

Bazı Organik Maddelerin Çilek Bitkisinin Gelişimine ve *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.' nın Neden Olduğu Taç ve Kök Çürüklüğü Hastalığı ile Toprakta Mikrosklerot Sayısı Üzerine Etkisi*



The Effect of Some Organic Amendments on Strawberry Plant Growth and The Number of Microsclerotia in The Soil, As Well As Crown and Root Rot Disease Caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.

Çiğdem KÖROĞLU¹, Ayhan YILDIZ^{2*}

Öz

Bu çalışma ile bazı organik madde uygulamalarının (zeytin karasuyu, tavuk gübresi, kükürt, pamuk delintasyon atığı, vermikompost; bitki artığı olarak soğan, pırasa, karnabahar, brokoli, lahana, buğday, bakla, marul, hardal bitkileri) çilek bitki gelişimi ve *Macrophomina phaseolina*'nın çilekte neden olduğu taç ve kök çürüklüğü ve mikrosklerot popülasyonu üzerine etkisini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Organik madde uygulamalarının doğrudan mikrosklerot popülasyonu, çilekte bitki gelişimi ve *M. phaseolina*'nın neden olduğu taç ve kök çürüklüğü hastalığı ve bitkiler söküldükten sonra bu saksı topraklarında mikrosklerot popülasyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla organik madde karıştırılmış steril topraklara çilekten izole edilmiş *M. phaseolina* izolatu (Omp1) mikrosklerot 50 ms/g olacak şekilde inokule edilmiş ve 30 gün inkube edilmiştir. Bu topraklardan yapılan mikrosklerot izolasyonlarında, topraktaki en düşük mikrosklerot sayısı sırasıyla zeytin karasuyu (0.8 ms/g toprak), brokoli (2.5 ms g⁻¹ toprak), vermikompost (6.0 ms g⁻¹ toprak) ve hardal (6.7 ms g⁻¹ toprak) olarak saptanmış, pozitif kontrolde ise 1 g toprakta 84 mikrosklerot saptanmıştır. Organik madde uygulamalarında bitki gelişimine etkisi açısından en iyi sonucu sırasıyla %84.5 ağırlık artışı ile tavuk gübresi, %66 ile kükürt (100 kg da⁻¹) ve %61.9 ile kükürt (50 kg da⁻¹) uygulamalarında olmuştur. *M. phaseolina*'nın neden olduğu taç ve kök çürüklüğü hastalığı açısından ise bitkilerin ağırlık değişimlerinin %-20.4 ile %42.7 arasında değiştiği saptanmıştır. Kükürt (50 kg da⁻¹) uygulamasında %42.7 oranında ağırlık artışı saptanırken bunu, %37.9 ile kükürt (100 kg da⁻¹) izlemiş pırasa uygulamasında ise %20.4 oranında bir ağırlık kaybı olmuştur. Çalışmada bitkiler söküldükten sonra saksı toprağında saptanan mikrosklerot sayıları ise Karnabahar+Mp uygulamasında 1 g toprakta 12 mikrosklerot saptanırken Kükürt 100 kg da⁻¹+Mp uygulamasında 1 g toprakta 28.8 ile en yüksek mikrosklerot sayısı saptanmıştır. Sonuç olarak, gelecekteki çalışmalar, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak en uygun zamanlamasının yanı sıra organik madde miktarı ve türü ile çevresel koşulları ele almalıdır.

Anahtar Kelimeler: Organik madde, Vermikompost, Zeytin karasuyu, *Fragaria × ananassa*, Solgunluk, Kömür çürüklüğü

¹Çiğdem Köroğlu, Tarım ve Orman Bakanlığı Germencik İlçe Müdürlüğü, Aydın, Türkiye. E-mail: leisdream.987@gmail.com  OrcID: 0000-0001-6458-0161
²*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ayhan Yıldız, ADÜ Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Aydın, Türkiye. E-mail: ayildiz@adu.edu.tr  OrcID: 0000-0001-9443-2362

Atıf: Köroğlu, Ç., Yıldız, A. (2024). Bazı organik maddelerin çilek bitkisinin gelişimine ve *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.' nın neden olduğu taç ve kök çürüklüğü hastalığı ile toprakta mikrosklerot sayısı üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 732-747.

Citation: Köroğlu, Ç., Yıldız, A. (2024). The effect of some organic amendments on strawberry plant growth and the number of microsclerotia in the soil, as well as crown and root rot disease caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(3): 732-747.

*Bu çalışma Çiğdem Köroğlu'nun Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayımlanmıştır. Tekirdağ 2024

Abstract

This study aimed to investigate the effects of some organic material applications, including olive mill wastewater, chicken manure, sulfur, cotton waste, vermicompost, and plant residues such as onion, leek, cauliflower, broccoli, cabbage, wheat, bean, lettuce, and mustard, on strawberry plant growth and crown and root rot caused by *M. phaseolina*. The direct effect of organic material applications on the microsclerotia population, strawberry plant growth, and the microsclerotia population in these pot soils after plant removal was investigated. For this purpose, the *M. phaseolina* isolate (Omp1) was inoculated into sterilized soils mixed with organic materials at a rate of 50 ms/g and incubated for 30 days. The lowest microsclerotia count in the soil was found with olive mill wastewater (0.8 ms/g soil), broccoli (2.5 ms/g soil), vermicompost (6.0 ms/g soil), and mustard (6.7 ms/g soil) in organic material applications, whereas the positive control had 84 microsclerotia detected in 1 g of soil. Regarding the effect on plant growth in organic material applications, the best result was obtained with chicken manure, which showed a weight gain of 84.5%, followed by sulfur applications at 66% (100 kg da⁻¹) and 61.9% (50 kg da⁻¹). In terms of crown and root rot caused by *M. phaseolina*, the weight changes of the plants varied between -20.4% and 42.7%. The sulfur (50 kg da⁻¹) application showed a weight gain of 42.7%, followed by a weight gain of 37.9% with the sulfur (100 kg da⁻¹) application, while a weight loss of 20.4% was observed in the leek application. The microsclerotia counts detected in the pot soil after plant removal were 12 microsclerotia in the cauliflower+Mp application, while the highest microsclerotia count was 28.8 in the sulfur 100 kg da⁻¹+Mp application. In conclusion, future studies should address the optimal timing depending on the physical and chemical properties of the soil, as well as the amount and type of organic matter and environmental conditions.

Keywords: Organic matter, Vermicompost, Olive oil waste, *Fragaria × ananassa*, Wilt, Charcoal rot

1. Giriş

Tarihsel olarak çilek ekimi, Avrupa'da 18. yüzyılın sonlarında İngiltere, Fransa, Hollanda gibi ülkelerde başlamış, günümüzde tüm dünyaya yayılmıştır. Çilek (*Fragaria × ananassa*), kendine özgü parlak kırmızı rengi, sulu dokusu ve aroması ile popüler olan meyveleri taze olarak tüketilmesinin dışında gıda sanayiinde de kullanılmaktadır (Hancock ve ark., 1991). Çilek üretiminde Çin (3 milyon 389 bin 620 ton) ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (1 milyon 211 bin 090 ton) dünya çilek üretiminde lider konumdadır. ABD'yi sırasıyla; Türkiye (669 bin 195 ton), Meksika (542 bin 890), Mısır (470 bin 903 ton), İspanya (360 bin 570 ton) izlemektedir (FAO 2021).

Son yıllarda çilek tarımında toprak kaynaklı hastalık etmenlerinden *Macrophomina phaseolina* bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Mertely ve ark., 2005; Zveibil ve Freeman, 2005; Golzar ve ark., 2007; Avilés ve ark., 2008; Koike, 2008; Yıldız ve ark., 2010; Aysan ve ark., 2019). *M. phaseolina*, yaklaşık 500 bitki türünde enfeksiyon yaparak kök ve gövde çürüklüğüne neden olan bir patojendir (Ndiaye, 2007; Marquez ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2021). Etmenin hastalık oluşturmaları için optimum sıcaklık 28-35 °C'dir. Ancak su stresi ile birlikte yüksek sıcaklıklarda hastalık şiddeti artabilmektedir (Zveibil ve ark., 2012; Marquez ve ark., 2021). Çilek bitkilerinde belirtiler, kılcal köklerin kararması, taç kısmı iletim demeti boyunca koyu kahverengi nekrotik alanların oluşması sonrasında bitkide gelişen solgunlukla beraber yaprakların kuruyarak çökmesi şeklinde ortaya çıkmaktadır (Avilés ve ark., 2008).

Bitki dokularında ya da toprakta bulunan sklerotlar patojenin hayatını devam ettirmesini sağlayan primer inokulum kaynağını oluşturmaktadır. Hastalık şiddeti, konukçunun duyarlılığı ve topraktaki canlı sklerot sayısı ile ilişkilidir. Bu yüzden hastalığın kontrolündeki ana strateji topraktaki inokulum miktarını azaltmaktır (Zveibil ve ark., 2012; Chamorro ve ark., 2015b; Marquez ve ark., 2021).

