patojeni ve *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma viride* biyolojik kontrol etmenleri Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarından temin edilmiştir. Kullanılan *Trichoderma* spp. daha önceden topraktan izole edilmiş, moleküler olarak teyit edilmiş, antagonistik özelliği yüksek izolatlardır (Demirer Durak, 2011).

Çalışmada hem patojen hem de biyolojik kontrol etmenlerinin izolasyonu, tespiti, inokulum olarak geliştirilmesi ve bir sonraki aşamada kullanılmak üzere stok olarak saklanmasında Patates Dekstroz Agar (PDA) besi ortamı kullanılmıştır.

Çalışmanın *in vivo* aşamasında, bitkisel materyal olarak Zeta tohumculuk firmasından temin edilen Yedikule 5701 marul çeşidi kullanılmıştır. Denemede bitki yetiştirme ortamı olarak 2:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan harç materyali kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci aşamasında *in vitro* ortamında *Trichoderma* spp., maya, salisilik asit ve vermikompostun *V. dahliae* izolatına karşı inhibisyon oranı (%) ve antagonizm derecesi belirlenmiştir.

*In Vitro*da *Trichoderma* spp. x *Verticillium dahliae* İkili Kültür Tekniği

Bir haftalık saf kültürlerden mantar delici ile alınan 5 mm'lik diskler PDA besi yeri içeren petrilere aralarında 6 cm olacak şekilde karşılıklı olarak ekilmiştir. İlk önce yavaş gelişen *V. dahliae* izolatı, bir hafta sonra da *Trichoderma* izolatları ekilmiştir. Kontrol petrilere her bir fungusun tek ekimi yapılmıştır. Beş tekerrürlü yapılan denemede petrilere 24°C sıcaklıkta 5 gün boyunca inkübe edilmiş daha sonra antagonizm derecesini belirlemek için 1-5 skala değeri kullanılmıştır (Bell vd., 1982; Melo ve Faull, 2000).

1-5 skala değeri

1: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %100 patojen üzerinde gelişimi

2: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %75 patojen üzerinde gelişimi

3: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %50 patojen üzerinde gelişimi

4: Patojenin %75 *Trichoderma* spp. antagonistlerinin üzerinde gelişimi

5: Patojenin %100 *Trichoderma* spp. antagonistlerinin üzerinde gelişimi

İkili kültürde patojen inhibisyon oranı (%) formülü (Royse ve Ries 1978) kullanılarak belirlenmiştir. $RI = (R1 - R2) / R1 \times 100$

RI: Büyümenin antagonist tarafından engellenmesi

R1: Patojenin koloni yarıçapı

R2: Patojenin antagonist yönündeki büyüme yarı çapı

Uygulamalar sonucunda en iyi sonucu veren *Trichoderma* spp. seçilerek bir sonraki aşamada kullanılmıştır.

In Vitroda Verticillium dahliae x Organik Madde İnteraksiyonu

Kuru mayadan (*Saccharomyces cerevisiae*) ve vermikomposttan 2.5 gm l⁻¹ konsantrasyonunda 100 ml'lik süspansiyon otoklavda steril edilmiş 60 °C'deki PDA ortamına karıştırılıp petrilere dökülmüştür. Daha sonra *V. dahliae* izolatından 0.5 cm çapında misel diskleri mantar delici ile kesilip PDA içeren petrilerin merkezine bırakılmıştır. Kontrol grubu *V. dahliae* ise PDA ortamına herhangi bir organik madde kullanılmadan petrinin merkezine gelişime bırakılmıştır.

Petriler 25 °C'de iki hafta inkübe edilerek diskler etrafındaki fungus gelişmeyen bölgenin çapı (inhibisyon zonu) mm olarak ölçülmüştür. Petri ortamında kullanılan maya, salisilik asit ve vermikompostun *V. dahliae* gelişimine etkisi kaydedilmiştir.

In Vivo Ortamında V. dahliae İnokulasyonu

Çalışmanın in vivo aşamasında marul tohumları %0.05'lik Sodyum hipoklorit (NaOCl içinde 3 dk tutularak saf su ile yıkanmıştır (Marschner vd., 1997). Daha sonra tohumlar bir gözü 4.7 x 4.7 x 6.0 cm ebatlarındaki 45'lik plastik viollere ekimi yapılmış fide dönemine kadar bu ortamda yetiştirilmiştir. Fide yetiştirme ortamı olarak 1:1 oranında torf-perlit karışımından oluşan harç materyali kullanılmıştır. Tohum ekiminden 4 hafta sonra yetiştirilen fideler, 3 kg karışım alabilen 20 cm çapındaki plastik saksılara şaşırtılmıştır. Şaşırtma öncesinde kullanılacak saksılar % 10'luk formalin ile dezenfekte edilmiştir. Deneme 5 tekerrürlü ve her bir tekerrürde 1'er bitki olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Bitkiler deneme süresince 23±2 °C sıcaklık ve %60-70 oranlı nem koşullarına sahip 16 saat aydınlık 8 saat karanlık 6000-8000 lux ışık şiddetinde led bitki gelişim ışıklarıyla donatılmış iklim odasında yetiştirilmiştir. Sulamalar saf su ile yapılmış ve bitkilere 3 kez Hoagland besin solüsyonu verilmiştir (Hoagland ve Arnon, 1950).

