

PAPER DETAILS

TITLE: Nanede (*Mentha multimentha* L.) kök çürüklüğüne neden olan *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani*`ye karsi *Trichoderma* spp`nin biyolojik mücadele ve bitki gelişimindeki etkinligi

AUTHORS: Emre DEMIRER DURAK,Füsun GÜLSER,Hasret GÜNES

PAGES: 123-134

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2664786>



Nanede (*Mentha multimentha* L.) kök çürüklüğüne neden olan *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı *Trichoderma* spp'nin biyolojik mücadele ve bitki gelişimindeki etkinliği[†]

Emre DEMİRER DURAK^{1*}, Füsün GÜLSER², Hasret GÜNEŞ¹

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Van

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Van

Öz

Bu çalışmada, nane yetiştiriciliğinde önemli hastalıklara sebep olan fungal patojenlerden *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı *Trichoderma harzianum* ve *Trichoderma virens* biyolojik kontrol etmenlerinin etkisi araştırılmıştır. Bu aşamada solgunluk belirtisi gösteren nane bitkilerinin köklerinden yapılan izolasyonlar sonucunda *F. oxysporum* ve *R. solani* izolatları elde edilmiş ve tanıları yapılmıştır. *In vivo*'da *T. harzianum* ve *T. virens* biyoetmenlerinin nane (*Mentha multimentha* L.) bitkisinin gelişim parametrelerine ve patojen uygulamalarına etkisi incelenmiştir. Deneme sonucunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları alınmış, boyları ölçülmüş ve hastalık skala değerleri hesaplanmıştır. Buna göre *T. virens*'in *R. solani* gelişimini %70, *T. harzianum*'un *F. oxysporum* gelişimini %63 baskıladığı tespit edilmiştir. Bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık parametrelerinde *T. harzianum* uygulamasının en yüksek, *R. solani*'nin en düşük değerde olduğu belirlenmiştir. Gerek *F. oxysporum* gerek *R. solani* hastalık şiddeti değerlerinde *T. harzianum* ve *T. virens*'in patojen gelişimini azalttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, nane (*Mentha multimentha* L.).

The efficiency of *Trichoderma* spp. versus *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani* causing root rot in mint (*Mentha multimentha* L.) in biological control and plant growth

Abstract

In this study, the effects of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma virens* biological control agents against *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*, which are fungal pathogens that cause important diseases in mint cultivation, were investigated. By this aim, *F. oxysporum* and *R. solani* isolates were obtained and identified as a result of the isolations made from the roots of mint plants showing wilting symptoms. The effects of *T. harzianum* and *T. virens* bio-agents on growth parameters and pathogen applications of peppermint (*Mentha multimentha* L.) in vivo were investigated. As a result of the experiment, the fresh and dry weights of the plants were taken, their heights were measured and disease scale values were calculated. It was determined that *T. virens* suppressed the growth of *R. solani* by 70%, and *T. harzianum* suppressed the growth of *F. oxysporum* by 63%. It was found that *T. harzianum* application was the highest and *R. solani* was the lowest in plant height, fresh and dry weight parameters. It was determined that *T. harzianum* and *T. virens* reduced pathogen growth in both *F. oxysporum* and *R. solani* scale values.

Keywords: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, mint (*Mentha multimentha* L.).

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Nane (*Mentha piperita* L.), Lamiaceae familyasına ait çok yıllık, tıbbi ve aromatik bir bitkidir (Yılmaz ve Telci, 2022). Dünya'da 31 türü bulunan *Mentha* cinsinin anavatanı Güney Avrupa olup, yetiştiriciliği yapılan *M.*

[†]Bu çalışma 7-9 Eylül 2022 tarihinde 3. Uluslararası Avrasya-Mikoloji Kongresi'nde özet bildiri olarak sunulmuştur.

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 506 542 5519

E-posta : emredemirer@yyu.edu.tr

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 22 Eylül 2022

Kabul Tarihi : 13 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1178651

spicata, *M. arvensis* ve *M. piperita* türleri büyük ekonomik öneme sahiptir (Yasak, 2019; Yılmaz ve Taşkaya, 2022). Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde nane yetiştiriciliği yapılmakta olup çoğunlukla Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerinde kültüre alınmaktadır (Yılmaz ve Taşkaya, 2022). Gelişimi için en uygun ortam nemli, gölgeli ve sulak alanlar olup daha çok vejetatif üreme organlarıyla (sürgün, stolon ve rizom) çoğalmaktadır (Telci ve ark., 2010; Rita ve Animesh, 2011). Nane bitkisi tıp, kozmetik ve gıda endüstrisi gibi geniş uygulama alanlarına sahiptir (Tucker ve Naczi, 2007; Telci ve ark., 2010). Esansiyel yağında bulunan menton, karvon, pulegon ve piperidin organik bileşikler sayesinde birçok patojenik mikroorganizmalara karşı güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Soliman ve ark., 2022). Dünya'da esansiyel yağlarda ticareti yapılan nanede ekonomik kayıplara yol açan hastalık ve zararlı etmenler ile mücadele önemli bir konudur (Nitzan ve ark., 2012). Türkiye'de bu konuda oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Canpolat ve Tülek, 2019). Nane bitkisinin gelişimi ve üretimini etkileyen, *Rhizoctonia solani* (kök ve stolon çürüklüğü), *Fusarium oxysporum* (kök çürüklüğü), *Verticillium dahliae* (solgunluk), *Puccinia menthae* (pas) ve *Alternaria alternata* (yaprak lekesi) gibi fungal patojenler büyük sorun teşkil etmektedir (Rita ve Animesh, 2011; Nitzan ve ark., 2012; Rizk ve ark., 2017). Bu organizmaların neden olduğu hastalık şiddeti bitki organlarına göre değişkenlik göstermektedir. *R. solani*, *F. oxysporum* ve *V. dahliae* nane köklerinde ciddi zarar yapan toprak kaynaklı bitki patojenleridir (Kalra ve ark., 2005; Nasr ve Monazzah, 2011). Bu etmenlerle enfekteli nane bitkilerinde bodurlaşma, yapraklarda sararma, solma ve sürgünlerde ölüm gözlemlenmektedir (Ellialtıoğlu ve ark., 2007; Zimowska, 2007; Muthukumar ve Venkatesh, 2013). Belirtiler nanenin ilk olarak yaprak yüzeyinde başlamakta ve yapraklar içe doğru kıvrılmaktadır. Daha sonra etmen toprak altı organlara geçerek hastalığın ilk evresinde, stolonlarda pembemsi lekeler kahverengiden siyaha dönüşmektedir. Toprakta uzun yıllar kalan hastalık etmenleri, nanenin toprak altı organlarında da gelişip bitki ölümüne sebep olmaktadır. Dolayısıyla uzun süre canlılığını koruyan toprak kaynaklı funguslarla mücadele oldukça zordur (Jain, 1995; Kalra ve ark., 2005; Ellialtıoğlu ve ark., 2007). Nanenin aromatik bitki olarak çok talep görmesinden dolayı hastalıklarla mücadelede çevre dostu ve uygun maliyetli tekniklerin kullanımına yönelim artmaktadır. Bu teknikler arasında yer alan *Trichoderma*, mikoparazitik, antibiyotik üreten ve bitki sistemik direncini arttıran bitki patojenlerine karşı etkili bir biyokontrol ajanıdır (Cumagun, 2012; Akladios ve Abbas, 2014; Demirer-Durak, 2018; Singh ve ark., 2019; Güneş ve ark., 2019; Aydın, 2022). Nane yetiştiriciliğinde *Trichoderma* spp.'nin kullanımı, kimyasal gübrelerle kıyasla hem toprakta sürdürülebilirliği daha etkin hem de bitki patojenlerinde, verim ve kalitede daha başarılıdır (Prasanna ve ark., 2014; Velmourugane ve ark., 2017).