Hastalığın etkili bir kimyasal mücadele yöntemi yoktur. Fidelerin fungusit ile ilaçlanması, bitkileri uzun zamanlı koruyamamaktadır. Toprak fumigasyonu ise ekonomik değildir (Zveibil ve ark., 2012; Chamorro ve ark., 2015a, b). Ayrıca çevreyle ilgili endişelerin artması, toprak fumigantlarının kullanımının sınırlandırılmasında başlıca etken olmuştur (Gamliel ve ark., 2000) ve toprak kaynaklı hastalıkların kontrolünde yeni alternatifler geliştirme gereksinimini ortaya çıkarmıştır (Gamliel ve ark., 2000; Marquez ve ark., 2021). Bu amaçla toprak kaynaklı hastalıklar ile mücadelede ürün rotasyonu ve toprağa organik materyal karıştırmak gibi diğer alternatif uygulamalar üzerinde çalışılmıştır (Lodha, 1995; Benlioğlu ve ark., 2004, 2005; Matthiessen ve Kirkegaard, 2006; Yıldız ve ark., 2007, 2010; Marquez ve ark., 2021). Aydın ilinde çilek üretiminde toprak kaynaklı hastalıklarla mücadelede solarizasyona önemli bir yer tutmaktadır (Yıldız ve ark., 2007).

Topraktaki inokulum miktarı, duyarlı bitkilerin yetiştirildiği alanlarda yıldan yıla artış göstermektedir (Meyer ve ark., 1973; Sheikh ve Ghaffar, 1979; Almeida ve ark., 2008; Zveibil ve ark., 2012; Marquez ve ark., 2021). *M. phaseolina*, geniş bir konukçu dizisine sahip olmasına ve mikrosklerotları ile uzun süre canlı kalmasına rağmen bazı uygulamalar ile popülasyonun azaltılabileceği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur. Ürün rotasyonu popülasyonun azaltılmasında yararlanılabilecek uygulamalardan bir tanesi olarak değerlendirilebilir (Kaur ve ark., 2012; Marquez ve ark., 2021). Franci ve ark. (1988) yaptıkları çalışmada en yüksek *M. phaseolina* popülasyon yoğunluğu, soya fasulyesi yetiştirildikten sonra olduğunu belirtmişlerdir. Pamuk-soya fasulyesi rotasyonunda önemli oranda mikrosklerot sayısı azalmış, mısır-soya fasulyesi, sorgum-soya fasulyesi rotasyonlarına göre daha düşük popülasyon yoğunluğu saptanmıştır (Franci ve ark., 1988). Benzer şekilde Kenya'da yürütülen bir çalışmada monokültür olarak 3 yıl sorgum veya mısır tarımından sonra mikrosklerot sayısının fasulye ve börülce tarımına göre önemli ölçüde azaldığı belirtilmiştir (Songa ve Hillocks, 1996). Yine börülce tarımında, 3 yıllık özellikle konukçu olmayan tahılların yetiştirilmesinin mikrosklerot popülasyonunu önemli ölçüde düşürdüğü belirtilmiştir (Ndiaye, 2007).

Ürün rotasyonlarında ve yeşil gübre olarak kullanılan Brassica bitkileri, toprak kaynaklı zararlı ve patojenlerde azalma ile ilişkilendirilmiştir. Bu azalmalar, biyofumigasyon olarak bilinen bir süreç yoluyla uçucu kükürt bileşiklerinin üretimine ve toprak mikrobiyal topluluk yapısındaki değişikliklere bağlanmıştır (Larkin ve Lynch, 2018). Bazı organik materyallerin bileşikleri, fungal propagüllerin çimlenmesini engelleyebileceğini veya toprakta mikrobiyal antagonistik aktiviteyi arttırabileceği belirtilmiştir. Örneğin Brassica üyesi bitkilerin dokularında glukozinolatların yıkımı esnasında salınan sülfür içeren uçucu bileşiklerin toprak kaynaklı patojenlere karşı

oldukça etkili birer fumigant görevi gördüğü ileri sürülmüştür (Papavizas ve Lewis, 1971; Haramoto ve Gallandt 2004; Vig ve ark., 2009). Hastalık kontrolünde ya da patojen baskılanmasında yer alan mekanizmanın, *Brassica* spp. dokuları tarafından allil izotiyosiyonat (AITC) üretimi olduğu gözlemlenmiştir (Haramoto ve Gallandt 2004; Vig ve ark., 2009). Ancak allil izotiyosiyonat (AITC) gibi bileşiklerin tohum çimlenmesi ve erken devrede fide tutumu ve gelişmesine olumsuz etkileri olduğu da bildirilmiştir (Haramoto ve Gallandt 2004). Bununla birlikte, glukozinolat konsantrasyonları ve sonuçta ortaya çıkan farklı izotiyosiyonat formlarının üretimi, farklı *Brassica* türleri arasında ve hatta türler içinde büyük farklılıklar göstereceği (Kirkegaard ve Sarwar, 1998) ve ayrıca çevresel koşullardan etkilenebileceği belirtilmiştir (Sarwar ve Kirkegaard, 1998)

Biyofumigant hayvansal gübrelere en önemlisi tavuk gübresidir. Tavuk gübresinin biosidal etkisi toprakta ayrışması sonucu oluşan toksik bileşikler ve topraktaki mikrobiyal aktivitenin artması ile açıklanabilir. Tavuk gübresi yüksek miktarda organik ve inorganik azot içermektedir. Dolayısıyla bitki gelişimine olumlu katkısı olmaktadır. Bu nitrojenin büyük bir çoğunluğu, uygun sıcaklık, nem ve pH koşullarında amonyum nitrata dönüşebilmektedir (Kyakuwaire ve ark., 2019). Zhang ve ark. (2021) taze tavuk gübresinin laboratuvar koşullarında *Fusarium oxysporum*, *Pestalotiopsis* spp., *Phytophthora infestans* ve *Rhizoctonia solani*' nin gelişimini engellediğini belirtmiştir. Taze tavuk gübresi kontrolle karşılaştırıldığında çilekte meyve kalite kriterlerini arttırdığı ve pazarlanabilir meyve veriminde %20.99, üretici gelirinde ise %21.58 artış sağlamıştır (Zhang ve ark., 2021).

Elementer kükürt dünyada bilinen en eski fungusitlerden biri olmasının yanı sıra önemi son yıllarda anlaşılmış azot, fosfor ve potasyumdan sonra bitki gelişimi için 4. ana bitki besin maddesi olarak kabul edilmektedir. Bunun yanında çeşitli familyalardan belirli bitki türlerinin vasküler patojenlere karşı aktif savunmanın bir bileşeni olarak kükürt ürettiği belirtilmiştir (Zenda ve ark., 2021). *Verticillium dahliae* ile enfekte olmuş domates ve pamuk bitkilerinde, *Fusarium oxysporum* f.sp ile enfekte olmuş tütün ve Fransız fasulyesi ve *Ralstonia solanacearum* ile enfekteli domates bitkilerinin ksileminde kükürt saptanırken kontrol bitkilerinde görülmemiştir. Ancak kükürdün bütün bitki veya dokularında olmadığı belirtilmiştir. Nitekim *V. dahliae* ile inokule edilen çilek bitkileri ksileminde saptanmamıştır (Williams ve Cooper, 2004).

Vermikompost; solucanların toprak organik maddesini veya toprağı sindirim sisteminden geçirdikten sonra toprağı geri bıraktığı dışkısı olarak tanımlanmaktadır. Sindirim kanalında salgılanan özel mukus ve enzimler, humus oluşum sürecini hızlandıran faydalı mikrobiyal türlerin çoğalması için çok uygun ortam oluşturmaktadır. Bu mikrobiyal aktivitenin çok yüksek olması toprak kökenli patojenlerin üzerindeki hastalık baskılama özelliğinin mikrobiyal antagonizmaya dayalı olduğu düşünülmektedir. Vermikompost aynı zamanda bitki gelişimi ve kalite kriterlerine de katkı sağladığı bilinmektedir (Arancon ve ark., 2006; Pathma ve Sakthivel, 2012; Vijayabharathi ve ark., 2015; Joshi ve ark., 2015; Turhan ve Özmen, 2021).

Karasu, zeytinyağı üretiminde atık olarak oluşan koyu kırmızı renkli, organik ve mineral madde bakımından zengin, asidik nitelikte sıvı alt üründür. İçeriğı ve miktarı kullanılan yağ çıkarma sistemine bağlı olarak değişmektedir. Karasu biyolojik olarak parçalanabilen veya belirli bir süre geçtikten sonra humusa dönüşebilen, sadece doğal bitkisel maddeleri içeren ve toprağı organik gübre ile mineral madde sağlayan bir meyve suyu olarak da düşünülebilir. Ancak çok yüksek kimyasal ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı göstermesi nedeniyle kirletici potansiyeli yüksek bir atıktır. Kontrolsüz bir şekilde, zeytinyağı üretilen alanlarda toprak-bitki sistemi üzerinde öngörülemeyen etkilerle ciddi çevre kirliliğine neden olabilir. Ülkemizde elde edilen karasu miktarı kesin olmamakla birlikte yıllık üretime dayalı olarak miktarın ortalama zeytinyağı üretim prosesi genellikle zeytinyağının (%20) yanında bir yarı-katı atık (%30) ve sulu çözelti ile (%50) sonuçlanır (Eren ve Gül, 2010). Zeytin karasuyundaki organik maddeyi geri dönüştürmek ve toprağı gübre olarak tarım alanlarında kullanımına artan bir ilgi gösterilmiştir. Gerçekten de araştırmalar, bu şekilde bertaraf edilmesi yönteminin bu sorun için potansiyel bir çözüm oluşturduğunu topraktaki saprofit fungus ve aktinomiset popülasyonunu arttırdığı (Mechri ve ark., 2010), polifenolik bileşiklere sahip olması ile anti fungal bir özelliğinin olduğu belirtilmiştir (Kotsou ve ark., 2004).