İklim odasında 4 haftalık gelişmeye bırakılan marul fidelerine *V. dahliae* inokulasyonu yapılmıştır. İnokulasyon işleminden önce PDA ortamında geliştirilen *V. dahliae* izolatından mantar delici ile 5 mm'lik parçalar alınmış, stok süspansiyon çözeltisi içine aktarılmıştır. Süspansiyonun, spor yoğunluğu hemositometrede 1x10⁶ konidi/ml' ye ayarlanmış, hazırlanan bu solüsyona marul fideleri 5 dakika süreyle daldırılmıştır (Zink ve Gubber, 1986; Yeşilova ve Karaca, 2007). Kontrol grubu ise söz konusu organik maddelerden veya *T. asperellum* kullanılmadan gelişime bırakılmıştır.

In Vivo Ortamında V. dahliae Patojenine Karşı Organik Maddelerin Uygulanması

In vitroda *Trichoderma* türlerinin antagonizm derecesi ve inhibisyon oranı sonuçlarına göre *V. dahliae*'ya en etkili olduğu belirlenen *T. asperellum* izolatı in vivo ortamında kullanılmıştır. Marul fidelerine patojen inokulasyonundan 7 gün sonra SA, maya, vermikompost ve *T.asperellum* uygulaması yapılmıştır. Fideler yaklaşık 4-5 yapraklı olduğu dönemde, saksı başına 0.5 mM SA (%0.02 Tween 20 içinde hazırlandı) gelecek şekilde topraktan sulamayla uygulanmıştır (Sevimay, 2009). Kuru mayadan (*Saccharomyces cerevisiae*) 2.5 gm/l konsantrasyonunda 100 ml'lik süspansiyon hazırlanarak her saksıya 15 ml ilave edilmiştir (Arafat et al., 2012). Vermikompostun hazır sıvı solüsyonu ticari preparatta önerilen dozda içme suyu ile seyreltildikten sonra sulama suyu olarak bitkiye kök boğazından 15 ml kadar verilmiştir (Yaviç vd., 2020). Petri ortamında geliştirilen *T. asperellum* izolatından 1x10⁶ spor/ml hemositometrede belirlenerek 15 ml'lik süspansiyon hazırlanıp bitkilere topraktan içirme yöntemi ile uygulanmıştır (Boyno, 2019).

In Vivo Ortamında Yeşil Aksam ve Gövde Kesiti Skala Dereceleri

Patojen inokulasyonundan 4 hafta sonra bitkilerde ortaya çıkmaya başlayan hastalık belirtilerini fidelerin toplam 10 haftalık gelişme periyodu sonunda değerlendirilerek hastalık şiddeti belirlenmiştir. Bu amaçla yeşil aksamda solgunluk değerlendirmesi için 0-5 skalası (Hwang vd., 1992) ve gövde kesiti incelemesi için ise 0-3 skalası kullanılmıştır (Erwin vd., 1976).

0-5 Skalası

0= Sağlıklı

1= Yapraklarda %25'ten az solgunluk

2= %25 - %50 solgunluk (%30 yaprak kaybı)

3= %50 - %75 solgunluk (%60 yaprak kaybı)

4= %75 - %100 solgunluk (%90 yaprak kaybı)

5= Bitki ölmüş

0-3 Skalası

0= Bitkiler sağlam, gövde enine kesitinde herhangi bir renk bozulması yok

1= Bitkiler biraz hasta, gövde enine kesitinde az miktarda kahverengi lekeler var, bitki iletim demetlerinin % 1-33'ü kahverengileşmiştir

2= Bitkiler orta derecede hasta, gövde enine kesitinde çok miktarda siyah lekeler bulunmakta, bitki iletim demetlerinin % 34-67' si kahverengileşmiştir.

3= Bitkiler çok hasta, gövde enine kesiti tamamen siyah leke ile kaplı ve kurumuş bitkiler mevcut, iletim demetlerinin % 68-100' ü kahverengileşmiştir.

