

## Bazı Gübre ve Fungisitlerin *Trichoderma* Türlerinin Büyümesine Etkisinin *in vitro* Koşullarda İncelenmesi

Derya MARAL GÜL<sup>1\*</sup> 

Rengin ELTEM<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Bornova-İzmir/TÜRKİYE

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, Bornova-İzmir/TÜRKİYE

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6540-639X>,

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-0642-7676>

\* Corresponding author (Sorumlu yazar): [deryamaralgul@gmail.com](mailto:deryamaralgul@gmail.com)

Received (Geliş tarihi): 29.03.2022

Accepted (Kabul tarihi): 04.11.2022

**ÖZ:** Sürdürülebilir tarım hedefleri doğrultusunda bitki büyümesini destekleyici mikroorganizma özelliğine sahip *Trichoderma* türleri ile kimyasal yöntemlerin birlikte kullanılması amaçlanmaktadır. Ancak bu hedefe ulaşılabilmesi için kullanılan gübre ve fungisitler ile *Trichoderma* türlerinin birbirine uyumluluklarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, geleneksel tarımda sıklıkla kullanılmakta olan 15-30-15 + TE, 18-18-18 + TE, 16-8-24 + 2MgO + TE ve 16-18-19 + TE gibi inorganik gübrelerin ve 25 g Fludioxonil + 10 g Metalaxyl-M, 360 g/l Hymexazol, %53,8 Bakır hidroksit + Tetrasodium pyrophosphate ve 250 g/l Azoxystrobin gibi fungisitlerin bitki büyümesini teşvik eden mikroorganizma özelliklerine sahip *Trichoderma atroviride* (n:5), *Trichoderma citrinoviride* (n:6) ve *Trichoderma harzianum* (n:2) suşlarının büyümesine etkilerinin *in vitro* koşullarda incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, gübre ve fungisitlerin 100 L su ile birlikte kullanımı önerilen maksimum dozlarının *Trichoderma* suşlarının koloni büyümesi ve konidiospor oluşumları üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada, kullanılan inorganik gübrelerin *Trichoderma* türlerinin koloni büyümesi üzerinde inhibisyon etkisi olmadığı ancak konidiospor oluşumlarını azalttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, tüm *Trichoderma* türlerinin NPK türü gübreler ile birlikte kullanımlarının uygun olduğu gösterilmiştir. Fungisitlerin *Trichoderma* türlerine karşı en yüksek büyüme inhibisyonu oluşturan en düşük büyüme inhibisyonu oluşturana doğru sıralaması %53,8 Bakır hidroksit + Tetrasodium pyrophosphate, 25 g Fludioxonil + 10 g Metalaxyl-M, 360 g/l Hymexazol ve 250 g/l Azoxystrobin şeklindedir. *T. citrinoviride* suşları fungisitler ile birlikte kullanıma en uyumlu suşlar olarak belirlenmiştir. Ayrıca, *Trichoderma* türlerinin fungisitlerden etkilenme derecelerinin farklı olduğu hatta aynı türe ait suşların bile farklı büyüme inhibisyonu gösterebildiği saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** *Trichoderma atroviride*, *T. citrinoviride*, *T. harzianum*, gübre, fungisit, uyumluluk, entegre hastalık mücadelesi, PGPM.

### *In vitro* Investigation of the Effects of Some Fertilizers and Fungicides on the Growth of *Trichoderma* Species

**ABSTRACT:** In line with sustainable agriculture goals, it is aimed to use chemical methods together with *Trichoderma* species, which has plant growth promoting microorganism properties. However, to achieve this goal, it is necessary to determine the compatibility of the fertilizers and fungicides used with *Trichoderma* species. In this study, we aimed to examine the effects of inorganic fertilizers like 15-30-15 + TE, 18-18-18 + TE, 16-8-24 + 2MgO + TE, 16-18-19 + TE, and the fungicides like 25 g Fludioxonil + 10 g Metalaxyl-M, 360 g/l Hymexazol, 53,8% Copper hydroxide + Tetrasodium pyrophosphate and 250 g/l Azoxystrobin which are frequently used in traditional agriculture, against the *in vitro* growth of *Trichoderma atroviride* (n:5), *T. citrinoviride* (n:6) and *T. harzianum* (n:2) which have plant growth promoting microorganism properties. For this purpose, the effects of the recommended maximum doses of fertilizers and fungicides with 100 L water on the colony growth and conidiospore formation of *Trichoderma* strains were investigated. In the study, it was determined that the inorganic fertilizers used did not have