Çilek yetiştirilen alanlarda ürün rotasyonuna uygun bitki materyallerinin çilekte ekonomik olarak önemli bitki ve verim kayıplarına neden olan *M. pahaseolina*'nın mücadelesi amacıyla; çalışmamızda toprağı uygulanabilecek organik madde ve topraktaki mikrosklerot canlılığına etkisi, topraktaki inokulum miktarına etkisi, saksı

koşullarında çilek bitkisinin gelişimine, çilek bitkisinde hastalığı baskılama yeteneğine ve sonrasında saksı toprağındaki inokulum miktarına etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmamızın bitkisel materyalini çilek fidesi üreticisi YALTIR A.Ş.'den temin edilen "Festival" çilek çeşidi, fungal materyalini ise Aydın İli Sultanhisar İlçesi'nde, çilek bitkilerinden izole edilmiş virulensi yüksek *M. phaseolina* (Omp1) izolatu oluşturmuştur. Çalışmamız için seçilen *M. phaseolina* izolatu her ne kadar patojenisitesi ve yüksek virülensliği önceden bilirse de çalışmada kullanılmadan önce tekrar çilek bitkisine inokule edilerek virulensi kontrol edilmiş ve elde edilen reizolat çalışmalarda kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan organik materyaller zeytin karasuyu (3 ton/da), tavuk gübresi (1 ton da⁻¹), kükürt (50 kg da⁻¹; 100 kg da⁻¹), vermikompost (2 ton da⁻¹)'tur. Bitkisel materyal olarak ise Aydın koşullarında ürün rotasyonunda kullanılabilir soğan, pırasa, karnabahar, brokoli, lahana, mısır, buğday, bakla, marul, hardal gibi bitkiler (%5 w/w) toprağına karıştırmak amacı ile kullanılmıştır (Subbarao ve Hubbard, 1996; Shetty ve ark., 2000; Israel ve ark., 2005; Ndiaye, 2007; Subbarao ve ark., 2007).

2.1. Denemelerde Kullanılan İnokulumun Üretimi

M. phaseolina patates dekstroza agar (PDA)'da 9 cm çaplı petrilere 1 hafta 30 °C'de geliştirildikten sonra gelişen koloniler blenderde 250 ml steril saf su içinde parçalanarak mikrosklerot süspansiyonu elde edilmiştir (Mihail ve Alcorn, 1982).

Mikrosklerot süspansiyonu steril saf su ile 150 ve 45 µm elekten iyice yıkandıktan sonra 45 µm elek üzerinde kalan yaklaşık 45-150 µm ebatlarındaki mikrosklerotlar, steril saf su ile yıkanarak behere alınmıştır. Daha sonra bu mikrosklerot süspansiyonundan 10 µl alınarak 10 tekrar olacak şekilde çukur lamda mikrosklerot sayımı yapılmış ve mikrosklerot konsantrasyonu 1 gram toprakta 50 mikrosklerot olacak şekilde ayarlanarak, çalışmada kullanılacak materyalin toprağına karıştırılmasını takiben her karaktere ait toprağına ayrı ayrı bulaştırılmış ve homojen olarak karışması sağlanmıştır (López-Escudero ve ark., 2007; Avilés ve ark., 2008). Ayrıca toprağına bulaştırılan inokulumun çimlenme oranını belirlemek amacıyla hazırlanan inokulumdan örnek alınarak çimlenme testi yapılmıştır. Bu amaçla 5 tekerrürlü olarak her petriye 100 mikrosklerot gelecek şekilde baget yardımıyla petri yüzeyine yayılmıştır. Petrilere 27 °C'de inkube edilmiş ve 24-48 saat içerisinde mikroskopta incelenerek çimlenen mikrosklerotlar kaydedilmiştir.

2.2. Toprağına Bitki ve Organik Madde Uygulamalarının Mikrosklerot Canlılığına Etkisi

In vitro koşullarda organik madde ve bitkilerin topraktaki mikrosklerot canlılığına etkilerini incelemek amacı ile kurulan denemede, arazi koşullarını temsil edebilmek amacı ile bitki yetiştirme harcı olarak bahçe toprağı kullanılmıştır. Bu amaçla kullanılan toprak 2 mm elekten elenmiş ve her tekrür için 100 gr tartılarak 12x20 cm ölçülerinde otoklav poşetlerine konulmuştur. Hazırlanan topraklar 121 °C'de 60 dk gün aşırı 2 kez otoklavda sterilize edildikten sonra yukarıda belirtilen doz ve oranlarda organik madde ve bitki parçacıkları ilave edilerek inokulum bulaştırılmıştır.

Organik materyaller; 100 gr toprak konulan poşetlere zeytin karasuyu (1.5 gr), tavuk gübresi (0.5 gr), kükürt (0.025-0.05 gr) ve vermikompost (1 gr) karıştırılmıştır. Bitki materyali olarak kullanılan her bitki yıkanarak, % 70'lik alkolle yüzey dezenfeksiyonu yapılmış bıçak ve budama makası ile küçültülerek mikserde parçalanması sağlanmıştır. Bitkiler %5 w/w oranında 5 gr olarak poşetlere ilave edilmiştir (Sheikh ve Ghaffar, 1979; López-Escudero ve ark., 2007). Uygulama materyalleri topraklara karıştırıldıktan ve 50 mikrosklerot /1 gr toprak olacak şekilde inokulum ilave edildikten sonra, ağzı poşet lastiğı ile kapatılmıştır. Kontrol olarak ise herhangi uygulama yapılmamış bahçe toprağı negatif kontrol ve sadece inokulum bulaştırılmış bahçe toprağı pozitif kontrol kullanılmıştır. Etmenin homojen bir şekilde gelişmesi için deneme süresince takip edilmiş poşetler ovalanarak homojen gelişim sağlanmıştır. Uygulamalar oda koşullarında 30 gün inkube edilmiş ve bu sürenin sonunda toprak örnekleri otoklav poşetlerinden karton bardaklar içerisine alınarak oda koşullarında kurutulmuş ve topraktan mikrosklerot izolasyon prosedürü uygulanmıştır (Mihail ve Alcorn, 1982). Deneme 3 tekerrürlü olacak şekilde oluşturulmuş ve her bir toprak poşeti 1 tekerrür olarak kabul edilmiştir.

2.3. Toprakta Mikrosklerot İzolasyonu

Her karakter için alınan 1 gr toprak örneğı 250 ml %0,525 NaOCI içeren steril saf su ile toprak mikserinde 3 kez 30 saniye 3 dakika aralıklarla karıştırılmıştır. Karışım sırasıyla 212 µm sonrasında 45 µm elekten steril saf su ile yıkanmış

ve 45 µm eleğin üzerinde kalan yıkanarak elenmiş toprak steril saf su dolu piset yardımıyla 210 ml'lik kavanoza, maksimum hacim 10 ml'yi geçmeyecek şekilde alınmıştır. Bu hazırlanan toprak çözeltisi üzerine, 50 ml 50-55 °C' ye kadar soğutulmuş Difco patates-deksroz agar (PDA) (39 g L⁻¹), kloroneb (Demosan 65 WP 100 µg a.i. ml⁻¹) ve streptomisin sülfat (250 µg a.i. ml⁻¹) içeren ortam ilave edilmiştir. Elde edilen toprak ortam karışımı bir balık yardımıyla sürekli karıştırılarak toprağın ortam içerisinde homojen olarak karışımı sağlanmış ve steril enjektörler yardımıyla her petriye 10-11 ml olacak şekilde 5-6 petriye dağıtılmıştır. Kloroneb ve streptomisin ortama otoklavdan çıktıktan sonra eklenmiştir. Petriler 27 °C' ye ayarlanmış inkübatöre konularak 5-6 gün takip edilerek günlük olarak sklerot çimlenmesi sonucu koloni oluşumu incelenmiş ve petrilerin altına kolonilerin geliştiği noktalar işaretlenerek takip edilmiştir. *M. phaseolina* olduğu kesinleşen koloniler kaydedilmiştir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre her petri bir tekerrür olarak kabul edilmiş ve 6 tekerrürlü olacak şekilde planlanmıştır (Mihail ve Alcorn, 1982).

2.4. Saksı çalışmaları

2.4.1. Uygulamalarının Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada Bölüm 2.2'de açıklanan organik madde ve bitkisel materyalin doğrudan bitki gelişimine etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmada 700 gr toprak alan saksılar kullanılmıştır. Bu amaçla toprak örnekleri her saksı için 700 gr tartılarak küçük poşetlere alınmış ve gün aşırı iki defa otoklavda sterilize edilmiştir. Steril edilen toprakların içerisine organik materyaller; her saksı için zeytin karasuyu (10.5 gr), tavuk gübresi (3.5 gr), kükürt (0.175-0.35 gr) ve vermikompost (7 gr) karıştırılmıştır. Uygulama dozları 1 da alanda yaklaşık 200.000 kg toprak varsayılarak hesaplanmıştır (Kacar, 1996). Bitki materyali olarak kullanılan her bitki yıkanarak alkol ile dezenfekte edilmiş bıçak ve budama makası ile küçültülerek mikserde parçalanması sağlanmıştır. Bitkiler %5 w/w oranında 35 gr olarak ilave edilmiştir.

İlave edilen bu organik maddelerin toprağa homojen bir şekilde karışması sağlanmıştır. Toprak hazırlığı tamamlandıktan sonra her saksıya dikilecek fidelerin ağırlıkları ayrı ayrı kaydedildikten sonra dikilmiş ve iklim odasında 10 hafta boyunca bakım ve kontrol işlemleri yapılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 6 tekerrürlü olacak şekilde planlanmış ve her bir saksı 1 tekerrür olacak şekilde kurulmuştur.