Gerek yeşil aksam ve gerekse gövde kesiti değerlendirmelerinde skala dereceleri göz önünde tutularak aşağıdaki eşitlik (1) yardımıyla hastalık şiddeti hesaplanmıştır.

$$\text{Hastalık şiddeti} = \frac{(0) \times (a) + (1) \times (b) + (2) \times (c) + (3) \times (d)}{n} \times 100 \quad (1)$$

n : Her skala değerine giren toplam bitki sayısı

İstatistiksel Analiz

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre dizayn edilmiştir. Elde edilen veriler Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak istatistiksel analizleri yapılmıştır. Bu amaçla SPSS (SPSS statistic program, Ver. 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) bilgisayar programı kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tarımsal üretimde sorun olan toprak kökenli patojenlere yönelik olarak, kimyasal mücadeleye alternatif çeşitli uygulamalar bulunmaktadır (Erdoğan vd., 2014; Koç vd., 2018). Marul bitkisinde toprak kaynaklı patojen olan *V. dahliae*' ya karşı bazı organik ve inorganik maddelerin kullanıldığı bu çalışma *in vitro* ve *in vivo* olarak iki aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada biyolojik mücadele elemanı türlerin patojene etkisi agar ortamında denenmiştir. *Trichoderma* spp.' nin *V. dahliae* izolatına karşı inhibisyon oranı (%) ve antagonizm derecesi Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre; bütün *Trichoderma* spp. izolatlarının *V. dahliae* patojeni üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. En düşük inhibisyon oranı *T. harzianum*' da (%53.25) ve en yüksek *T. asperellum*' da (%63.99) görülmüştür. Bu oranlara yakın olarak *T. viride* (%60.80) ve *T. virens* (%58.89) sıralamada yer almıştır. Jabnoun-Khiareddine vd., (2009)'nun yaptığı çalışmada bu oranlar *T. harzianum*'da %62.15 ve *T. virens*'de %58.84 ile sonuçlarımızı desteklemiştir. Ancak Jamdar vd., (2013) ikili kültür yönteminde *T. harzianum*'un diğer *Trichoderma* türlerine göre *V. dahliae*'nin radyal büyümesini daha çok azalttığını belirtmişlerdir. Bunun sebebi kullanılan patojen izolatının çok virulent olması ya da *Trichoderma* izolatının çok etkili olmamasındandır.

Antagonizm derecesine bakıldığında *Trichoderma* türleri tamamen patojen üzerinde gelişim göstermişler ve 1-5 skalasına göre 1 değerinde yer almışlardır (Çizelge 1). Özgönen vd., (2010) tarafından yapılan çalışmada ise *T. harzianum*'un *V. dahliae* patojenini en az 2/3'sini engellediği ve skala 2 değerini verdiği ifade edilmiştir. Çalışmamızda *T. asperellum*'un *V. dahliae*'nin inhibisyon oranını arttırdığı saptanmıştır (Çizelge 1). Başka bir çalışmada da *T. asperellum*'un *V. dahliae*'nin gelişimini büyük ölçüde engellediği belirtilmiştir (Carrero-Carrón vd., 2016).

Çizelge 1. *Trichoderma* spp.'nin *Verticillium. dahliae*'ya karşı inhibisyon oranı (%) ve antagonizm derecesi.
Table 1. Inhibition rate (%) and degree of antagonism of *Trichoderma* spp. against *V. dahliae*.

Uygulamalar	Antagonizm Derecesi	İnhibisyon oranı (%)
<i>T. harzianum</i> x <i>V. dahliae</i>	1*	53.25**
<i>T. virens</i> x <i>V. dahliae</i>	1	58.89
<i>T. asperellum</i> x <i>V. dahliae</i>	1	63.99
<i>T. viride</i> x <i>V. dahliae</i>	1	60.80

*: Antagonizm derecesini belirlemek için 1-5 skalası kullanılmıştır.

** : İnhibisyon oranının yüzdesi (%) formül kullanılarak belirlenmiştir.

In vitroda *Saccharomyces cerevisiae*, salisilik asit ve vermikompostun *V. dahliae* gelişimine etkisi Çizelge 2'de verilmiştir. Salisilik asidin petri ortamında *V. dahliae*'nin gelişimini tamamen baskıladığı ve diğer uygulama gruplarıyla aralarında istatistiksel fark olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). *Saccharomyces cerevisiae* ve vermikompost uygulamalarının patojen gelişimini azalttığı ve bu uygulamalar ile kontrol arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.05$) (Çizelge 2.). Başka bir çalışmada in vitro ortamında ikili kültür yöntemine göre vermikompostun *V. dahliae*'nin gelişimini %2.28-58.74 oranları arasında engellediği belirtilmiştir (Soylu vd., 2020).

Çizelge 2. In vitroda *Saccharomyces cerevisiae*, salisilik asit ve vermikompostun *Verticillium. dahliae* misel gelişimi üzerine etkisi.

Table 2. Effect of *Saccharomyces cerevisiae*, salicylic acid and vermicompost on *Verticillium dahliae* mycelial growth in vitro.

Uygulamalar	$\bar{x} \pm s.s$ ***
<i>S. cerevisiae</i> -x <i>V. dahliae</i>	1.24** \pm 0.33 ^b
Salisilik Asit x <i>V. dahliae</i>	0.00 \pm 0.00 ^a
Vermikompost x <i>V. dahliae</i>	1.05 \pm 0.13 ^b
Kontrol (<i>V. dahliae</i>)	2.66 \pm 0.35 ^c

*: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.05$).