an inhibition effect on the colony growth of *Trichoderma* species, but reduced the formation of conidiospores. As a result, it has been shown that all *Trichoderma* species are compatible for use with NPK type fertilizers. Fungicides on *Trichoderma* species from highest to lowest growth inhibition are respectively 53,8% Copper hydroxide + Tetrasodium pyrophosphate, 25 g Fludioxonil + 10 g Metalaxyl-M, 360 g/l Hymexazol and 250 g/l Azoxystrobin. *T. citrinoviride* strains were determined as the most compatible strains for use with fungicides. In addition, it has been determined that *Trichoderma* species have different degrees of exposure to fungicides, and even strains belonging to the same species can show different growth inhibition.

**Keywords:** *Trichoderma atroviride*, *T. citrinoviride*, *T. harzianum*, fertilizer, fungicide, compatibility, integrated disease management, PGPM.

## GİRİŞ

Ekstansif tarımda gelişigüzel kimyasal kullanımı toprak kalitesinin düşmesine, insan sağlığına ve çevreye karşı negatif etkilere, patojenlerin direnç oluşturmalarına ve hedef olmayan organizmaların da riske girmesine neden olmaktadır. Bunun yanında, aşırı pestisit ve sentetik gübre kullanımı canlı organizmaları yüksek toksisiteye maruz bırakmaktadır (Ören ve ark., 2009; Zin ve Badaluddin, 2020; Bhandari ve ark., 2021; Kotan ve Tozlu, 2021). Sürdürülebilir tarım, insan ve hayvan yaşamının kalitesi ve minimum üretim maliyeti göz önünde bulundurularak tüm tarımda başarıyı hedefleyen çevreye duyarlı bütünsel bir perspektiftir. Bu nedenle, sürdürülebilir tarımı benimseme adına öncelikle kimyasal kullanımı minimize edilmeli ve organik gübre ve pestisitlere önem verilmelidir (Bhandari ve ark., 2021).

Bitki büyümesini teşvik eden mikroorganizmalar (Plant Growth Promoting Microorganisms, PGPM) olarak adlandırılan, rizosferde yer alan fungal ve bakteriyal komünitenin en önemli üyelerinden birisi de *Trichoderma* genusudur (Lopes ve ark., 2021). Biyogübre, biyokontrol ajanı ve biyoremediasyon ajanı olarak farklı şekillerde kullanılabilen *Trichoderma* türleri sürdürülebilir tarımın hedeflerini sağlamak için uygun mikrobiyal etmenlerdir (Bhandari ve ark., 2021). Funguslar, virüsler, nematodlar ve bakteriler gibi çeşitli bitki patojenlerini kontrol etmede kullanılmaktadırlar. Uygulama sonrası toprakta ve bitkiler üzerinde uzun süre varlıklarını koruyabildikleri için daha uzun aralıklarla uygulanmaktadırlar. Ayrıca, bitki büyümesini ve verimini arttırmaktadırlar. Kimyasal pestisitlerin kalıntıları, toprakta uzun süre kalarak ekosisteme zarar vermekte ve bitkilere toksisite göstermektedir. Buna karşılık, *Trichoderma*

türleri topraktaki toksik bileşenleri azaltmakta ya da parçalamaktadırlar. Kimyasal NPK gübrelerinin kullanımını azaltmakta, mikronutrientlerin alımını arttırmakta ve fosfatın çözünmesini sağlamaktadırlar. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda *Trichoderma* türlerinin kimyasal gübre ve pestisitlerin alternatifi olabileceği görülmektedir (Bhandari ve ark., 2021).