Bu çalışmanın amacı, i) nane bitkisinin gelişiminde önemli sorun olan *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani* toprak kaynaklı hastalıkların şiddetini belirlemek, ii) söz konusu patojenlere karşı *Trichoderma harzianum* ve *Trichoderma virens* biyolojik kontrol uygulamalarının etkinliğini ortaya koymak, iii) *Trichoderma harzianum* ve *Trichoderma virens*'in nane bitkisinin gelişim parametrelerine etkisini belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü laboratuvarı, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak ticari nane (*Mentha piperita* L.) fideleri kullanılmıştır. Çalışmada Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarı kültür stoklarında etkinliği yüksek olarak belirlenen *Trichoderma harzianum* ve *Trichoderma virens* izolatları kullanılmıştır. Çalışma *in vitro* ve *in vivo* olmak üzere iki aşama şeklinde yürütülmüştür.

*In vitro*da *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani* izolasyonu ve teşhisi

Çalışmanın ilk aşamasında sararma ve solgunlukla başlayıp tüm bitkinin kuruması ve köklerde kararma şeklinde belirtiler gösteren 30 adet nane fidesinden örnek alınmıştır. Alınan kök örnekleri öncelikle akan çeşme suyunda yıkanıp hastalıklı dokuyu içeren bitki kısımlarından 0,5–1 cm büyüklüğünde parçalar kesilmiştir. Bitki parçaları steril kabin içerisinde %1'lik NaOCl çözeltisinde 2 dakika bekletilerek yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve 2 kez steril saf su ile durulanarak sterilant uzaklaştırılmıştır. Yüzey sterilizasyonu tamamlandıktan sonra bitki parçaları steril kurutma kağıtları arasında kurutulmaya bırakılmıştır. Örnekler, antibiyotik içeren (Streptomisin Sülfat, 100 g/l) PDA (Patates Dekstrozu Agar) ve su agarı (SA) besiyerlerinin bulunduğu petrilere ekilmiştir. Ekimi yapılan petrilere 24±2°C'de 5-7 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda bitki dokuları etrafında gelişen fungus kolonisinden steril öze yardımıyla parçalar alınmış, PDA ve SA ortamlarına bırakılmış, 5 günlük inkübasyondan sonra ışık

mikroskobunda incelenmişlerdir. *Fusarium* kolonileri tek spor izolasyonu ile, *Rhizoctonia* ise hif ucu izolasyonu ile saflaştırılmışlardır (Alisaac ve Götz 2022). *Fusarium* izolatlarının koloni morfolojisi ve spor özellikleri dikkate alınarak Gerlach ve Nirenberg (1982)'e göre teşhisi yapılmıştır. *Rhizoctonia* izolatlarının ise teşhisi morfolojik ve mikroskobik özellikleri dikkate alınarak Ogoshi (1975)'e göre yapılmıştır. Anastomosis gruplarını belirlemek için kullanılan test izolatları, daha önce moleküler yöntemlerle teşhisleri yapılmış Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı'nda bulunan kültür koleksiyonundan temin edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen izolatlar ile test izolatları PDA'da 25°C'de 7 gün geliştirildikten sonra %1.5'luk SA'da eşleştirilmiştir. Bu amaçla, test izolatu ile bitkiden elde edilen izolattan 5 mm çapında steril mantar delici ile alınan miselyum diskleri 4 cm uzaklıkta karşılıklı olarak yerleştirilmiş, 25°C'de 48-72 saat inkübe edildikten sonra kolonilerin karşılaştıkları hattaki hifler arasında hücre duvarı ve sitoplazmik birleşme durumunun olup olmadığını belirlemek için doğrudan ışıık mikroskobunda incelenmişlerdir (Parmeter ve ark., 1969). Saf kültür olarak elde edilen *Rhizoctonia* ve *Fusarium* izolatları PDA içeren test tüplerde 5°C'de bir sonraki aşama için saklanmışlardır.

In vitro'da ikili kültür testleri

Nane bitkilerinden yapılan izolasyonlar sonucunda elde edilen izolatlar ile *T. harzianum* ve *T. virens* izolatları *in vitro*'da inhibisyon oranı ve antagonizm derecesi yönünden test edilmiştir. PDA'da 7 gün geliştirilen izolatların uçlarından 5 mm çapında fungal disk alınmış ve PDA'lı petrilerin kenarından 10 mm içeriye olacak şekilde karşılıklı olarak bırakılmıştır. Petriler 5 gün inkübasyona bırakıldıktan sonra fungal izolatların koloni büyüme miktarı ölçülerek gelişimi kaydedilmiş ve gelişimlerin antagonist tarafından engellenmesi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Royse ve Ries 1978).

$$RI = (R1 - R2) / R1 \times 100$$

RI : İnhibisyon oranı (%)

R1: Kontrol petrisindeki patojen miselyumun yarı çapı

R2: İkili kültür petrisindeki patojen miselyumun yarı çapı

Her bir izolat eşleştirmesi için 3 petri kullanılmıştır.

İkili kültür tekniği kapsamında antagonizmin derecesini belirlemede kullanılan 1- 5 skala değerleri aşağıda verilmiştir:

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

Bu skalaya göre eğer sonuç ≤ 2 olursa *Trichoderma* izolatu patojene karşı yüksek oranda antagonistik özellik göstermekte, ≥ 3 olursa antagonistik özellik yüksek olmamaktadır (Bell ve ark. 1982).

İklim odası denemeleri

In vivo'da sağlıklı nane fidelerine (üç gerçek yapraklı iken) bir önceki aşamada belirlenen izolatlar uygulanmıştır. PDA ortamında geliştirilen *F. oxysporum* izolatından spor yoğunluğu Thoma lamı kullanılarak 1×10^6 konidi/ml'ye ayarlanmış solüsyon kullanılmıştır. Sıvı solüsyon her bir bitkiye 20 ml olacak şekilde kök bölgelerine içirme yöntemiyle uygulanmıştır (Nam ve ark. 2009). *Rhizoctonia solani* izolatu için ise buğdaya sardırma yöntemi kullanılmıştır. İnokulum ortamı olarak kullanılan buğday taneleri saf su ile nemlendirilip 121°C'de otoklavlanmıştır. PDA'da gelişen izolatlardan alınan misel parçaları steril buğday tanelerine inokule edilmiş ve petriler dört hafta süre ile karanlıkta 25°C'de inkübasyona bırakılmıştır. *R. solani* izolatu ile sardırılmış buğday ortamları her bir saksıya 15 tane gelecek şekilde uygulanmıştır. Kontrol saksılarına ise 15 steril buğday tanesi konulmuştur (Ichilevich-Auster et al. 1985; Botha et al. 2003; Sharon et al. 2007). Nane fidelerinde belirlenen patojenlere karşı *T. harzianum* ve *T. virens* izolatları kullanılmıştır. PDA ortamında geliştirilen *Trichoderma* spp.'nin kolonilerden hemositometre ile 1×10^6 konidi/ml içeren süspansiyon hazırlanmıştır. Hazırlanan *Trichoderma* spp. süspansiyonu her bitki başına 5 ml'lik olarak içirme yöntemi ile fide döneminde uygulanmıştır (Longa ve ark. 2008).