2.4.2. Organik Madde Uygulamalarının Taç ve Kök Çürüklüğü Hastalığı Üzerine Etkileri

Bölüm 2.2'de açıklandığı şekilde hazırlanan organik madde ve bitki materyali karıştırılmış steril bahçe topraklarına, Bölüm 2.1'de anlatıldığı şekilde üretilen inokulum, 50 ms/gr toprak olacak şekilde her saksı toprağına ayrı ayrı bulaştırılmış ve aynı şekilde toprağa homojen şekilde karışması sağlanmıştır. Bu işlemin ardından her saksıya dikilecek fidelerin ağırlıkları ayrı ayrı kaydedilerek dikilmiştir. Bitkilerin günlük bakım işlemleri yapılmış ve bitkiler 10 hafta boyunca takip edilerek 0-2 skalasına (0: Hiç belirti yok, sağlıklı bitki, 1: Bitkide solma, yapraklarda lezyon görülmesi, 2: Bitkinin ölmesi) göre değerlendirilmiştir (Avilés ve ark., 2009).

Bütün saksı denemeleri 6 tekerrürlü olarak kurulmuş ve 30 °C de 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlığa ayarlanmış iklim odasında yürütülmüştür. Saksı çalışmalarında bitkiler 10 hafta süresince takip edilmiştir. Bu sürenin sonunda hem uygulamaların doğrudan bitki gelişimi üzerine, hem de uygulamalar-Mp ilişkisi içerisinde bitki gelişimine etkisini belirlemek amacı ile çilek bitkileri sökülerek tartılmış ve ilk ağırlığına göre gelişme yüzdesi saptanarak uygulamalar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar (LSD) JMP IN (SAS Institute, Cary, NC, USA) programına göre değerlendirilmiştir.

Bitkiler söküldükten sonra uygulama yapılan saksılarda *M. phaseolina* mikrosklerot yoğunluğunu saptamak amacıyla her karakterdeki her tekerrürden ayrı ayrı toprak örneği alınmıştır. Bu amaçla her saksıdan 4 farklı noktadan bir mantar delici yardımıyla alınan toprak örneği paçal yapılmış ve kurutulup 500 µm elekten geçirildikten sonra bu topraklardan 1'er gr toprak örneği alınarak mikrosklerot izolasyonu yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1 Bitki ve Organik Madde Uygulanan Toprakta Saptanan Mikrosklerot Sayısı

Organik madde ve bitkilerin topraktaki mikrosklerot canlılığına etkisini tespit etmek için yapılan denemede kullanılan *M. phaseolina* (Omp1) mikrosklerotlarının çimlenme testinde, %72 oranında çimlenme yeteneği olduğu saptanmıştır.

Organik madde ve bitkilerin topraktaki mikrosklerot canlılığına etkisini belirlemek amacıyla uygulamadan 30 gün sonra topraktan yapılan izolasyonlar sonucunda koloni sayımı yapılarak 1 gr topraktaki mikrosklerot sayısı saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bazı uygulamaların mikrosklerot sayısını önemli ölçüde azalttığı görülmektedir (Tablo 1).

Yapılan sayımlarda en fazla mikrosklerot, kontrol uygulaması toprağında 84 mikrosklerotiyal koloni/ gr toprak olarak saptanmış ve diğer karakterlerden ayrı bir grup oluşturmuştur. Kükürt (50 kg da⁻¹) uygulamasında 37.2 koloni ile ayrı bir grup oluşturmuştur. Pırasa 17.7, tavuk gübresi uygulamasında 16.7, kükürt (100 kg da⁻¹) 15.3, marul 14.3, lahana 13.3, soğan 12.3, karnabahar 11.5, bakla 11.3, buğday uygulamasında 9.3, hardal uygulamasında 6.7 koloni ile ayrı bir grup oluşturmuştur. Vermikompost 6.0, brokoli 2.5, zeytin karasuyu 0.8 mikrosklerotiyal koloni ile inokulum uygulanmamış kontrol 0.0 mikrosklerotiyal koloni/gr toprak ile aynı grupta yer almıştır (Tablo 1).

Tablo 1. *Macrophomina phaseolina* (Mp) bulaştırılmış steril bahçe toprağında 30 gün inkubasyon sonucunda 1 gr toprakta saptanan mikrosklerotiyal koloni sayısı

Table1. The number of microsclerotial colonies detected in 1 g soil after 30 days of incubation in sterile orchard soil contaminated with *Macrophomina phaseolina* (Mp)

Uygulamalar	Mikrosklerotiyal koloni/gr toprak	
Negatif kontrol	0.0	A*
Zeytin karasuyu Mp	0.8	A
Brokoli Mp	2.5	A
Vermikompost Mp	6.0	A
Hardal Mp	6.7	AB
Buğday Mp	9.3	AB
Bakla Mp	11.3	AB
Karnabahar Mp	11.5	AB
Soğan Mp	12.3	AB
Lahana Mp	13.3	AB
Marul Mp	14.3	AB
Kükürt 100 Mp	15.3	AB
Soğan Mp	12.3	AB
Tavuk gübresi Mp	16.7	AB
Pırasa Mp	17.7	AB
Kükürt 50 Mp	37.2	B
Pozitif kontrol	84.0	C

*Aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur (p<0,05).

3.2. Organik Madde Uygulamalarının Bitki Gelişimine Etkileri

Uygulamaların çilek bitkilerinin gelişimine ağırlık değişimi açısından değerlendirildiğinde %18 ile % 84.5 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek ağırlık artışı % 84.5 ile tavuk gübresi uygulamasında görülmüştür. Kükürt (100 kg/ da) % 66, kükürt (50 kg da⁻¹) uygulamasında % 61.9 oranında ağırlık artışı saptanırken kontroldeki ağırlık artışı % 38 olmuştur. Lahana, hardal, buğday ve brokoli gibi bitki karıştırılan saksılarda ise bitki gelişiminde herhangi bir katkı saptanmadığı gibi ağırlık kaybı olmuştur (Tablo 2).

3.3. Organik Madde Uygulamalarının Taç ve Kök Çürüklüğü Hastalığı Üzerine Etkisi

Çilek fide dikiminden başlayarak *M. phaseolina* inokule edilmiş uygulamalar 10 hafta boyunca bitkiler takip edilmiş ve hastalık şiddeti 0-2 skalasına göre değerlendirilmiştir. Bazı uygulamalarda bütün bitkilerin öldüğü gözlenmiştir. Deneme süresince ölen bitkiler sökülerek ağırlıkları kaydedilmiş ve bu bitkilerden izolasyon yapılarak neden olan etmen saptanmıştır. Hastalık şiddeti açısından marul ve buğday uygulamaları aynı grupta yer alırken, bunu karnabahar izlemiştir. Soğan, lahana, vermikompost, bakla ayrı bir grup oluşturmuş, bunları pırasa, kükürt (50 kg da⁻¹), hardal, kükürt (100 kg da⁻¹) izlemiştir. Hastalık şiddeti en yoğun görülen karakterler ise kontrol, brokoli ve tavuk gübresi uygulamaları olmuş ve bitkilerin tamamının öldüğü bu uygulamalar ayrı bir grup oluşturmuşlardır (Tablo 3).

Deneme süresince Mp inokule edilmiş bitkilerde kurumalar görülmüş bu bitkilerden yapılan izolasyonlardan başta Mp olmak üzere *Rhizoctonia solani* ve *Fusarium* spp. gibi etmenler saptanmıştır. Bulaşık kontrol (*M. phaseolina*), Tavuk gübresi + Mp, Brokoli + Mp uygulamalarındaki tüm fideler ölmüştür. Yapılan izolasyonlar sonucunda kontrolde tüm fidelerde *M. phaseolina* tespit edilmiştir. Tavuk gübresi + Mp uygulamasında *M.*

phaseolina 'ya ilave olarak, *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. Brokoli + Mp uygulamalarında ise *Rhizoctonia* spp. ve *Fusarium* spp. tespit edilmiştir. En az bitki ölümü ise karnabahar + Mp, buğday + Mp, marul + Mp uygulamasında olmuş bu fidelerde de *M. phaseolina* 'ya ilave olarak buğday + Mp, marul + Mp uygulamasında *Fusarium* spp. izole edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 2. Organik madde ve bitki materyalinin çilek bitkisinin gelişimine olan etkileri (% ağırlık değişimi olarak verilmiştir)

Table 2. The effects of organic matter and plant material on the growth of strawberry plant (given as weight change (%))

Uygulamalar	% Ağırlık değişimi*	
Tavuk Gübresi	84,5	A
Kükürt 100	66,0	AB
Kükürt 50	61,9	AB
Kontrol	38,0	BC
Soğan	36,4	BC
Zeytin karasuyu	32,0	BCD
Marul	17,2	CDE
Karnabahar	16,6	CDE
Vermikompost	14,6	CDE
Pırasa	13,9	CDE
Bakla	7,8	CDE
Pamuk delintasyon atığı	2,0	CDE
Lahana	-2,0	CDE
Hardal	-11,3	DE
Buğday	-15,9	E
Brokoli	-18,0	E

Bitki gelişimleri değerlendirildiğinde ise ağırlık değişimlerinin %-20,4 ile %42,7 arasında değiştiği görülmektedir. *M. phaseolina* bulaştırılmış saksı topraklarına uygulanan organik madde ve bitkilerin bitki gelişimine olan katkısını incelemek amacıyla yapılan çalışmalarda ortalama % ağırlık değişimi sonuçlarına göre en yüksek kükürt (50 kg da⁻¹) uygulamasında %42,7 ağırlık değişimi saptanmış istatistiki olarak diğer uygulamalardan farklı bir grup oluşturmuştur. Kükürt (100 kg da⁻¹)' de %37,9, marulda %36,1, vermikompostta %31,8 ağırlık değişimi saptanmış ve aynı grup içerisinde yer almışlardır. Bunları istatistiki olarak ayrı bir grup oluşturan lahanada %21,7, tavuk gübresinde %10,1, hardalda %9,9, buğdayda %8,4 ağırlık değişimi, kontrolde %7,8, zeytin karasuyunda %3,3, soğanda %2,8 ağırlık değişimi ile izlemiştir. Bakla %-10,3 ve brokolide %-10,1, pırasa uygulamalarında %-20,4 ise şiddetli enfeksiyon nedeniyle ağırlık kaybı olduğu saptanmıştır (Tablo 3).