** : İn vitroda inhibisyon zonu mm olarak ölçülmüştür.

***: \bar{x} : verilerin ortalamaları, s.s : standart sapma

In vitroda *V. dahliae* patojenine karşı denenen *Trichoderma* türlerinin birbirine yakın engelleme oranları verdikleri belirlenmiş fakat aralarından en iyi sonucu veren *T. asperellum* izolatu in vivo da kullanılmak üzere seçilmiştir. Yine in vitroda SA, vermikompost ve *S. cerevisiae*'nin patojeni baskılamada başarılı olduğu istatistiksel olarak da ispatlanmış ve in vivo da bitki gelişimine ve hastalığa karşı test edilmiştir. İklim odasında gerçekleştirilen uygulamaların bitki gelişim parametrelerine etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre *T. asperellum*'un gelişim parametrelerini arttırdığı ve istatistiki olarak diğer uygulama gruplarına göre yaş ve kuru ağırlıkta önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0.05$). Başka bir çalışmada da *Verticillium* solgunluğuna *T. asperellum*'un %76 oranında etkili olduğu ve bitki gelişimini arttırdığı belirtilmektedir (Ślusarski ve Pietr, 2009). Benzer şekilde, *T. asperellum* biyolojik kontrol elemanının *V. dahliae* solgunluğunda bitki ölümünü azaltarak kök gelişimini arttırdığı ve sürgün boyunu geliştirdiği ifade edilmektedir (Vitullo vd., 2013). *S. cerevisiae* x *V. dahliae* uygulaması kontrole oranla sürgün boy ve kök uzunluğu değerlerinde artış sağlanmıştır. Ancak bu artış istatistiksel olarak önemsiz olup ($p > 0.05$) sürgün boyunun tüm uygulamaları pozitif kontrol ile aynı grupta yer almıştır (Çizelge 3). Mayanın, *V. dahliae* gibi birçok bitki patojeninin gelişimini inhibe ettiği ve bitki gelişim parametrelerini artırarak koruma sağladığı belirtilmektedir (Aghighi vd., 2004; Sarhan, 2011). SA x *V. dahliae* kombinasyonunda sürgün boyu ve kök uzunluğu parametrelerinde fark olduğu fakat kontrol grubuna göre aralarındaki istatistiksel farkın önemsiz bulunduğu tespit edilmiştir ($p > 0.05$). Başka bir çalışmada tohumla kaplanan SA'ın *V. dahliae* gelişimini %39.25 oranında düşürdüğü ve bitkinin vejetatif büyüme parametrelerini kontrol grubuna göre arttırdığı ifade edilmiştir (Mahesh vd., 2017). Gong vd. (2017) SA'ın sinyal iletme yolunu kullanarak vasküler solgunluğa neden olan *V. dahliae* patojeninin gelişimini engellediğini belirtilmiştir. Bu çalışmada vermikompost x *V. dahliae* interaksyonlu uygulama (76.60 cm) ile kontrol grubu (69.00 cm) kıyaslandığında %11'lik bir artış sağlanmıştır. Ancak bu artış uygulamalar arasındaki farkı önemsiz kılmıştır. ($p > 0.05$).

Yaviç vd. (2020) sonuçlarımızla paralel olarak vermikompostun bitki gelişimi üzerindeki etkisinin az olduğunu bildirmişlerdir.

Yaş ve kuru ağırlık parametrelerinde en yüksek değer *T. asperellum* ve vermikompost, en düşük değer *S. cerevisiae* x *V. dahliae* uygulamalarında görülmüştür. Bu uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ($p < 0.05$) (Çizelge 3). Bitkilerin gelişim parametreleri üzerinde *V. dahliae* izolatının etkinliğinin en çok *T. asperellum* uygulamasında azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Başka bir çalışmada *V. dahliae*'ya karşı kullanılan *T. asperellum*' un bitki büyümesini önemli ölçüde artırırken hastalık şiddetini azalttığı belirtilmiştir (Carrero-Carrón vd., 2016).

Çizelge 3. Marulda *Verticillium dahliae*'ya karşı SA, *S. cerevisiae*, *T. asperellum* ve vermikompost uygulamalarının gelişim parametrelerine etkisi.

Table 3. The effects of SA, *S. cerevisiae*, *T. asperellum* and vermikompost applications on growth parameters against *Verticillium dahliae* in lettuce.