Deneme üç tekrarlamalı olarak, her bir saksıda iki fide olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 kg kapasiteli saksılarda yürütülmüştür. Temel gübreleme olarak 100 mg kg⁻¹ P₂O₅, 150 mg kg⁻¹ K₂O ve 250 mg kg⁻¹ N olacak şekilde sırasıyla Triple Süper Fosfat [Ca(H₂PO₄)₂.H₂O], Potasyum Sülfat (K₂SO₄) ve Amonyum Sülfat [(NH₄)₂SO₄] gübreleri uygulanmıştır. Yetiştirme ortamı olarak bahçe toprağı ve vejetasyon süresi boyunca bitkilerin su ihtiyacı için saf su kullanılmıştır.

Deneme toprağına tekstür Bouyocous hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951) toprak reaksiyonu, Jackson (1958); toplam tuz, Richards (1954); kireç, Allison ve Moodie (1965); organik madde, modifiye edilmiş Walkey Black (Jackson, 1962); fosfor, sodyum bikarbonat (Olsen ve ark., 1954) yöntemine göre belirlenmiştir. Denemede kullanılan toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme toprağı hafif alkali reaksiyonlu, killi-tınlı bünyeli, tuzsuz, orta seviyede kireçli, organik madde ve fosfor içeriğı düşük bulunmuştur.

Çizelge 1. Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Tekstür	pH	EC	Kireç	OM	P
		ds/m	%	%	mg kg ⁻¹
Killi-tın	8,30	0.280	8.24	1.68	2.5

Deneme fide dikimini izleyen sekiz hafta sonra sonlandırılarak bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık parametreleri alınmış, skala dereceleri belirlenmiştir. Bitki boyu, bitkide kök ucundan büyüme ucuna kadar olan bölge cm (±0.5) cinsinden metre ile ölçülmüştür. Farklı uygulamalara ait hasat edilen bitkiler hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiş ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Daha sonra aynı örnekler 65°C etüvde 48 saat süreyle kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları alınarak ortalama değerler belirlenmiştir.

Rhizoctonia solani bulaştırılan bitkiler 0-4 skalasına göre; 0: Sağlıklı fide, 1: Köklerde veya gövdede çok küçük kahverengi yüzeysel lezyonlar, 2: Köklerde veya gövdede derin ve geniş lezyonlar, kök gelişiminde gerileme, 3: Şiddetli kök çürüklüğü, ana kök veya gövdeyi çepeçevre saran derin lezyonlar, kök uzunluğu belirli olarak azalmış, 4: Ölü bitki olarak değerlendirilmiştir (Muyolo ve ark., 1993' den modifiye edilmiştir).

Fusarium oxysporum bulaştırılan bitkiler Kavroulakis ve ark. (2005)'dan uyarlanan 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir. Burada; 0: Sağlıklı fide, 1: Kökte hafif renk değişikliği (Toplam alanın % 10'undan daha az), 2: Koyu renkli leke ve lezyonlar kökün ¼'üne yayılmış, 3: Enfeksiyon toplam kök alanının yarısını kaplamış, ana kökte bariz renk değişikliği, 4: Enfeksiyon kökün ¾'ünü kaplamış, kök boğazında lezyonlar, yapraklarda solgunluk, 5: Enfeksiyon kökün tümüne yayılmış, genç yapraklarda sararma ve ölüm, olarak değerlendirilmiştir.

Skalalara göre yapılan değerlendirme sonrasında Tawsend-Hauberger formülüne göre Hastalık Şiddeti İndeksi hesaplanmıştır; % Hastalık Şiddeti İndeksi= $[\Sigma(SD \times BS)] / (ESD \times TB) \times 100$ SD: Skala değeri BS: Aynı skala değerindeki bitki sayısı ESD: En yüksek skala değeri TB: Toplam bitki sayısı.

Hastalık şiddeti yüzdeleri baz alınarak uygulama gruplarının hastalığı baskılama oranları (BO) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Güneş, 2022).

BO (%) = $[(H\check{S}k - H\check{S}) \div H\check{S}k] \times 100$, H $\check{S}$: Hastalık şiddeti H $\check{S}k$: Pozitif kontrol grubunun hastalık şiddeti değeri

Elde edilen bulguların istatistik analizleri SPSS paket programı kullanılarak varyans analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır. Bu amaçla SPSS (SPSS statistic program, Ver. 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) bilgisayar programı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

*In vitro*da *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani* izolasyonu ve teşhisi

Çalışmada, hastalık belirtileri gösteren 30 adet nane fidesinden alınan örneklerden yapılan izolasyonlardan toplam 13 adet fungal izolat elde edilmiştir. Bu izolatların teşhisleri sonucunda 8 *F. oxysporum*, 5 *R. solani* tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar gösteren başka çalışmalarda da nanenin kök ve gövde kesitlerinde *Fusarium*, *R. solani* ve *Phoma* spp. izolatlarının elde edildiğı ifade edilmiştir. *Fusarium* spp. içerisinde nanede en sık görülenler arasında *F. avenaceum*, *E. equiseti*, *F. culmorum* ve *F. oxysporum*' un yer aldığı bildirilmiştir (Minuto ve ark., 1997; Machowicz-Stefaniak ve ark., 2002; Zimowska, 2007). Bir başka çalışmada ise Hindistan'da nane solgunluğunda *F. oxysporum* önemli bir etmen olarak kabul edilmiştir (Kalra ve ark., 2005). *R. solani* bitki patojeninin de nanede özellikle kök ve rizom bölgelerini kolonize ettiği, bu etmenin

nanede sararma ve nekrozlarla birlikte fide ölümüne neden olduğu belirtilmiştir (Zimowska, 2007; Nitzan ve ark., 2012). Anastomosis grup tespiti için test izolatlarıyla yapılan karşılaştırma sonucunda *R. solani* izolatlarının hepsinin AG-4 olduğu belirlenmiştir. Nitzan ve ark. (2012), İsrail' de nanelerden izole ettikleri *R. solani* izolatlarının AG-1 ve AG-4' e ait olduğunu rapor etmişlerdir.

***In vitro*da ikili kültür testleri**

Bu çalışmada nanede *F. oxysporum* ve *R. solani* toprak kaynaklı patojenlere karşı *Trichoderma* potansiyel bir antagonist olarak kullanılmıştır. *Trichoderma* spp.'nin *R. solani* ve *F. oxysporum* izolatlarına karşı inhibisyon oranları ve antagonizm dereceleri Çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre *T. harzianum*'un *R. solani* izolatlarına karşı göstermiş olduğu inhibisyon oranları % 56.5 ile %82.4 arasında, *T. virens*' in ise % 63 ile % 74.2 arasında değişmektedir. Antagonizm derecelerinin ise 1 olduğu yani kullanılan her iki *Trichoderma* türünün *R. solani* gelişimi üzerinde %100'lük antagonistik bir etki gösterdiği ve gelişimine engel olduğu belirlenmiştir. *T. harzianum*'un *F. oxysporum* izolatlarının inhibisyon oranında ise en yüksek %70.8, en düşük %43.1 olduğu, antagonizm derecesinin 1 ve 2 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. *T. virens*'in ise en yüksek inhibisyon oranı %60.3 iken en düşük oranın %32.7 olduğu ve antagonizm derecesinin 1-3 arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 2). Fungal biyokontrol ajanları arasında *Trichoderma*, toprak kaynaklı fungal patojenlerin kontrolü için en yaygın kullanılan organizmalardan biridir (Harman, 2000). Araştırmacılar, *Trichoderma*'nın yer ve besin için rekabet, hiperparazitizm, antibiyotik üretimi gibi mekanizmalar sayesinde antagonistik etki gösterdiğini bildirmişlerdir (Reddy ve Padmodaya, 1996; Aydın, 2015). *Trichoderma* spp'nin Trichodernin, Tri-chodermol, Harzianum A ve Harzianolide gibi çok sayıda antibiyotik ürettiği bilinmektedir (Dennis ve Webster, 1971; Küçük ve Kivanç, 2004).