3.4. Topraktaki İnokulum Miktarı Üzerine Etkisi

Saksı toprağına uygulanan organik madde ve bitkilerin topraktaki mikrosklerot canlılığına etkisini tespit etmek için yapılan denemede çilek fideleri söküldükten sonra saksı toprağından her tekerrürden yapılan mikrosklerot izolasyonları sonucunda 5. gün sonunda mikrosklerot sayısı belirlenmiştir. En az mikrosklerot karnabahar uygulamasında 12 mikrosklerot ile ayrı bir grup oluşturmuş, bunu kükürt (50 kg da⁻¹) 14,5 ve marul uygulaması 16 mikrosklerot ile izlemiştir. Vermikompost 18,3, brokoli 19,8, bakla 20,3, lahanada, tavuk gübresi ve soğan 21,5, buğday 21,8, hardal 22,0, zeytin karasuyu 24,0 mikrosklerot ile ayrı bir grup oluşturmuş, bunu pırasa 25,0, kontrol 25,8 mikrosklerot ile izlemiştir. En fazla mikrosklerot ise kükürt (100 kg/ da) uygulamasında 28,8 mikrosklerot saptanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. *Macrophomina phaseolina* bulaştırılmış çilek fidelerinin 0-2 skalasına göre dikimden 10 hafta sonraki hastalık şiddeti %ağırlık değişimi, ölen bitki sayıları, mikrosklerotiyal koloni ve ölen bitkilerde saptanan etmenler

Table 3. According to the 0-2 scale of the strawberry seedlings infected with *Macrophomina phaseolina*, 10 weeks after planting, the disease severity % weight change, the number of dead plants, microsclerotial colonies, and the agents detected in the dead

Uygulamalar	skala		% Ağırlık değişimi		Mikrosklerotiya I koloni/gr toprak		Bitki sayısı	Ölen bitki sayısı	<i>M.phaseolina</i> (Mp) saptanan bitki sayısı	<i>Rhizoctonia</i> sp. (Rs) saptanan bitki sayısı	<i>Fusarium</i> sp. (Fs) saptanan bitki sayısı	Tf*	Ölen bitkilerde Saptanan etmenler
Kükürt 50 kg da ⁻¹ Mp	1,2	AB	42.7	A	14.5	AB*	6	3	3	1	0	0	Mp, Rs
Kükürt 100 kg da ⁻¹ Mp	1,3	AB	37.9	AB	28,8	C	6	4	2	2	3	0	Mp, Fs, Rs
Tavuk gübresi Mp	2,0	B	10.1	ABC	21.5	ABC	6	6	6	2	1	0	Mp, Rs,Fs
Lahana Mp	1,0	AB	21.7	ABC	21.5	ABC	6	3	3	0	0	0	Mp
Pozitif kontrol Mp	2,0	B	7.8	ABC	25,8	BC	6	6	6	0	0	0	Mp
Buğday Mp	0,7	A	8.4	ABC	21.8	ABC	6	2	2	0	1	0	Mp, Fs
Marul Mp	0,7	A	36.1	AB	16.0	AB	6	2	2	0	1	1	Mp, Fs, Tf*
Bakla Mp	1,0	AB	-10.3	BC	20.3	ABC	6	3	0	3	0	3	Rs, Tf*
Hardal Mp	1,3	AB	9.9	ABC	22	ABC	6	4	2	2	1	1	Mp, Rs, Fs,Tf*
Vermikompost Mp	1,0	AB	31.8	AB	18.3	ABC	6	3	2	1	2	2	Mp, Rs, Fs, Tf*
Pırasa Mp	1,2	AB	-20.4	C	25	BC	6	4	1	0	2	2	Mp, Fs, Tf*
Zeytin karasuyu Mp	1,7	AB	3.3	ABC	24	ABC	6	5	4	2	2	0	Mp, Rs, Fs
Brokoli Mp	2,0	B	-10.1	BC	19.8	ABC	6	6	0	1	1	4	Fs, Rs, Tf*
Soğan Mp	1,0	AB	2.8	ABC	21.5	ABC	6	3	1	1	1	3	Mp, Rs, Fs, Tf*
Karnabahar Mp	0,8	A	11.8	ABC	12.0	A	6	2	1	0	0	1	Mp, Tf*
Negatif kontrol	-	-	-	-	-	-	6	2	1	1	2	0	Mp, Rs, Fs

*Aynı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak bir fark yoktur (p≤0,05)

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışma son yıllarda bütün dünya ile birlikte ülkemizde çilek üretim alanlarında önemli bir sorun haline gelen ve etkili bir mücadele yöntemi bulunmayan *M. phaseolina*'nın mücadelesinde bazı bitki ve organik maddelerin bitki gelişimi, kök çürüklüğü üzerine etkisi ve topraktaki mikrosklerot sayısını azaltma potansiyeli üzerine kurgulanmıştır. Bu amaçla bazı organik maddelerin ve bitki türlerinin toprağa karıştırılması ile hem bitki gelişimi hem de topraktaki mikrosklerot sayısı üzerine etkileri incelenmiştir. Böylelikle bu bitkilerin ürün rotasyonunda kullanılabilirliği üzerinde durulmuştur. *M. phaseolina*'nın neden olduğu hastalık şiddeti, topraktaki canlı sklerot sayısı ile yakından ilişkilidir (Short ve ark., 1980). Gerek küresel ısınma gerekse mevcut mücadele yöntemlerinin beklenen sonucu vermemesi etmenin sorun olarak karşımıza çıkmasına neden olmuştur (Koike, 2008). Ayrıca son yıllarda artan çevre duyarlılığı toprak kaynaklı hastalıkların kontrolünde yeni alternatifler geliştirme gereksinimi ortaya çıkarmıştır (Ristaino, 1991; Ristaino ve Thomas, 1996; Chamorro ve ark., 2015b; Majumder ve ark., 2018).

Çalışmamızda ele aldığımız uygulamalar bitki gelişimine etkileri açısından değerlendirildiğinde; tavuk gübresi çilek bitkisinin gelişimi açısından, kükürdün her iki dozu da hem doğrudan çilek bitkisinin gelişimi (Tablo 2), hem de *M. phaseolina* uygulanmış saksılarda yetiştirilen çilek bitkilerinde bitki gelişimi en iyi olan karakterler olmuştur (Tablo 3). Tavuk gübresi yüksek miktarda organik ve inorganik azot içermektedir. Bu azotun büyük bir çoğunluğu, uygun sıcaklık, nem ve pH koşullarında bitkinin kullandığı amonyum nitrate dönüşebilmektedir (Kyakuwaire ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2021). Dolayısıyla bitki gelişimine olumlu katkısı olmuştur. Ancak tavuk gübresi uygulamasında bitki gelişiminde görülen önemli artış *M. phaseolina* uygulamasında olmamıştır.

Kükürdün gerek pestisit olarak gerekse 4. ana besin maddesi olarak bitki verim ve kalitesine olumlu etkisi üzerine son yıllarda çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Williams ve Cooper, 2004; Zenda ve ark., 2021). Ayrıca sistemik dayanıklılık üzerine etkileri de üzerinde durulan konulardan biridir (Bloem ve ark., 2015). Çalışmamızda da kükürt uygulaması bitki gelişimine katkı sağladığı görülmektedir (Tablo 3). Kükürt uygulamalarından *M. phaseolina* bulaştırılmış saksılarda gelişen çilek bitkilerinde de benzer olumlu sonuçlar alınmıştır. Kükürt (50kg da⁻¹)+Mp ve kükürt (100kg da⁻¹)+Mp uygulaması en yüksek bitki ağırlık artışı göstererek uygulamalar arasında ilk iki sırayı almıştır (Tablo 3).

Diğer bitki ve organik madde uygulamaları kontrolle karşılaştırıldıklarında gerek bitki gelişim gerekse *M. phaseolina* uygulanan saksılarda beklenen sonuç elde edilemediği görülmektedir (Tablo 2 ve 3). Bu anlamda önemli bitki türlerinden *Brassica* ve diğer bazı bitkilerin örtü ve yeşil gübre olarak kullanılması, toprak kaynaklı hastalıklarda azalma ile ilişkilendirilmiştir (Larkin ve Lynch, 2018). Karnabahar, lahanası, brokoli ve hardal belki de bu konuda üzerinde en fazla durulan bitki türleridir. Ancak çalışmamızda *Brassica* türleri uygulamalarında bitki gelişimi açısından olumlu sonuçlar elde edilememiştir. Bunun nedeni olarak, fidelerin dikildikleri ortamda *Brassica* türlerinin parçalanma ürünlerinden bazılarının tohum çimlenmesi ve gelişimini baskılaması ile ilgili olarak çilek fidelerinin de parçalanma ürünlerinden etkilenmiş olabileceği düşünülmüştür. Nitekim *Brassica* artıklarının uygulandığı toprakta fide gelişiminin de zayıf olduğu daha önce yapılan bir çalışmada belirtilmiştir (Smolińska, 2000; Haramoto ve Gallandt, 2004). Bu ürünlerden Isothiocyanate'ların laboratuvar koşullarında tohum, fide tutumu ve gelişimini, benzyl isothiocyanate'ın hatmi çiçeği ve buğdayda kök gelişimini engellediği ifade edilmiştir. Benzer şekilde *Brassica* türlerinin suda eriyen ve uçucu bileşiklerinin de bitki gelişimine benzer etkileri olduğu belirtilmiş, uçucu bileşiklerden allyl isothiocyanate'ın çavdarda bitki gelişimine olumsuz etkisi ve pamukta radicle uzunluğunu %75 azalttığı belirtilmiştir (Wanniarachchi ve Voroney, 1997; Norsworthy, 2003; Haramoto ve Gallandt, 2004).