Uygulamalar	Sürgün Boyu (cm)	Kök Uzunluk (cm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
	$\bar{X} \pm S.S^{**}$	$\bar{X} \pm S.S$	$\bar{X} \pm S.S$	$\bar{X} \pm S.S$
Kontrol	69.00±7.38 ^{a*}	20.40±6.30 ^a	50.80±15.49 ^{ab}	7.07±0.77 ^{cd}
SA	68.40±15.04 ^a	22.20±4.20 ^{ab}	38.32±7.08 ^a	6.71±0.42 ^{bcd}
Vermikompost	66.92±38.42 ^a	22.00±7.38 ^{ab}	47.74±4.41 ^{ab}	7.87±1.88 ^d
<i>S. cerevisiae</i>	60.20±8.10 ^a	23.60±6.34 ^{ab}	46.83±7.22 ^{ab}	7.15±2.77 ^{cd}
<i>T. asperellum</i>	68.40±22.94 ^a	31.00±11.02 ^b	57.79±14.41 ^b	7.71±1.83 ^d
SA x <i>V. dahliae</i>	77.20±6.68 ^a	23.00±6.20 ^{ab}	39.90±4.12 ^a	5.01±1.14 ^{ab}
Vermikompost x <i>V. dahliae</i>	76.60±8.67 ^a	19.20±3.89 ^a	41.88±5.58 ^a	6.16±0.35 ^{abcd}
<i>S. cerevisiae</i> x <i>V. dahliae</i>	71.80±11.81 ^a	24.00±7.77 ^{ab}	37.98±5.58 ^a	4.50±0.84 ^a
<i>T. asperellum</i> x <i>V. dahliae</i>	84.80±13.25 ^a	20.40±7.40 ^a	40.20±9.81 ^a	5.47±1.14 ^{abc}
<i>V. dahliae</i>	75.80±20.11 ^a	18.20±3.56 ^a	44.27±3.02 ^a	5.47±1.08 ^{abc}

*: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.05$).

** : \bar{x} : verilerin ortalamaları, s.s : standart sapma

Verticillium dahliae, bitkilerin iletim demetlerinde tıkanıklıklara neden olarak, yeşil aksamında solgunluğa sebep olmaktadır. Bu nedenle bitkilerde patojenin zararı hem solgunluğa hem de gövde kesitine bakılarak farklı skalalar ile tespit edilmiştir. Marulda *V. dahliae*'nın skala değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Marulda *Verticillium dahliae*'nin yeşil aksam ve gövde kesiti hastalık şiddeti indeksleri.

Table 4. Disease severity indexes of green part and stem section of *Verticillium dahliae* in lettuce.

Uygulamalar	Yeşil Aksam H. Ş. İ. *	Gövde Kesiti H. Ş. İ. **
	$\bar{X} \pm S.S^{***}$	$\bar{X} \pm S.S$
SA x <i>V. dahliae</i>	20.00±14.14 ^{a***}	6.60±14.75 ^a
Vermikompost x <i>V. dahliae</i>	28.00±10.95 ^a	13.20±18.07 ^a
<i>S. cerevisiae</i> x <i>V. dahliae</i>	32.00±10.95 ^a	19.80±18.07 ^{ab}
<i>T. asperellum</i> x <i>V. dahliae</i>	20.00±14.14 ^a	6.60±14.75 ^a
<i>V. dahliae</i>	52.00±10.95 ^a	39.60±14.75 ^b

*: Hastalık şiddeti indeksi yeşil aksamda 0-5 solgunluk skalası üzerinden yüzde olarak Tawsend-Hauberger formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

** : Hastalık şiddeti indeksi gövde kesitinde 0-3 skalası üzerinden yüzde olarak Tawsend-Hauberger formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

***: Aynı sütundaki farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.05$).

****: \bar{x} : verilerin ortalamaları, s.s : standart sapma

Buna göre gerek yeşil aksam gerek gövde kesitinde SA ve *T. asperellum*'un *V. dahliae* patojeninin etkinliğini azalttığı gözlemlenmiştir. Uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P > 0.05$). Bu konuda yapılan başka çalışmalarda da *Trichoderma* spp.'nin *V. dahliae* patojeninin hastalık şiddeti üzerindeki etkisi sonuçlarımızı desteklemiştir (Jabnoun-Khiareddine vd., 2009; Carrero-Carrón vd., 2016). SA bitki

büyümesini teşvik ederek birçok patojene karşı koruma sağlamaktadır. Patojen-konukçu etkileşimi sırasında bitki savunma sistemini harekete geçirerek hastalık şiddetini düşürmektedir (Mahesh vd., 2017).

Her iki skala değerine göre hastalık belirtisi en çok *V. dahliae*, daha sonra da *S. cerevisiae* x *V. dahliae* uygulamalarında saptanmıştır. Dolayısıyla *S. cerevisiae*'nin diğer uygulamalara göre patojen zararına etkisi daha az bulunmuştur (Çizelge 4). Ancak Shalaby ve El-Nady'ye göre (2008) maya uygulanan gruplarda patojen gelişiminin %50 oranında inhibe edilebildiği belirtilmiştir. Bununla birlikte hastalığı baskılamak amacıyla yapılan uygulamaların başka faktörlere de bağlı olduğu, bir denemede alınan sonuçların başka bir denemede farklılık gösterebileceği göz önünde tutulmalıdır. Sonuçta test edilen uygulamaların hepsi hastalığın etkisini azaltmış, özellikle gövde kesiti incelemesindeki fark istatistiki olarak önem arz etmiştir ($P < 0.05$) (Çizelge 4.).