Çizelge 2. *Trichoderma* spp.'nin *R. solani* ve *F. oxysporum* izolatlarına karşı inhibisyon oranları ve antagonizm dereceleri

İzolatlar		Biyolojik Kontrol Ajanları		
<i>R. solani</i>	İnhibisyon oranı (%)	<i>T. harzianum</i>	<i>T. virens</i>	
		Antagonizm Derecesi (1-5)	İnhibisyon oranı (%)	Antagonizm Derecesi (1-5)
R1	72	1	68	1
R2	65.3	1	63	1
R3	56.5	1	65	1
R4	70.4	1	72.1	1
R5	82.4	1	74.2	1
<i>F. oxysporum</i>	İnhibisyon oranı (%)	<i>T. harzianum</i>	<i>T. virens</i>	
		Antagonizm Derecesi (1-5)	İnhibisyon oranı (%)	Antagonizm Derecesi (1-5)
Fs1	55.6	1	60.3	1
Fs2	43.1	2	46.3	2
Fs3	48.6	2	32.7	3
Fs4	67.3	1	43.3	2
Fs5	70.8	1	56.3	1
Fs6	62.5	1	56.7	1
Fs7	58.3	1	40.5	2
Fs8	47	2	45	2

İklim odası deneyleri

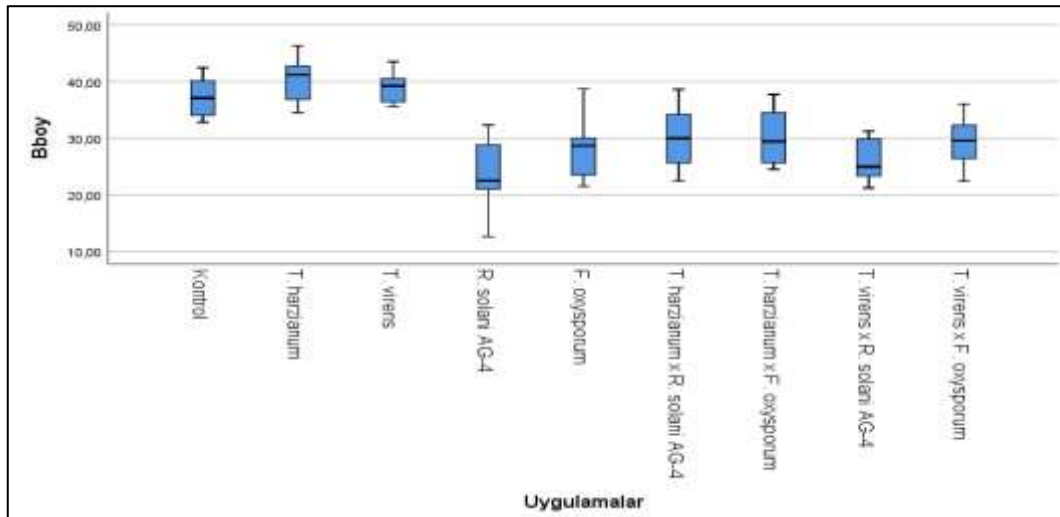
Çalışmanın *in vivo* aşamasında *in vitro*' da inhibisyon oranı ve antagonizm derecesine göre antagonistlerin en etkili olduğu izolatlar (*R. solani* için R5, *F. oxysporum* için Fs5) seçilmiş ve kullanılmıştır. Dolayısıyla çalışma bulgularında her bir uygulamanın ortalama sayısal veri ve değişkenliği göstermek için box-plot veri dağılımı, bazı bitki gelişim parametreleri, söz konusu patojenlerin hastalık şiddeti indeksi ve baskılama oranları belirlenmiştir. Zimowska (2007) çalışmasında hastalık belirtisi gösteren nane bitkisi örneklerinden *Trichoderma* ve *Gliocladium* cinslerine ait türlerin gözlemlendiğini ve bu biyolojik kontrol ajanlarının nanede patojenlere karşı antagonistik etki gösterdiğini bildirmiştir. Nane'de *F. oxysporum* ve *R. solani*' ye karşı *T. harzianum* ve *T. virens* uygulamalarının gelişim parametrelerine etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre; bitki boyu, yaş ağırlık ve kuru ağırlık parametreleri açısından, uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Çizelge 3'te morfolojik gelişim parametreleri değerlendirildiğinde, bitki boyu (40.43 cm), yaş ağırlık (30.51 g) ve kuru ağırlık değeri (5.90 g) en yüksek *T. harzianum* uygulamasında belirlenmiştir. En düşük değerler ise *R. solani*' nin uygulandığı bitki boyu (23.28 cm) ve yaş ağırlık değerinde (15.55 g), *F. oxysporum*' un uygulandığı kuru ağırlık değerinde

(5.90 g) kaydedilmiştir (Çizelge 3). Mucciarelli ve ark., (2003) ise çalışmasında nane bitkisinin morfolojik gelişimi için kullandığı AMF (Arbüsküler Mikorhizal Fungus)'nin bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık parametrelerini kontrole kıyasla sırasıyla %72, %100 ve %100 oranlarında arttırdığını bildirmişlerdir. Çizelge 3'e göre *T. harzianum*'un bitki gelişimi üzerindeki etkinliğinin *T. virens* ve kontrol grubuna göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bitki boyunda aralarındaki fark istatistik olarak önemsiz iken ($p > 0.05$) yaş ve kuru ağırlıkta aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı şekilde patojen + *Trichoderma* spp. kombinasyonlu uygulamalarda da *T. harzianum*'un patojen etkisine rağmen bitki gelişim değerleri *T. virens*'den daha yüksek çıkmış ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 3). Aynı zamanda *R. solani* AG-4'ün *F. oxysporum*'a göre nane gelişimi (kuru ağırlık hariç) üzerindeki olumsuz etkisinin daha fazla olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Kamalakannan ve ark. (2003), *T. viride* ve farklı biyo kontrol bakterileri türlerinin nane sapı ve stolon çürüklüğüne yol açan *R. solani*'nin bitkide zararını azalttığı ve gelişimi teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar gösteren başka çalışmalarda da genel itibarıyla biyo kontrol ajanlarının salgılamış oldukları antibiyotik ve toksinler sayesinde nanede toprak kaynaklı patojenlerin misel gelişimini azalttığı ve bitkiye olumlu katkıları olduğu belirtilmektedir (Roberts ve ark., 2005; Grosch ve ark., 2006; Rojo ve ark., 2007; Rizk ve ark., 2017). Mahmoudzadeh ve ark., (2016) çalışmasında, bitki gelişimini teşvik eden rizobakterlerin ve AMF uygulamalarının nane bitkisinin morfolojik özelliklerini (sürgün boyu, sürgün çapı, yaş ve kuru ağırlık) ve besin elementlerini arttırdığını ifade etmişlerdir. Çizelge 3'te belirtilen parametre uygulamalarının ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımı Şekil 3.1 (bitki boyu), Şekil 3.2 (yaş ağırlık) ve Şekil 3.3'te (kuru ağırlık) verilmiştir. *T. harzianum* ile *T. virens*'in *R. solani* ve *F. oxysporum* stres faktörlerinde veri dağılımına etkisi box-plot grafiğinde görsel olarak belirtilmiştir. Bitki boyunun ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum*'daki ortalamanın tüm parametrelerde en yüksek, *R. solani*'nin en düşük çıktığı ve *T. harzianum* + patojen uygulamaları veri dağılımının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.1). Bitki boyu veri dağılımının 10.00- 50.00 cm arasında toplandığı görülmüştür (Şekil 3.1).