Ayrıca *Brassica* spp. uygulanan topraklarda karpuzda sorun olan toprak kaynaklı etmenlerinden *Pythium* spp. ve *Fusarium oxysporum* popülasyonunda herhangi bir etki saptanamadığı bildirilmiştir. İki yıl üst üste yürütülen çalışmada bütün uygulamalarda *Fusarium oxysporum* popülasyonunun kontrole göre yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmada toprakta fluorescent pseudomonas popülasyonunda herhangi bir baskılanma görülmediği belirtilmiştir (Njoroge ve ark., 2008). Çalışmamızda kullandığımız diğer bitki türleri soğan, pırasa, bakla, marul buğday uygulamalarından benzer sonuçlar elde edilmiş, bitki gelişimi açısından önemli bir artış sağlanmamıştır (Tablo 3).

Bölgemiz için diğer önemli bir ürün olan bakla, yeşil gübre olarak kullanılabilme özelliği yanı sıra *Rhizobium* bakterileri ile olan ilişkisi sonucu azot fikse etmesi açısından önemlidir. *Rhizobium* bakterilerinin toprak kökenli

patojenik mikroorganizmalara karşı biyolojik mücadele etmeni olarak görev yaptığı, böylece bitkiyi koruyarak direncini arttırdığı rapor edilmiştir. Arora ve ark. (2001) ise, siderofor üreten *Rhizobium meliloti*'nin *in vitro* koşullarda *M. phaseolina*'ya karşı antagonistik etki gösterdiğini bildirmişlerdir (Arora ve ark., 2001). Chakraborty ve Purkayastha (1984) yaptıkları çalışmada *Rhizobium japonicum* ile kaplanan soya bitkisinin tohum ve köklerinde, *M. phaseolina* tarafından oluşturulan kömür kök çürüklüğü hastalığını azalttığı ve *in vitro* koşullarda yapılan analizler sonucunda rhizobitoxin oluşturarak *M. phaseolina* gelişimini engellediği bildirilmiştir. Bütün bu olumlu sonuçlara rağmen çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular incelendiğinde bitki gelişimi (Tablo 2), *M. phaseolina* ile birlikte değerlendirildiğinde bakla uygulanmış toprakta çilek bitkisinin gelişimi ve topraktaki mikrosklerot sayılarına etkileri açısından önemli bir olumlu katkı saptanamamıştır (Tablo 3).

Soğan ve pırasa uygulamalarında da bitki gelişimi (Tablo 2), *M. phaseolina* uygulanmış saksılardaki bitki gelişimi ve hastalık şiddeti açısından değerlendirildiğinde yine etkili bir sonuç alınmamıştır (Tablo 3). Ancak konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde soğan (*Allium cepa* L.) bitkisinin biofumigasyon terimi içerisine ilave edildiği sülfür amino asitleri içeren *Allium* türlerinden biri olduğu bildirilmiştir (Bianchi ve ark., 1997). Bir diğer çalışmada sarımsak ekstraktının *in vitro* koşullarda *M. phaseolina* gelişimini engellediği bildirmiştir (Raja ve Kurucheve, 1998).

Marul uygulamaları da bitki gelişimi (Tablo 2), *M. phaseolina* uygulanmış saksılardaki bitki gelişimi ve hastalık şiddeti açısından değerlendirildiğinde diğer uygulamalardan ayrılmadığı görülmektedir (Tablo 4). Nitekim Subbarao ve ark. (2007) yılında yaptığı çalışmada da *Verticillium* ile bulaşık parsellerde marul rotasyonuna kıyasla brokoli ve brüksel lahanası ile yapılan rotasyon şekli, *V. dahliae* mikrosklerotlarını önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Çilek bitki ağırlığı ve meyve verimi de brokoli ve brüksel lahanasına göre marul rotasyonunda daha düşük olmuştur (Subbarao ve ark., 2007).

Bitki gelişimi açısından önemli görülün bir diğer uygulama olan vermikompost, son yıllarda bütün dünyada yaygınlaşan ve özellikle organik tarımda önemi artan bir gübredir. Özellikle bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmektedir (Joshi ve ark., 2015). Nitekim Arancon ve ark. (2004)'nin yaptığı çalışmada yaprak alanı açısından % 37 büyüme, % 37 oranında bitki sürgün biyokütle artışı, % 40 oranında çilek oluşumunda artış % 36 oranında stolon artışı, % 35 oranında pazarlanabilir meyve ağırlığında artış sağladığını belirtmişlerdir. Ancak çalışmamızda bitki gelişimine etkisi açısından herhangi bir olumlu etki elde edilememiş (Tablo 2), mikrosklerot popülasyonuna etkisinde ise olumlu sonuçlar alınmıştır (Tablo 3). Bu durum *M. phaseolina*'nin vermikompostun bünyesinde bulunan antagonist mikroorganizmalar ile rekabete girmiş olabileceği ile ilişkilendirilebilir.

Zeytin karasuyu da zeytin üreten ülkeler için üzerinde durulması gereken önemli bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır (Delia ve ark., 2016). Bu nedenle tarımsal uygulamaya kazandırılması pek çok sorunu ortadan kaldıracaktır. Nitekim toprak verimliliğini artırarak gerek bitki gelişimine etkisi (Magdich ve ark., 2013), gerek yabancı otlar üzerine etkisi gerekse (Ghosheh ve ark., 1999) bitki hastalıklarına etkisi ile ilgili olarak pek çok çalışma yapılmıştır (Moricca ve ark., 2012; El-Abbassi ve ark., 2017). Bitki hastalıkları ile ilgili çalışmalar değerlendirildiğinde bazı hastalık etmenlerine karşı olumlu sonuçların alındığı belirtildiği gibi bazı hastalık etmenlerine karşı ise herhangi bir sonuç alınmadığı görülmektedir (Kao ve ark., 2006; Gougoulas ve ark., 2013; El-Abbassi ve ark., 2017). Özellikle zeytin karasuyu uygulandıktan sonraki ilk ay içerisinde saprofitik fungal popülasyonun arttığı belirtilmiştir (Tardioli ve ark., 1997). Zeytin karasuyu içerdiği fenolik bileşikler nedeniyle fitotoksik etki ile karşılaşılabilirdiği de bilinmektedir (Isidori ve ark., 2005; Mekki ve ark., 2006). Çalışmamızda ele alınan zeytin karasuyu uygulamasında bitki gelişimi açısından olumlu bir etkisi görülmemiştir (Tablo 2). Bunun karasu içeriğinde bulunan fenolik bileşiklerin fitotoksik etkisinden (Casa ve ark., 2003; El-Abbassi ve ark., 2017) kaynaklanabileceği düşünülebilir. Toprak uygulamasında mikrosklerot sayıları dikkate alındığında ise oldukça etkili olduğu (Tablo 2), saksı toprağından saptanan mikrosklerot sayısı açısından değerlendirildiğinde benzer etki elde edilemediği görülmektedir (Çizelge 3). Kotsou ve ark., (2004) nin çeşitli bitkilerde *Rhizoctonia solani*'nin gelişimini baskıladığını belirtmesine rağmen çalışmamızda benzer olumlu sonuçlar alınmamıştır (Tablo 3).

Uygulamaların topraktaki mikrosklerot üzerine doğrudan etkileri 30 günlük inkubasyonun ardından değerlendirildiğinde öne çıkan uygulamalar olsa da istatistiki olarak en çarpıcı sonuç bütün uygulamaların kontrole göre önemli bir oranda düşük mikrosklerot sayısını ortaya koymuş olmasıdır. En düşük mikrosklerot sayısı zeytin karasuyu uygulamasından elde edilirken bunu brokoli ve vermikompost uygulamaları izlemiştir. Bütün

karakterlerde saptanan mikrosklerot sayısı kontrole oranla oldukça düşük olmuş ancak kontrol haricinde uygulamalar arasında mikrosklerot sayısı bakımından önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 2). Bu sonuç bize gerek toprağa ilave edilen zeytin karasuyunun fenolik bileşiklerinin toksik etkisi (El-Abbassi ve ark., 2017) gerek tavuk gübresinin toprakta ayrışması sonucu ortaya çıkan toksik bileşikler (Riegel ve ark., 1996; Kyakuwaire ve ark., 2019), gerek *Brassicaceae* türlerinin parçalanma ürünleri (Smolińska, 2000; Haramoto ve Gallandt, 2004), gerek kükürdün fungisidal etkisi (Scherer, 2001; Williams ve Cooper, 2004; Zenda ve ark., 2021), gerekse diğer kullanılan organik maddelerin biyosidal etkileri ve/veya mikrobiyal aktivitenin artması (Bianchi ve ark., 1997; Subbarao ve ark., 2007) mikrosklerot sayısındaki azalmanın nedeni olarak değerlendirilebileceğini düşündürmüştür.