SONUÇ

Günümüzde sürdürülebilir tarımda alternatif yöntemler ve iyi tarım uygulamalarının önemi artmıştır. Bitki hastalıklarına karşı mücadelede, *Trichoderma* spp. kullanılmasının önemi ve bu konuda yapılan çalışmalar sürekli ivme kazanmaktadır. Toprağın doğal dengesini bozmadan, sürekli iyileşme sağlayan organik maddelerden solucan gübresi ve salisilik asit son yıllarda araştırmalara sıkça konu olmaktadır. Literatürlerde ve pratik anlamda oldukça ilgi çeken ve kullanım alanı bulan maya, vermikompost ve SA ülkemizde istenilen düzeyde kullanılmamaktadır. Bu bağlamda, çalışmada özellikle sürdürülebilir tarım açısından oldukça önemli olan bu maddeler kullanılarak marulda *V. dahliae*'nin zararının en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde;

- 1.) 1 – 5 skalasına göre *Trichoderma* türlerinin *V. dahliae*'nin gelişimini %50'nin üzerinde engellediği tespit edilmiştir.
- 2.) *T. asperellum*'un kullanılan diğer antagonistlere oranla *V. dahliae*'ya karşı daha etkili olduğu belirlenmiştir.
- 3.) Organik maddelerden ise; salisilik asitin *V. dahliae*'nin gelişimine tamamen engel olduğu, vermikompostun salisilik asitten sonra diğerlerine oranla daha iyi sonuç verdiği saptanmıştır.

Marulda özellikle pazarlama dönemine yaklaşınca kendini gösteren ve ciddi sorunlara sebebiyet veren *V. dahliae* patojenine karşı kullanılan *T. asperellum*, SA ve vermikompostun sürdürülebilir tarım açısından önemi çalışmanın özgünlüğünü arttırmaktadır. Toprak kaynaklı ve dayanıklı yapılar oluşturabilen *V. dahliae*, mücadelesi en zor patojenlerden biridir. Bu tip mikroorganizmalar özellikle de geniş konukçu çevresine sahip olanlarla tarımsal savaşa girmek yoğun kimyasal kullanımına sebep olmaktadır. Küresel açıdan çevre sorunlarına yol açan bütün uygulamaların yeni tarımsal sistemlerde minimum düzeyde yer alacağı muhakkaktır. Bu bağlamda kolay elde edilebilen ve üretilebilen, çevreye dost mikroorganizmalar ile organik, doğayı kirletmeyen maddelerin daha çok tarımsal üretime girmesi ve yerleşmesi teşvik edilmelidir. Bu maddelerin birbirleriyle ve ürün çeşitleriyle uyumları ve sürdürülebilirlikleri daha çok araştırılmalıdır. Çalışmaların laboratuvar ortamlarında denenip, ümitvar olanların sera ve tarla denemelerinin de yapılması ve sonuçların üretim aşamasına taşınması yeni tarım uygulamaları için gereklidir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

Aghighi, S., Shahidi Bonjar, G. H., Rawashdeh, R., Batayneh, S., & Saadoun, I. (2004). First report of antifungal spectra of activity of Iranian actinomycetes strains against *Alternaria solani*, *Alternaria alternate*, *Fusarium solani*, *Phytophthora megasperma*, *Verticillium dahliae* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3(4), 463-471. <http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2004.463.471>