Çizelge 3. Nanede *F. oxysporum* ve *R. solani* patojenlerine karşı *T. harzianum* ve *T. virens* uygulamalarının bitki boyu (cm), yaş ağırlık (g) ve kuru ağırlık (g) parametrelerine etkisi

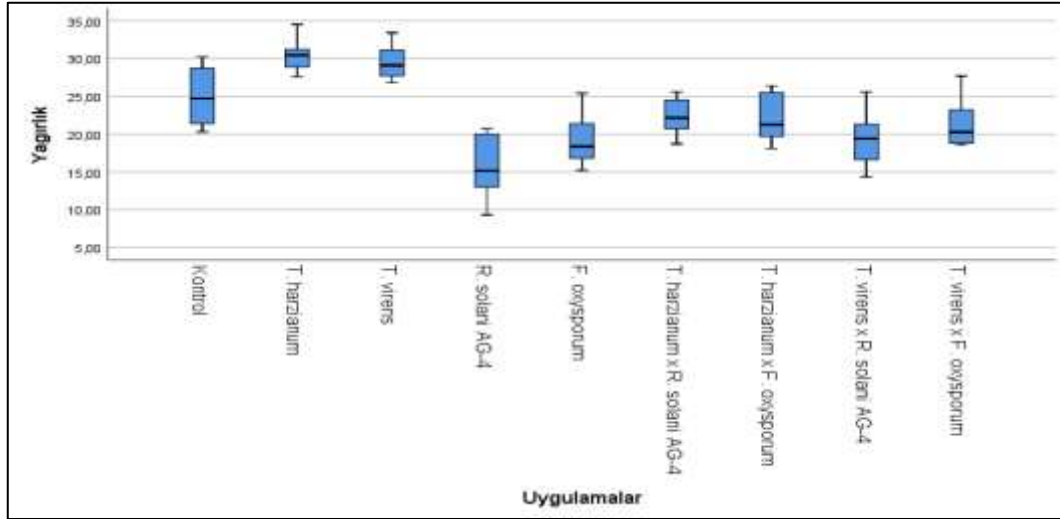
Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
	$\bar{X} \pm S.S$	$\bar{X} \pm S.S$	$\bar{X} \pm S.S$
Kontrol	37.23 $\pm$ 3.72 ^{a*}	25.00 $\pm$ 4.36 ^b	4.83 $\pm$ 0.87 ^b
<i>T. harzianum</i>	40.43$\pm$4.28^a	30.51$\pm$2.34^a	5.90$\pm$0.59^a
<i>T. virens</i>	39.06 $\pm$ 2.86 ^a	29.53 $\pm$ 2.50 ^a	5.61 $\pm$ 0.72 ^{ab}
<i>R. solani</i>	23.28$\pm$6.81^{bc}	15.55$\pm$4.29^d	3.18 $\pm$ 0.79 ^c
<i>F. oxysporum</i>	28.50 $\pm$ 6.02 ^{bc}	19.25 $\pm$ 3.75 ^{cd}	2.83$\pm$0.46^c
<i>T. harzianum</i> x <i>R. solani</i>	30.11 $\pm$ 5.80 ^b	22.30 $\pm$ 2.50 ^{bc}	2.98 $\pm$ 0.52 ^c
<i>T. harzianum</i> x <i>F. oxysporum</i>	30.18 $\pm$ 5.10 ^b	22.03 $\pm$ 3.26 ^{bc}	3.41 $\pm$ 0.96 ^c
<i>T. virens</i> x <i>R. solani</i>	25.90 $\pm$ 3.89 ^{bc}	19.43 $\pm$ 3.92 ^{cd}	3.10 $\pm$ 0.90 ^c
<i>T. virens</i> x <i>F. oxysporum</i>	29.36 $\pm$ 4.85 ^{bc}	21.45 $\pm$ 3.49 ^{bc}	3.13 $\pm$ 0.47 ^c
<i>p</i> _{uygulama}	<i>p</i> ^{0.000}	<i>p</i> ^{0.000}	<i>p</i> ^{0.000}

*: Aynı harfle işaretlenen uygulama grupları arasındaki fark $p < 0.05$ 'e göre önemsizdir. Pⁿ: Önem seviyesini gösteren P değeri



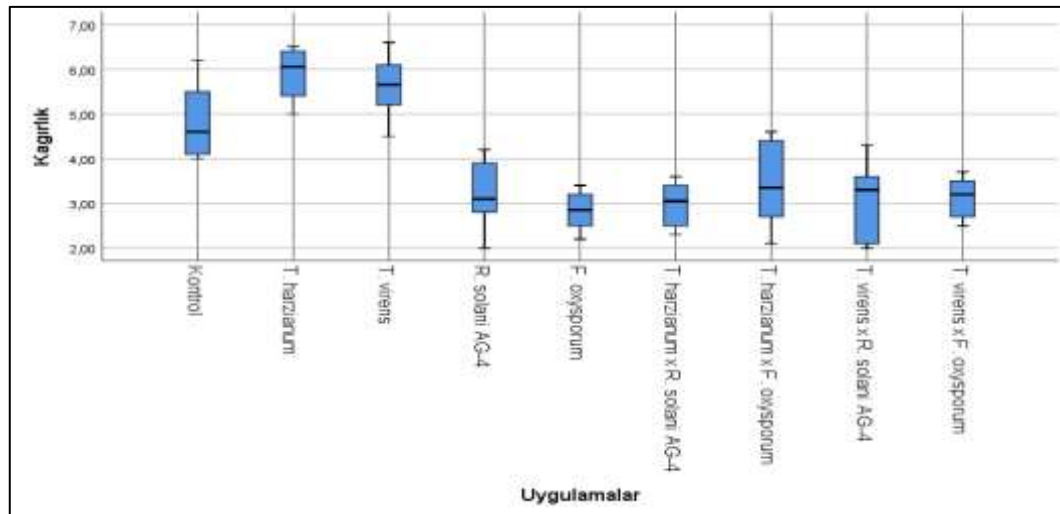
Şekil 3.1. Bitki boyu için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

Yaş ağırlığın ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum* ve *T. virens* ortalamalarının tüm parametrelerde en yüksek, *R. solani*'nin en düşük çıktığı ve bitki boyunda da olduğu gibi *T. harzianum* + patojen uygulamaları veri dağılımının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.2). Aynı zamanda *T. virens* + *F. oxysporum* kombinasyonlu uygulama veri dağılımı *T. virens* + *R. solani* interaksiyon değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yaş ağırlık için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

Kuru ağırlığın ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum* ortalamasının tüm parametrelerde en yüksek, *F. oxysporum*'un ise en düşük çıktığı ve *Trichoderma* spp. + hastalık interaksiyonlu uygulamaları veri dağılımının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.3). Kuru ağırlık veri dağılımının 2.00 -7.00 gr arasında toplandığı belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kuru ağırlık için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