5. Sonuç

Sonuç olarak; Tavuk gübresi, zeytin karasuyu, kükürt ve *Brassica* uygulamaları farklı açılardan ümitvar sonuçlar vermişlerdir. Bu amaçla yürütülecek çalışmalarda farklı kültür bitkileri ve farklı etmenler ile birlikte değerlendirilmesi belki de daha etkili sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca elde edilen bulgular doğrultusunda çalışmanın son aşaması olarak bahçe koşullarına taşınarak organik ve bitkisel materyallerinin etkilerinin pratiğe aktarılması açısından pekiştirici olacaktır.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Kaynakça

- Almeida, M. R., Sosa-Gomez, D. R., Binneck, E., Marin, S. R. R., Zucchi, M. I., Abdelnoor, R. V. and Souto, E. R. (2008). Effect of crop rotation on specialization and genetic diversity of *Macrophomina phaseolina*. *Tropical Plant Pathology*, 33:257–264.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A. and Bierman, P. (2006). Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource technology*, 97:831–840. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.016>
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J. D. (2004). Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93(2): 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.10.014>
- Arora, N. K., Kang, S. C. and Maheshwari, D. K. (2001). Isolation of siderophore-producing strains of *Rhizobium meliloti* and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* that causes charcoal rot of groundnut. *Current Science*, 81(6): 673–677.
- Avilés, M., Castillo, S., Bascon, J., Zea-Bonilla, T., Martín-Sánchez, P. M. and Pérez-Jiménez, R. M. (2008). First report of *Macrophomina phaseolina* causing crown and root rot of strawberry in Spain. *Plant Pathology*, 57:382. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01717.x>
- Avilés, M., Castillo, S., Bascon, J., Zea-Bonilla, T., Martín-Sánchez, P. M. and Pérez-Jiménez, R. M. (2009). Response of strawberry cultivars: 'Camarosa', 'Candongra' and 'Ventane' to inoculation with isolates of *Macrophomina phaseolina*. *Acta Horticulturae*, 842: 291-294.
- Aysan, M., Kozak Özdemir, S. ve Erkiş, A. (2019). Çilekte Rhizoctonia Kök çürüklüğü (*Rhizoctonia solani*)'ne karşı bazı bitki aktivatörlerinin etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 173-180. <https://doi.org/10.33462/jotaf.521637>
- Benlioğlu, S., Boz, Ö., Yıldız, A., Kaşkavalcı, G. and Benlioğlu, K., (2005). Alternative soil solarization treatments for the control of soil-borne diseases and weeds of strawberry in the western Anatolia of Turkey. *Journal of Phytopathology*, 153:423–430. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2005.00995.x>
- Benlioğlu, S., Yıldız, A. and Döken, T. (2004). Studies to determine the causal agents of soil-borne fungal diseases of strawberries in aydin and to control them by soil disinfection. *Journal of Phytopathology*, 152:509–513. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2004.00888.x>
- Bianchi, A., Zambonelli, A., D'Aulerio, A. Z. and Bellesia, F. (1997). Ultrastructural studies of the effects of *Allium sativum* on phytopathogenic fungi *in vitro*. *Plant disease*, 81:1241–1246. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.11.1241>
- Bloem, E., Haneklaus, S. and Schnug, E. (2015). Milestones in plant sulfur research on sulfur-induced-resistance (SIR) in Europe. *Frontiers in Plant Science*, 5, 779. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00779>
- Casa, R., D'Annibale, A., Pieruccetti, F., Stazi, S. R., Giovannozzi Sermanni, G. and Lo Cascio, B. (2003). Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability. *Chemosphere*, 50(8): 959–966. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(02\)00707-5](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(02)00707-5)
- Chakraborty, U. and Purkayastha, R.P. (1984). Role of rhizobitoxine in protecting soybean roots from *Macrophomina phaseolina* infection. *Canadian Journal of Microbiology*, 30(3): 285-289.
- Chamorro, M., Domínguez, P., Medina, J. J., Miranda, L., Soria, C., Romero, F. and De los Santos, B. (2015a). Assessment of chemical and biosolarization treatments for the control of *Macrophomina phaseolina* in strawberries. *Scientia Horticulturae*, (Amsterdam) 192:361–368. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.029>
- Chamorro, M., Miranda, L., Domínguez, P., Medina, J. J., Soria, C., Romero, F. and De los Santos, B. (2015b) Evaluation of biosolarization for the control of charcoal rot disease (*Macrophomina phaseolina*) in strawberry. *Crop Protection*, 67:279–286. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.10.021>
- Delia, P., Sponza, T., İhsan, P., Kayıkçıoğlu, H. H. ve Yağmur, B. (2016). *Ekonomik yöntemlerle artırılmış zeytin karasuyunun tarım topraklarında kullanım olanakları*. Tübitak-Tovag (113O558) Proje Sonuç Raporu.
- El-Abbassi, A., Saadaoui, N., Kiai, H., Raiti, J. and Hafidi, A. (2017). Potential applications of olive mill wastewater as biopesticide for crops protection. *The Science of the total environment*, 576: 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.032>
- Eren, O. ve Gül, Ş. (2010). Zeytin karasuyunda bulunan bazı toksik bileşiklerin ön kireç çöktürme ve katalitik ozonlama ile parçalanmaları. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2012 (28-4): 117-126.
- Francl, L. J., Wyllie, T. D. and Rosenbrock, S. M. (1988). Influence of Crop Rotation on Population Density of *Macrophomina phaseolina* in Soil Infested with *Heterodera glycines*. *Plant disease*, 72:760–764. <https://doi.org/10.1094/PD-72-0760>
- Gamliel, A., Austerweil, M. and Kritzman, G. (2000). Non-chemical approach to soilborne pest management - Organic amendments. *Crop Protection* 19:847–853. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00112-5)
- Ghosheh, H. Z., Hameed, K. M., Turk, M. A. and Al-Jamali, A. F. (1999). Olive (*Olea europea*) jift suppresses broomrape (*Orobanche* spp.) infections in faba bean (*Vicia faba*), pea (*Pisum sativum*) and Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Weed Technology*, 13:457–460.
- Golzar, H., Phillips, D. and Mack, S. (2007). Occurrence of strawberry root and crown rot in Western Australia. *Australasian Plant Disease Notes*, 2:145. <https://doi.org/10.1071/dn07057>

- Gougoulas, N., Vagelas, I., Papachatzis, A., Stergiou, E., Chouliaras, N. and Chouliara, A. (2013). Chemical and biological properties of a sandy loam soil amended with olive mill waste, solid or liquid form, in vitro. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2:13. <https://doi.org/10.1186/2251-7715-2-13>
- Hancock, J. F., Maas, J. L., Shanks, C. H., Breen, P. J. and Luby, J. J. (1991). Strawberries (*Fragaria*). *Acta Horticulturae*, 290: 491–546.
- Haramoto, E. R. and Gallandt, E. R. (2004). Brassica cover cropping for weed management: A review. *Renewable Agriculture and Food Systems*: 19:187–198. <https://doi.org/10.1079/rafs200490>
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A. and Parrella, A. (2005). Model study on the effect of 15 phenolic olive mill wastewater constituents on seed germination and *Vibrio fischeri* metabolism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(21): 8414–8417. <https://doi.org/10.1021/jf0511695>
- Israel, S., Mawar, R. and Lodha, S. (2005). Soil solarisation, amendments and bio-control agents for the control of *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *cumini* in aridisols. *Annals of Applied Biology*, 146:481–491. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.040127.x>
- Joshi, R., Singh, J. and 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*, 14:137–159. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1>
- Kacar, B. (1996). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. (Chemical analysis of plant and soil. III: in Turkish) Ankara, Turkey: Publication of Education, Research and Improving Foundation, Agricultural Faculty, Ankara University No. 3.
- Kao, P. H., Huang, C. C., Hseu, Z. Y. (2006). Response of microbial activities to heavy metals in a neutral loamy soil treated with biosolid. *Chemosphere*, 64:63–70. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.11.039>
- Kaur, S., Dhillon, G. S., Brar, S. K., Vallad, G. E., Chand, R. and Chauhan, V. B. (2012). Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic trends. *Critical Reviews in Microbiology*, 38(2): 136-151. <https://doi.org/10.3109/1040841X.2011.640977>
- Kirkegaard, J. A. and Sarwar, M. (1998) Biofumigation potential of brassicas. *Plant and Soil*, 201:71–89. <https://doi.org/10.1023/A:1004364713152>
- Koike, S. T. (2008). Crown rot of strawberry caused by *Macrophomina phaseolina* in California. *Plant Disease*, 92:1253. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-8-1253B>
- Kotsou, M., Mari, I., Lasaridi, K., Chatzipavlidis, I., Balis, C. and Kyriacou, A. (2004). The effect of olive oil mill wastewater (OMW) on soil microbial communities and suppressiveness against *Rhizoctonia solani*. *Applied Soil Ecology* 26:113–121. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2003.12.001>
- Kyakuwaira, M., Olupot, G., Amoding, A., Nkedi-Kizza, P. and Basamba, T. A. (2019). How safe is chicken litter for land application as an organic fertilizer? A review. *International journal of environmental research and public health*, 16(19): 3521. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193521>
- Larkin, R. P. and Lynch, R. P. (2018). Use and effects of different brassica and other rotation crops on soilborne diseases and yield of Potato. *Horticulturae*, 4:1–16. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4040037>
- Lodha, S. (1995). Soil solarization, summer irrigation and amendments for the control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cumini* and *Macrophomina phaseolina* in arid soils. *Crop Protection*, 14:215–219. [https://doi.org/10.1016/0261-2194\(95\)00014-D](https://doi.org/10.1016/0261-2194(95)00014-D)
- López-Escudero, F. J., Mwanza, C. and Blanco-López, M. A. (2007). Reduction of *Verticillium dahliae* microsclerotia viability in soil by dried plant residues. *Crop Protection*, 26:127–133. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.04.011>
- Magdich, S., Ben Ahmed, C., Jarbouli, R., Ben Rouina, B., Boukhris, M. and Ammar, E. (2013). Dose and frequency dependent effects of olive mill wastewater treatment on the chemical and microbial properties of soil. *Chemosphere*, 93(9): 1896–1903. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.06.066>
- Majumder, S., Datta, K., Sarkar, C., Saha, S. C. and Datta, S. K. (2018). The development of *Macrophomina phaseolina* (fungus) resistant and glufosinate (herbicide) tolerant transgenic jute. *Frontiers in Plant Science*, 9: 920.
- Marquez, N., Giachero, M. L., Declerck, S. and Ducasse, D. A. (2021). *Macrophomina phaseolina*: General Characteristics of Pathogenicity and Methods of Control. *Frontiers in plant science*, 12: 634397. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>
- Matthiessen, J. and Kirkegaard, J. (2006). Biofumigation and enhanced biodegradation: Opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25:235–265. <https://doi.org/10.1080/07352680600611543>
- Mechri, B., Chehab, H., Attia, F., Mariem, F. B., Braham, M. and Hammami, M. (2010). Olive mill wastewater effects on the microbial communities as studied in the field of olive trees by analysis of fatty acid signatures. *European Journal of Soil Biology*, 46:312–318. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2010.06.001>
- Mekki, A., Dhoubi, A. and Sayadi, S. (2006). Changes in microbial and soil properties following amendment with treated and untreated olive mill wastewater. *Microbiological Research*, 161:93–101. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2005.06.001>