- Akbay, F. (2012). *Farklı Azot Dozlarında Yetiştirilen Marulda (*Lactuca sativa* L.) *Paenibacillus polymyxa* Uygulamalarının Verim, Bitki Gelişimi ve Besin Elementi İçeriğine Etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Arafat, K. H., Mohamed, A. M., & Elsharabasy, S. (2012). Biological control of date palm root rots disease using Egyptian isolates of *streptomyces*. *Research journal of agriculture and biological sciences*, 8(2), 224-230.
- Aydın, M. H. (2015). Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik savaşta *Trichoderma*'lar. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 135-148. <https://doi.org/10.19159/tutad.10042>
- Bedir, T. B., & Kuleşan, H. (2020). Doğal mayaların yaygın patojenler üzerindeki inhibitör etkileri. *Gıda Journal*, 45(1), 182-191. <https://doi.org/10.15237/gida.GD19115>
- Bell, D. K., Wells, H. D., & Markham, C. R. (1982). In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology journal*, 72(4), 379-382.
- Boyno, G. (2019). *Van'da Domates Alanlarından İzole Edilen *Alternaria solani* (Ell. ve G. Martin) Sor.'nin Biyolojik Mücadele Olanaklarının Belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Carrero-Carrón, I., Trapero-Casas, J. L., Olivares-García, C., Monte, E., Hermosa, R., & Jiménez-Díaz, R. M. (2016). *Trichoderma asperellum* is effective for biocontrol of *Verticillium* wilt in olive caused by the defoliating pathotype of *Verticillium dahliae*. *Crop protection journal*, 88, 45-52. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.05.009>
- Demir Durak, E., (2011). Erzurum ilinde çilek bitkilerinden izole edilen *Rhizoctonia* türlerinin anastomosis grupları, patojeniteleri ve biyolojik mücadeleleri [Doktora Tezi]. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). *Biology and ecology of earthworms*. (3th ed.) Chapman & Hall, New York. USA.
- Erdoğan, O., Çelik, A., Yıldız, Ş., & Kökten, K. (2014). Pamukta fide kök çürüklüğü etmenlerine karşı bazı bitki ekstrakt ve uçucu yağlarının antifungal etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(3), 398-404. <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/13307/160776>
- Erdoğan, O., Celik, A., & Zeybek, A. (2016). In Vitro Antifungal Activity of Mint, Thyme, Lavender Extracts and Essential Oils on *Verticillium dahliae* Kleb. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(11), 4856-4862. <https://hdl.handle.net/20.500.12809/2656>
- Ergün, R. (2020). *Bitki gelişimini uyarıcı rizobakteri (PGPR) ve sıvı vermikompost uygulamalarının marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) verimi ve bazı toprak özellikleri üzerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Ege Üniversitesi, İzmir.
- Erwin, D. C., Tsoi, S. D., & Khan, R. A. (1976). Reduction of severity of *Verticillium* wilt of cotton by the growth retardant tributyl (5-chloro-2-thienyl methyl) phosphonium chloride. *Phytopathology journal*, 66, 106-110.
- Gong, Q., Yang, Z., Wang, X., Butt, H. I., Chen, E., He, S., & Li, F. (2017). Salicylic acid-related cotton (*Gossypium arboreum*) ribosomal protein GaRPL18 contributes to resistance to *Verticillium dahliae*. *BMC plant biology journal*, 17(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1007-5>.
- Guzmán-Guzmán, P., Porrás-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V., & Herrera-Estrella, A. (2019). *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. *Phytopathology Journal*, 109(1), 6-16. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW>
- Günay, A. (2005). *Sebze yetiştiriciliği*. Cilt-II, Meta Basımevi, İzmir.
- Harborne, J. B. (1980). Plant phenolics, Secondary plant products. EA Bell & BV Charwood, B.V., (Eds.), Springer-Verlag, Berlin.
- Hayes, R. J., Vallad, G. E., Qin, Q. M., Grube, R. C., & Subbarao, K. V. (2007). Variation for resistance to *Verticillium* wilt in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Plant disease journal*, 91(4), 439-445. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-4-0439>
- Horváth, E., Szalai, G., & Janda, T. (2007). Induction of abiotic stress tolerance by salicylic acid signaling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26(3), 290-300. <https://doi.org/10.1007/s00344-007-9017-4>
- Jabnoun-Khiareddine, H., Daami-Remadi, M., Ayed, F., & El Mahjoub, M. (2009). Biological control of tomato *Verticillium* wilt by using indigenous *Trichoderma* spp. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 3(1), 26-36.
- Jamdar, Z., Mohammadi, A. H., & Mohammadi, S. (2013). Study of Antagonistic Effects of *Trichoderma* Species on Growth of *Verticillium dahliae*, the Causal Agent of *Verticillium* Wilt of Pistachio under Laboratory Condition. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 4(4), 53-56.