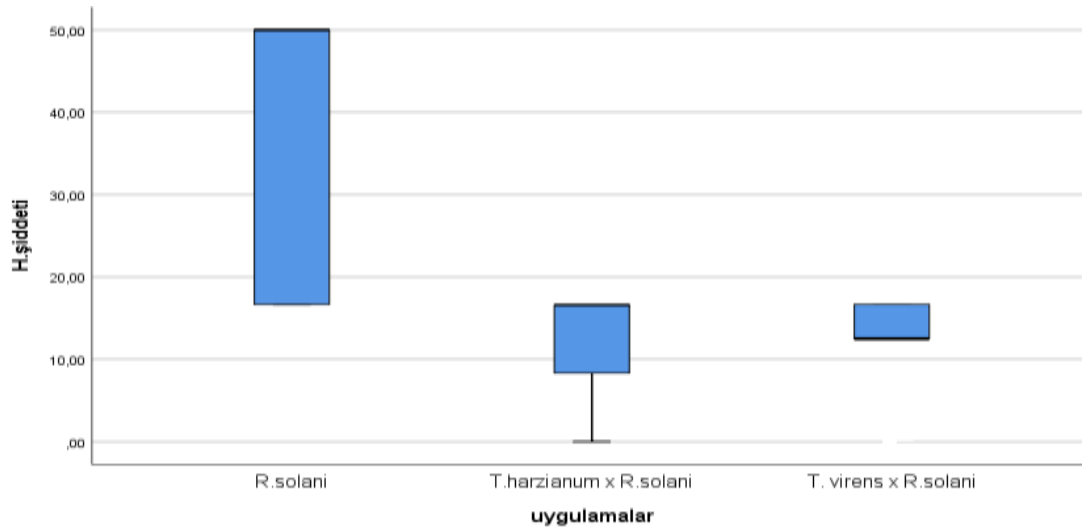
Nanede *T. harzianum*, *T. virens* uygulamalarının *R. solani* (0-4) skalasına ve hastalığı baskılama oranına etkisi Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'te 0-4 skalasının uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Skalaya göre en yüksek hastalık şiddeti *R. solani* (% 38.88), en düşük hastalık şiddeti *T. virens* x *R. solani* AG-4 (%11.80) uygulamasında elde edildiği ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4). Nane bitkilerinde *R. solani* 'den kaynaklanan hastalık şiddetinin baskılama oranları da *T. harzianum* ve *T. virens* uygulama gruplarında belirlenmiştir (Çizelge 4). Skalanın baskılama oranları incelendiğinde, *T. virens* x *R. solani* uygulamasında %70 ile en yüksek değerdedir. *T. virens*'in *R. solani* AG-4 patojenini baskılama oranı *T. harzianum*'a göre % 2 daha fazladır. Ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Konu ile ilgili yapılan bir başka çalışmada da *Trichoderma viride* izolatu ve bazı biyokontrol bakterilerin nanede *R. solani*'nin misel gelişimini önemli derecede baskıladığı bildirilmiştir. Kullanılan biyokontrol ajanlarının patojene karşı antagonistik etki göstermesinin yanı sıra fenil propanoidde yer alan savunma mekanizmalarını aktifleştirdiği

belirtilmektedir. *T. harzianum* ve *G. virens* biyoajanların *R. solani* gelişimini sırasıyla %30.23 ve %26 oranında baskıladığı bildirilmiştir (Rizk ve ark., 2017). Çizelge 4'te belirtilen parametre uygulamalarının ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımı Şekil 3.4'te (*R. solani*'nin hastalık şiddeti) verilmiştir. *T. harzianum* ile *T. virens*'in *R. solani* patojenini veri dağılımına etkisi box-plot grafiğinde görsel olarak belirtilmiştir (Şekil 3.4). Hastalık şiddeti ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum* ve *T. virens*'in kontrole kıyasla ortalamaları önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir (Şekil 3.4). Bunun yanı sıra *T. harzianum* x *R. solani* uygulama ortalamalarının *T. virens* x *R. solani*'ten daha düşük çıktığı belirlenmiştir. (Şekil 3.4).

Çizelge 4. Nanede *T. harzianum* ve *T. virens* uygulamalarının *R. solani* (0-4) skalasına göre hastalık şiddeti indeksi (%) ve hastalığı baskılama oranına (%) etkisi

Uygulamalar	Hastalık Şiddeti (%) [*]	Baskılama Oranı (%)
	$\bar{X} \pm S.S$	
<i>R. solani</i>	38.88±17.21 ^{a**}	-
<i>T. harzianum</i> x <i>R. solani</i>	12.45±6.94 ^b	68
<i>T. virens</i> x <i>R. solani</i>	11.80±6.13 ^b	70
p _{uygulama}	p ^{0.003}	

*: Aynı harfle işaretlenen uygulama grupları arasındaki fark p<0.05'e göre önemsizdir. *: *R. solani* 0-4 skalasına göre hastalık şiddeti oranları hesaplanmıştır. Pⁿ: Önem seviyesini gösteren P değeri.



Şekil 3.4. *R. solani* hastalık şiddeti indeksi (%) için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

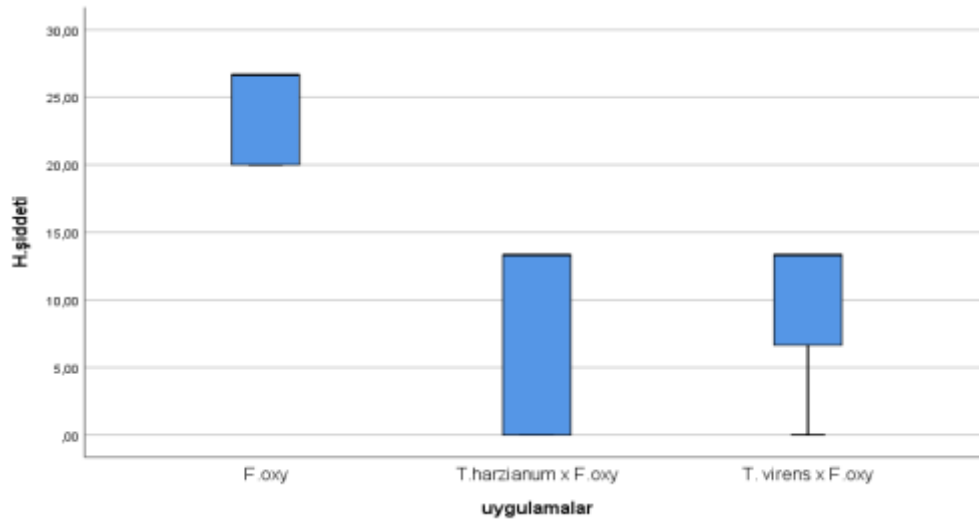
Nanede *T. harzianum*, *T. virens* uygulamalarının *F. oxysporum* (0-5) skalasına ve hastalığı baskılama oranına etkisi Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5'te 0-5 skalasının kontrol (*F. oxysporum*) ve *Trichoderma* spp. uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Hastalık şiddeti indeksine (%) göre en yüksek oranın *F. oxysporum* (%24.44), en düşük hastalık şiddeti *T. harzianum* x *F. oxysporum* (%8.88) uygulamasında elde edildiği ve aralarındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.05) (Çizelge 5). Benzer sonuçlar gösteren bir başka çalışmada ise nanede *Puccinia menthae*, *Alternaria*, *Epicoccum*, *Sphaceloma menthae*, *Fusarium* spp. etmenlerinin gözlemlendiği ve bunların yaklaşık %60 oranında hastalık şiddeti oluşturduğu bildirilmiştir (Szczeponek ve Mazur, 2006). Nane bitkisinde hastalık şiddetinin (*F. oxysporum*) baskılanma oranları *T. harzianum* ve *T. virens* uygulama gruplarında belirlenmiştir (Çizelge 5). Skalanın (0-5) baskılama oranları incelendiğinde, *T. harzianum* x *F. oxysporum* uygulaması %63 ile en yüksek değerdedir. *T. harzianum*'un *F. oxysporum* patojenini baskılama oranı *T. virens*'e göre % 4 daha fazladır. Ancak aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Rizk ve ark. (2017) nanede hastalık şiddetinin bitki-patojen türüne göre değişkenlik gösterdiği mevcut çalışma sonucunun aksine *F. oxysporum* hastalık şiddetinin *R. solani*'ye göre daha yüksek çıktığı bildirilmiştir. Ayrıca kullanılan *T. harzianum* biyoajanın diğer ajanlara (*Gliocladium virens*, *T. hamatum* ve *B. subtilis*11) göre *F. oxysporum* gelişimini %70 oranında baskıladığı ifade edilmiş ve mevcut çalışma sonuçlarımızla benzerlik göstermiştir (Rizk ve ark., 2017). *Trichoderma*'nın mikoparazitik özelliği ile oluşan kança, appresorium ve papilla gibi özel yapılarla patojen (*R. solani*) miselyumunun gelişimine engel olduğu bildirilmiştir (Lu ve ark., 2004; Zhu ve ark., 2004).