- Mertely, J., Seijo, T. and Peres, N. (2005). First Report of *Macrophomina phaseolina* Causing a Crown Rot of Strawberry in Florida. *Plant Disease*, 89(4): 434. <https://doi.org/10.1094/PD-89-0434A>
- Meyer, W. A., Sinclair, J. B. and Khare, M. N. (1973). Biology of *Macrophomina phaseoli* in Soil Studied with Selective Media. *Phytopathology*, 63:613–620. <https://doi.org/10.1094/Phyto-63-613>
- Mihail, J. and Alcorn, S., (1982). Quantitative Recovery of *Macrophomina phaseolina* Sclerotia from Soil. *Plant disease*, 66:662–663. <https://doi.org/10.1094/PD-66-662>
- Moricca, S., Uccello, A., Ginetti, B. and Ragazzi, A. (2012) First report of *Neofusicoccum parvum* associated with bark canker and dieback of *Acer pseudoplatanus* and *Quercus robur* in Italy. *Plant disease*, 96:1699. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-12-0543-PDN>
- Ndiaye, M. (2007). *Ecology and management of charcoal rot (Macrophomina phaseolina) on cowpea in the Sahel*. (PhD Thesis) Wageningen University, Netherlands.
- Njoroge, S. M. C., Riley, M. B. and Keinath, A. P. (2008). Effect of incorporation of *Brassica* spp. residues on population densities of soilborne microorganisms and on damping-off and *Fusarium* wilt of watermelon. *Plant disease*, 92:287–294. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-2-0287>
- Norsworthy, J. K. (2003). Allelopathic potential of wild radish (*Raphanus raphanistrum*). *Weed Technology*, 17(2): 307-313.
- Papavizas, G. C. and Lewis, J. (1971). Effect of amendments and fungicides on aphanomyces root rot of peas. *Phytopathology*, 61:215–220. <https://doi.org/10.1094/phyto-61-215>
- Pathma, J. and Sakthivel, N. (2012). Microbial diversity of vermicompost bacteria that exhibit useful agricultural traits and waste management potential. *SpringerPlus*, 1: 26. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-1-26>
- Raja, J. and Kurucheve, V. (1998). Influence of plant extracts and Buffalo urine on the growth and sclerotial germination of *Macrophomina phaseolina*. *Indian Phytopathology*, 51:102–103.
- Riegel, C., Fernandez, F. A. and Noe, J. P. (1996). *Meloidogyne incognita* infested soil amended with chicken litter. *Journal of Nematology*, 28(3): 369–378.
- Ristaino, J. B. (1991). Effect of solarization and *Gliocladium virens* on Sclerotia of *Sclerotium rolfsii*, soil microbiota, and the incidence of southern blight of tomato. *Phytopathology*, 81:1117–1124. <https://doi.org/10.1094/phyto-81-1117>
- Ristaino, J. B. and Thomas, W. (1996). Agriculture, Methyl Bromide, and the Ozone Hole: Can We Fill the Gaps? *Plant Disease*, 81:964–977. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.9.964>
- Sarwar, M. and Kirkegaard, J. A. (1998). Biofumigation potential of brassicas: II. Effect of environment and ontogeny on glucosinolate production and implications for screening. *Plant and Soil*, 201(1): 91–101.
- Scherer, H. W. (2001). Sulphur in crop production - Invited paper. *European Journal of agronomy*, 14:81–111. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(00\)00082-4](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(00)00082-4)
- Sheikh, A. H. and Ghaffar, A. (1979). Relation of sclerotial inoculum density and soil moisture to infection of field crops by *Macrophomina phaseolina*. *Pakistan Journal of Botany*, 11:185–189.
- Shetty, K. G., Subbarao, K. V., Huisman, O. C. and Hubbard, J. C. (2000). Mechanism of broccoli-mediated *Verticillium* wilt reduction in cauliflower. *Phytopathology*, 90:305–310. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2000.90.3.305>
- Short, G. E., Wyllie, T. D. and Bristow, P. R., (1980). Survival of *Macrophomina phaseolina* in soil and in residue of soybean. *Phytopathology*, 70:13–17.
- Smolińska, U. (2000). Survival of *Sclerotium cepivorum* sclerotia and *Fusarium oxysporum* chlamydospores in soil amended with cruciferous residues. *Journal of Phytopathology*, 148:343–349. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2000.00519.x>
- Songa, W. and Hillocks, R. J. (1996) Legume hosts of *Macrophomina phaseolina* in Kenya and effect of crop species on soil inoculum levels. *Journal of Phytopathology*, 144:387–391. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1996.tb00311.x>
- Subbarao, K. V. and Hubbard, J. C. (1996). Interactive effects of broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and on wilt in cauliflower. *Phytopathology*, 86:1303–1310. <https://doi.org/10.1094/Phyto-86-1303>
- Subbarao, K. V., Kabir, Z., Martin, F. N. and Koike, S. T. (2007). Management of soilborne diseases in strawberry using vegetable rotations. *Plant Disease*, 91:964–972. <https://doi.org/10.1094/PDIS-91-8-0964>
- Tardioli, S., Bannè, E. and Santori, F. (1997). Species-specific selection on soil fungal population after olive mill waste-water treatment. *Chemosphere*, 34(11): 2329–2336. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(97\)00044-1](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(97)00044-1)
- Turhan, A. and Özmen, N. (2021). Effects of Chemical and Organic Fertilizer Treatments on Yield and Quality Traits of Industrial Tomato, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2): 213 – 221. <https://doi.org/10.33462/jotaf.741367>
- Vig, A. P., Rampal, G., Thind, T. S. and Arora, S. (2009). Bio-protective effects of glucosinolates - A review. *LWT - Food Science and Technology*, 42:1561–1572. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.023>

- Vijayabharathi, R., Sathya, A. and Gopalakrishnan, S. (2015). Plant Growth-Promoting Microbes from Herbal Vermicompost. In: Varma DES (ed) Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants, Soil Biology, vol 42. Springer, Cham, pp 71–88. Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-319-13401-7_4
- Wanniarachchi, S. D. and Voroney, R. P. (1997). Phytotoxicity of canola residues: Release of water-soluble phytotoxins. *Canadian Journal of Soil Science*, 77:535–541. <https://doi.org/10.4141/S94-083>
- Williams, J. S. and Cooper, R. M. (2004). The oldest fungicide and newest phytoalexin - A reappraisal of the fungitoxicity of elemental sulphur. *Plant Pathology*, 53:263–279. <https://doi.org/10.1111/j.0032-0862.2004.01010.x>
- Yildiz, A., Benlioğlu, S., Boz, Ö. and Benlioğlu, K. (2010). Use of different plastics for soil solarization in strawberry growth and time-temperature relationships for the control of *Macrophomina phaseolina* and weeds. *Phytoparasitica* 38:463–473. <https://doi.org/10.1007/s12600-010-0123-7>
- Yildiz, A., Ozyılmaz, Ü., Benlioglu, H. S. and Benlioglu, K. (2007). Effect of soil solarization with amendments to soil-born fungal pathogens and yield in strawbeny production. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 36:53–63.
- Zenda, T., Liu, S., Dong, A. and Duan, H. (2021). Revisiting Sulphur—The Once neglected nutrient: it’s roles in plant growth, metabolism, stress tolerance and crop production. *Agriculture*, 11(7): 626. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture11070626>
- Zhang, D., Cheng, H., Hao, B. et al. (2021). Effect of fresh chicken manure as a non-chemical soil fumigant on soil-borne pathogens, plant growth and strawberry fruit profitability. *Crop Protection*, 146:105653. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2021.105653>
- Zveibil, A. and Freeman, S. (2005). First Report of Crown and Root Rot in Strawberry Caused by *Macrophomina phaseolina* in Israel. *Plant Disease*, 89:1014–1014. <https://doi.org/10.1094/pd-89-1014c>
- Zveibil, A., Mor, N., Gnayem, N., Freeman, S. (2012). Survival, host-pathogen interaction, and management of *Macrophomina phaseolina* on strawberry in Israel. *Plant Disease*, 96:265–272. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-11-0299>