- Joshi, R., Singh, J., & Vig, A. P. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology journal*, 14(1), 137-159. 10.1007/s11157-014-9347-1
- Karasakal, İ. (2020). *Marulda farklı azot dozları ve salisilik asit uygulamalarının agro-morfolojik özellikler üzerine etkisi* [Yüksek Lisans Tezi]. Ordu Üniversitesi, Ordu.
- Kılıç, B. (2018). *Bazı organik gübrelerin marul yetiştiriciliğinde gelişme ve verim üzerine etkilerinin belirlenmesi* [Yüksek Lisans Tezi]. Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- Koç, İ., Yardım, E. N., Çelik, A., Mendes, M., Mirtağoğlu, H., & Namlı, A. (2018). Fındık kabuklarından elde edilmiş odun sirkesi'nin in-vitro şartlarında antifungal etkisinin belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 296-300. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.425809>
- Koike, S. T., Gladders, P., & Paulus, A. O. (2007). *Vegetable diseases: A color handbook*. Ed Academic Press: San Diego, California, USA.
- Mahesh, H. M., Murali, M., Pal, M. A. C., Melvin, P., & Sharada, M. S. (2017). Salicylic acid seed priming instigates defense mechanism by inducing PR-Proteins in *Solanum melongena* L. upon infection with *Verticillium dahliae* Kleb. *Plant Physiology and Biochemistry journal*, 117, 12-23. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.05.012>
- Melo, I. S. D., & Faull, J. L. (2000). Parasitism of *Rhizoctonia solani* by strains of *Trichoderma* spp. *Scientia Agricola Journal*, 57(1), 55-59. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100010>
- Özgönen, H., Candan, M., & Arıcı, Ş. E. (2010). *The Effects of mycorrhizal fungi and Trichoderma harzianum on Verticillium dahliae in cucumber*. In: 2nd International Symposium on Sustainable Development, Sarajevo.
- Royse, D. J., & Ries, S. M. (1978). The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. *Phytopathology journal*, 68(4), 603-607.
- Sarhan, TZ. (2011). Effect of Bread Yeast Application and Seaweed Extract on Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Plant Growth, Yield And Fruit Quality. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 39(2), 26-32. 10.33899/magj.2011.30359
- Sevimay, N. (2009). *Kuraklık Stresi Altındaki Marul Bitkilerinde Salisilik Asidin Etkileri* [Yüksek Lisans Tezi]. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Schmitt, M. J., & Breinig, F. (2002). The viral killer system in yeast: from molecular biology to application. *FEMS Microbiology Reviews Journal*, 26(3), 257-276. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2002.tb00614.x>
- Shalaby, M. E. S., & El-Nady, M. F. (2008). Application of *Saccharomyces cerevisiae* as a biocontrol agent against *Fusarium* infection of sugar beet plants. *Acta Biologica Szegediensis journal*, 52(2), 271-275.
- Soylu, E. M., Soylu, S., Kara, M., & Kurt, Ş. (2020). Sebzelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı verimikomposttan izole edilen mikrobiyomların in vitro antagonistik etkilerinin belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(1), 7-18. 10.18016/ksutarimdog.2020.23.1.01936
- Ślusarski, C., & Pietr, S. J. (2009). Combined application of dazomet and *Trichoderma asperellum* as an efficient alternative to methyl bromide in controlling the soil-borne disease complex of bell pepper. *Crop protection journal*, 28(8), 668-674. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.03.016>
- Şalk A., Arın L., Devenci M., & Polat S. (2008). *Özel Sebzeçilik*. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Onur Grafik, Matbaa ve Reklam, Tekirdağ. 978-9944-0786-0-3
- Toffano, L., Fialho, M. B., & Pascholati, S. F. (2017). Potential of fumigation of orange fruits with volatile organic compounds produced by *Saccharomyces cerevisiae* to control citrus black spot disease at postharvest. *Biological Control journal*, 108, 77-82. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.02.009>
- Tutar, U. (2013). Toprak solucanlarından elde edilen verimikompostun bazı bitki patojenleri üzerindeki antimikrobiyal aktivitelerinin araştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 34(2), 1-12. <https://dergipark.org.tr/en/pub/cumusci/issue/4327/57948>
- Vallad, G. E., Bhat, R. G., Koike, S. T., Ryder, E. J., & Subbarao, K. V. (2005). Weedborne reservoirs and seed transmission of *Verticillium dahliae* in lettuce. *Plant Disease Journal*, 89(3), 317-324. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0317>
- Van Breusegem, F., Vranová, E., Dat, JF., & Inzé, D. (2001). The role of active oxygen species in plant signal transduction. *Plant Science journal*, 161(3), 405-414. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00452-6](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00452-6)

- Veloso, J., Alabouvette, C., Olivain, C., Flors, V., Pastor, V., Garcia, T., & Diaz, J. (2016). Modes of action of the protective strain Fo47 in controlling *Verticillium* wilt of pepper. *Plant Pathology journal*, 65(6), 997-1007. <https://doi.org/10.1111/ppa.12477>
- Vitullo, D., Altieri, R., Esposito, A., Nigro, F., Ferrara, M., Alfano, G., & Lima, G. (2013). Suppressive biomasses and antagonist bacteria for an eco-compatible control of *Verticillium dahliae* on nursery-grown olive plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10(2), 209-220. 10.1007/s13762-012-0145-4
- Yaviç, Ş., Demir, S., & Boyno, G. (2020). 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. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yyufbed/issue/54093/634291>
- Yeşilova, O., & Karaca, G. (2007). Determination of the effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and *Fusarium* wilt of melon plants. *Acta Horticulturae Journal*, 729, 493-498. 10.17660/ActaHortic.2007.729.84
- Yıldırım, E. (2019). *Sıvı Solucan Gübresinin Raf Ömrünün Uzatılması* [Yüksek Lisans Tezi]. Karabük Üniversitesi, Karabük. <https://dergipark.org.tr/en/pub/jonas/issue/56186/738186>
- Zink, F. W., & Gubler, W. D. (1986). Inheritance of resistance to races 0 and 2 of *Fusarium oxysporum* f sp. *melonis* of gynoecious muskmelon. *Plant disease journal*, 70, 676-678. 10.1094/PD-70-676
- Wu, B. M., & Subbarao, K. V. (2014). A model for multiseasonal spread of *Verticillium* wilt of lettuce. *Phytopathology*, 104(9), 908-917. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-13-0333-R>