Çizelge 5. Nanede *T. harzianum* ve *T. virens* uygulamalarının *F. oxysporum* (0-5) skalasına göre hastalık şiddeti indeksi (%) ve hastalığı baskılama oranına (%) etkisi

Uygulamalar	Hastalık Şiddeti (%) [*]	Baskılama Oranı (%)
	$\bar{X} \pm S.S$	
<i>F. oxysporum</i>	24.44±3.43 ^{a*}	-
<i>T. harzianum</i> x <i>F. oxysporum</i>	8.88±6.88 ^b	63
<i>T. virens</i> x <i>F. oxysporum</i>	9.99±5.57 ^b	59
p _{uygulama}	p ^{0.000}	

*: Aynı harfle işaretlenen uygulama grupları arasındaki fark p<0.05'e göre önemsizdir. *: *F. oxysporum* 0-5 skalasına göre hastalık şiddeti oranları hesaplanmıştır. Pⁿ: Önem seviyesini gösteren P değeri

Çizelge 5'te belirtilen parametre uygulamalarının ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımı Şekil 3.5'te (*F. oxysporum*'un hastalık şiddeti) verilmiştir. *T. harzianum* ile *T. virens*'in *F. oxysporum* patojenin veri dağılımına etkisi box-plot grafiğinde görsel olarak belirtilmiştir (Şekil 3.5). Hastalık şiddeti ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum* ve *T. virens*'in kontrole kıyasla ortalamaları önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra *T. harzianum* x *F. oxysporum* uygulama ortalamalarının %15'den yüksek olmadığı ve *T. virens* x *F. oxysporum*'dan daha düşük çıktığı saptanmıştır (Şekil 3.5). Dolayısıyla *T. harzianum*'un nanede *F. oxysporum* hastalık şiddetini düşürmede etkisinin *T. virens*'ten daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5. F.oxysporum hastalık şiddeti indeksi (%) için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

Sonuç

Ülkemizde nane bitkisinin özellikle esansiyel yağ olarak kullanılması ve yetiştiriciliğinde sorun teşkil eden fungal hastalıklara karşı önlemlerin sınırlı sayıda olduğu bilinmektedir. Özellikle fide gelişiminde *F. oxysporum* ve *R. solani* AG-4 hastalıklarının neden olduğu hasar ve buna karşı *T. harzianum* ve *T. virens* biyolojik kontrol ajanlarının etkinliği ilk kez bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

F. oxysporum ve *R. solani* nane yetiştiriciliğinde önemli kayıplara neden olabilecek ekonomik açıdan önemli etmenlerdir. Nananın birçok uygulama alanında (esansiyel yağ, koku vb.) kullanımı önemli olduğundan, söz konusu patojenlere karşı kimyasal ilaç kullanımı kalite ve verimi düşürmektedir. Dolayısıyla bu etmenlere karşı *Trichoderma* spp. gibi ekolojik ve çevre dostu sürdürülebilir tarım yöntemleri kullanımının yaygınlaşması önerilmektedir. Doğal kaynakların çevre kirliliği ve artan nüfustan dolayı baskı altında olduğu günümüz koşullarında bitkilerde sorun olan patojenler ile biyolojik mücadele giderek daha çok önem kazanmaktadır. Bu çalışma ile nanede fungal hastalıklara karşı mücadelede kullanılan *Trichoderma*, yeni yaklaşımlara da dikkat çekecektir.

Kaynaklar

Akladios SA, Abbas SM, 2014. Application of *Trichoderma harzianum* T22 as a biofertilizer potential in maize growth. J. Plant Nutr. 37(1): 30-49.

- Alisaac E, Götz M, 2022. First report of *Gibellulopsis nigrescens* on peppermint in Germany. JPDP. 129(1): 207-209.
- Allison L E, Moodie C D, 1965. Carbonate in: CA Black et. al. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy: Am. Soc. of Agron., Inc., Madison Wisconsin, USA, pp. 1379-1400.
- Aydın MH, 2015. Bitki Fungal Hastalıklarıyla Biyolojik Savaşta *Trichoderma*'lar. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 2:2, 135-148.
- Aydın MH, 2022. *Rhizoctonia solani* and Its Biological Control. Turk J. Agr Res. 9 (1):118-135.
- Bell DK, Wells DH, Markham CR, 1982. In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. Phytopathology, 72, 379-382.
- Botha A, Denman S, Lamprecht SC, Mazzola M, Crous PW, 2003. Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* isolates associated with black root rot of strawberries in the Western Cape Province, South Africa. Australasian. Plant Pathol. 35: 195-201.
- Bouyoucos GD, 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soil. Agronomy J. 43: 434-438.
- Canpolat S, Tülek S, 2019. Determination of fungal diseases of leafy vegetables in Middle Anatolia Region. Bitki Koruma Bülteni. 59(3): 39-46.
- Cumagun CJR, 2012. Managing Plant Diseases And Promoting Sustainability And Productivity With *Trichoderma*: The Philippine Experience. J. Agric. Sci. Technol. 14: 699-714.
- Demirer-Durak E, 2018. Anastomosis groups, pathogenicity and biological control of *Rhizoctonia* species isolated from pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in Lake Van Basin. Fresenius Environ. Bull. 27(6): 4198-4205.
- Dennis C, Webster J, 1971. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: II. Production of volatile antibiotics. Trans. Br. Mycol. Soc. 57(1): 41-IN4.
- Güneş H, Durak ED, Yeşilova A, Demir S, 2019. Bazı *Trichoderma* Türlerinin Isırgan Otunun (*Urtica dioica* L.) Çimlenme Oranına Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29(4): 662-668.
- Güneş H, 2022. Tuz stresi altında yetiştirilen biber (*Capsicum annuum* L.)'de arbusküler mikorhizal fungus (amf) ve biyoçarın *Verticillium dahliae* Kleb.'ye ve bitki gelişimine etkisi. Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Grosch R, Scherwinski K, Lottmann J, Berg G. 2006. Fungal antagonists of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*: selection, control efficacy and influence on the indigenous microbial community. Mycological research. 110(12): 1464-1474.
- Harman GE, 2000. Myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Dis. 84(4): 377-393.
- Ichielevich- Auster M, Sneh B, Koltin Y. Barash, I., 1985. Pathogenicity, host specificity and anastomosis groups of *Rhizoctonia* spp. isolated from soils in Israel. Phytoparasitica. 13: 103-112.
- Jackson M, 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs., New York, U.S.A., 183-187.
- Jain NK, 1995. Disease management of aromatic plants. Adv Horticult Sci. 11, 271-281.
- Ellialtıoğlu Ş, Sevgör Ş, Sezik E, 2007. Şanlıurfa'da Nane Tarımının Geliştirilmesi Üzerinde Çalışmalar. Şanlıurfa GAP GİDEM Bilgilendirme Toplantısı, 30 Mart 2007, Seminer Notları
- Kalra A, Singh HB, Pandey R, Samad A, Patra NK, Kumar S, 2005. Diseases in mint: causal organisms, distribution, and control measures. J. Herbs Spices Med. Plants, 11(1-2): 71-91.
- Kamalakkannan A, Mohan L, Kavitha K, Harish S, Radjagopalan R, Nakkeeran S, Angayarkanni T, 2003. Enhancing resistance to stem and stolon rot of peppermint (*Mentha piperita* Lin.) using biocontrol agents. Acta Phytopathol. Entomol. Hung. 38(3-4): 293-305.
- Kavroulakis N, Ehaliotis C, Ntougias S, Zervakis GI, Papadopoulou KK, 2005. Local and systemic resistance against fungal pathogens of tomato plants elicited by a compost derived from agricultural residues, physiological and molecular. Plant Pathol. 66: 163-174.
- Küçük Ç, Kivanç M, 2004. In vitro antifungal activity of strains of *Trichoderma harzianum*. Turk. J. Biol. 28(2): 111-115.
- Longa CMO, Pertot I, Tosi S, 2008. Ecophysiological requirements and survival of a *Trichoderma atroviride* isolate with biocontrol potential. J. Basic Microbiol. 48: 269- 277.
- Lu Z, Tombolini R, Woo S, Zeilinger S, Lorito M, Jansson JK, 2004. In vivo study of *Trichoderma*-pathogen-plant interactions, using constitutive and inducible green fluorescent protein reporter systems. Appl. Environ. Microbiol. 70(5): 3073-3081.

- Machowicz-Stefaniak Z, Zimowska B, Zalewska E, 2002. Grzyby zasiedlające różne organy tymianku właściwego *Thymus vulgaris* L. uprawianego na Lubelszczyźnie [Fungi colonizing various organs of thyme *Thymus vulgaris* L. cultivated in the region of Lublin]. *Acta Agrobot.* 55(1): 185-197.
- Mahmoudzadeh M, Sadaghiani MR, Lajayer HA, 2016. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on growth characteristics and concentration of macronutrients in peppermint (*Mentha piperita* L.) under greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture.* 6(24).
- Minuto A, Minuto G, Migheli Q, Mocioni M, Gullino M L, 1997. Effect of antagonistic *Fusarium* spp. and of different commercial biofungicide formulations on *Fusarium* wilt of basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Crop Prot.* 16(8): 765-769.
- Muyolo NG, Lipps PE, Schmitthenner AF, 1993. Reactions of dry bean, lima bean, and soybean cultivars to *Rhizoctonia* root and hypocotyl rot and web blight. *Plant Dis.* 77: 234-238.
- Nam MH, Park MS, Kim HG, Yoo SJ, 2009. Biological control of strawberry *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* using *Bacillus velezensis* BS87 and RK1 formulation. *J. Microbiol. Biotechnol.* 19(5): 520-524.
- Nasr EM, Monazzah M, 2011. Identification and assessment of fungal diseases of major medicinal plants. *J. Ornament. Hort.* 1(3): 137-145.
- Nitzan N, Chaimovitch D, Davidovitch-Rekanati R, Sharon M, Dudai N. 2012. *Rhizoctonia* web blight—A new disease on mint in Israel. *Plant Dis.* 96(3): 370-378.
- Olsen SR, Cole CV, Watanable FS, Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dept. of Agric. Cir. 939-941, Washington D. C. ABD.
- Prasanna R, Triveni S, Bidyarani N, Babu S, Yadav K, Adak A, Saxena AK, 2014. Evaluating the efficacy of cyanobacterial formulations and biofilmed inoculants for leguminous crops. *Arch. Agron. Soil Sci.* 60(3): 349-366.
- Reddy HR, Padmodaya B, 1996. *Bovine Remedy*. Downto Earth, 5(9): 54.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Agric. Handbook 60. Washington, D. C.
- Rita P, Animesh DK, 2011. An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). *Int. Res. J. Pharm.* 2(8): 1-10.
- Rizk I M, Mousa IE, Ammar MM, Abd-ElMaksoud I, 2017. Biological Control of *Fusarium oxysporum* and *Verticillium dahliae* By *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium virens* of Two Mint Species. *Appl. Biotechnol. Rep.* 3(2): 24-36.
- Roberts DP, Lohrke SM, Meyer SL, Buyer JS, Bowers JH, Baker CJ, Chung S, 2005. Biocontrol agents applied individually and in combination for suppression of soilborne diseases of cucumber. *Crop Protection.* 24(2): 141-155.
- Rojo FG, Reynoso MM, Ferez M, Chulze SN, Torres AM, 2007. Biological control by *Trichoderma* species of *Fusarium solani* causing peanut brown root rot under field conditions. *J. Crop Prot.* 26(4): 549-555.
- Singh S, Tripathi A, Maji D, Awasthi A, Vajpayee P, Kalra A, 2019. Evaluating the potential of combined inoculation of *Trichoderma harzianum* and *Brevibacterium halotolerans* for increased growth and oil yield in *Mentha arvensis* under greenhouse and field conditions. *Ind Crops Prod.* 131: 173-181.
- Sharon M, Freeman S, Kuninaga S, Sneha B, 2007. Genetic diversity, anastomosis groups and virulence of *Rhizoctonia* spp. from strawberry. *Eur. J. Plant Pathol.* 117: 247-265.
- Soliman SA, Hafez EE, Al-Kolaibe AM, Abdel Razik ESS, Abd-Elatif S, Ibrahim AA, Elshafie HS, 2022. Biochemical Characterization, Antifungal Activity, and Relative Gene Expression of Two *Mentha* Essential Oils Controlling *Fusarium oxysporum*, the Causal Agent of *Lycopersicon esculentum* Root Rot. *Plants.* 11(2): 189.
- Szczeponek A, Mazur S, 2006. Occurrence of fungal diseases on lemon balm (*Melissa officinalis* L.) and peppermint (*Mentha x piperita* L.) in the region of Malopolska. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 71(3): 1109-1118.
- Telci I, Demirtaş I, Bayram E, Arabacı O, Kacar O, 2010. Environmental variation on aroma components of pulegone/ piperitone rich spearmint (*Mentha spicata* L.). *Ind Crops Prod.* 32 (3): 588-592.
- Tucker AO, Nazcı RFC, 2007. *Mentha*: An Overview of Its Classification and Relationships. In Lawrence BM (editor). *Mint: Genus Mentha*. Boca Raton FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis, pp. 3-39.
- Velmourougane K, Prasanna R, Saxena AK, 2017. Agriculturally important microbial biofilms: present status and future prospects. *J. Basic Microbiol.* 57(7): 548-573.

- Yasak S, Telci İ, 2019. Isparta Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Spearmint Grubu Nane Klon ve Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi. 14(2): 270- 275.
- Yılmaz D, Taşkaya G, 2022. Nane (Mentha) Bitkisinin Mekanik Hasadı İçin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi, 4(1): 1-6.
- Yılmaz K, Telci I, 2022. Yield and oil composition of peppermint cultivars grown in the Isparta climate of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 46(2): 234-244.
- Zhu TH, Xing XP, Sun SD, 2004. The antagonism mechanisms and diseases control trials of Trichoderma strain T97 against several plant fungal pathogens in greenhouse. Acta. Phys. Sin. 31(2): 139-144.
- Zimowska B, 2004. Biotic effect of phyllospheric fungi on the growth and development of Seimatosporium hypericinum (Ces.) Sutton. Electron. J. Pol. Agric. Univ., Ser. Horticultura, 7(2).
- Zimowska BEATA, 2007. Fungi colonizing and damaging different parts of peppermint (Mentha piperita L.) cultivated in south-eastern Poland. Herba Pol. 53(4): 97-105.