Bununla birlikte, toprak kaynaklı bitki patojenlerinin tek bir kontrol yöntemi kullanılarak kontrol edilmesi oldukça zordur. Bu nedenle, biyolojik mücadele etmenleri ile fungusitlerin birlikte kullanıldıkları entegre hastalık yönetimi çeşitli toprak kaynaklı patojenlerin neden olduğu hastalıkların kontrolünde dikkat çeken bir yaklaşımdır (Tapwal ve ark., 2012; Aydın ve Turhan, 2013; Khirallah ve ark., 2016; Shashikumar ve ark., 2019). Bu yaklaşım, patojen fungusların dirençli suşlarının daha etkili kontrolünü sağlayabilmekte ve üreticilerin fungusit kullanım miktarının azalmasına yardımcı olarak pazarlanan ürünlerdeki kimyasal kalıntı miktarını azaltmaya yardımcı olabilmektedir (Sonavane ve Venkataravanappa, 2017; Zandona ve ark., 2019). Yaygın olarak kullanılan gübreler ve fungusitlerin çoğu, biyolojik mücadele etmenleri üzerinde pozitif, negatif veya nötr etkiler gösterebildiğinden, *Trichoderma* türlerinin tarım ürünlerinde yaygın olarak kullanılan çeşitli gübre ve fungusitlerle uyumluluğu hakkında *in vitro* ve *in vivo* koşullar altında çalışmalar gerçekleştirilmesi önem taşımaktadır (Shashikumar ve ark., 2019). Bu amaçla *Trichoderma* türleri kullanılarak gerçekleştirilen pek çok çalışma bulunmaktadır (Küçük ve ark., 2005; Küçük ve ark., 2009; Sarkar ve ark., 2010; Ashwani ve ark., 2012; Shylaja ve Rao, 2012; Aydın ve Turhan, 2013; Saxena ve ark., 2014; Kumar ve Singh, 2017; Kumar ve ark., 2017, Kumhar ve ark., 2017).

PGPM inokulantlarının üretimi sırasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli noktalar, kullanılacak olan suşların seçimi ve topraktaki yerli suşlarla rekabet etme yeteneğine sahip olması, hedef ürünler üzerinde istenilen etkiyi yaratabilmesi, kullanılan gübre/pestisit gibi diğer tarımsal kimyasallardan minimum derecede etkilenmesi ve üretim sırasında çeşitli teknolojik süreçlerin üstesinden gelerek fonksiyonel özelliklerini koruyabilmesi olarak sıralanmaktadır (Herrmann ve Lesueur,2013).

Bu çalışmada da, tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan 15-30-15 + TE, 18-18-18 + TE, 16-8-24 + 2MgO + TE ve 16-18-19 + TE gibi dört farklı ticari gübre ile 25 g Fludioxonil + 10 g Metalaxyl-M, 360 g/l Hymexazol, %53,8 Bakır hidroksit + Tetrasodium pyrophosphate ve 250 g/l Azoxystrobin gibi dört farklı ticari fungusitin önerilen en yüksek kullanım dozu seçilerek daha önce çeşitli PGPM özellikleri (bitki patojeni funguslara karşı antagonistik etki, fosfat çözünürlüğü, indol asetik asit üretimi, vb) belirlenmiş olan *Trichoderma atroviride*, *T.citriniviride* ve *T.harzianum* suşlarında hem misel büyümesi hem de konidiospor oluşumunun *in vitro* koşullarda belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

### Kullanılan *Trichoderma* Suşları

Çalışmada bitki patojeni olan funguslara karşı *in vitro* koşullarda test edilerek antagonistik etkiye

sahip olduğu önceden belirlenmiş olan 5 adet *Trichoderma atroviride*, 6 adet *Trichoderma citriniviride* ve 2 adet *Trichoderma harzianum* suşu olmak üzere toplam 13 farklı *Trichoderma* suşu kullanılmıştır. Kerestelerden alınan örneklerden seyreltme plaka yönteminde Rose Bengal Kloramfenikol agar kullanılarak gerçekleştirilen fungus izolasyonu sonrasında morfolojik ve mikroskopik incelemeler sonucu *Trichoderma* izolatu olduğu düşünülenler için moleküler tanımlama yapılmıştır. *Trichoderma* suşları için nükleer rDNA gen kümesinin ITS bölgesi, ITS1 (TACGGTAGT ACCTG CGG) ve ITS4 (TCCTCCGCTTATTGATATGC) primerleri kullanılarak DNA'dan amplifiye edilmiştir. PCR amplifikasyonu ve sekanslama REFGEN (Türkiye) tarafından gerçekleştirilmiştir. (Gezgin ve ark., 2019a; Gezgin ve ark., 2019b).

### Kullanılan Ticari Gübreler

Geleneksel tarımda bitki beslemede sıklıkla kullanılmakta olan, kolay bulunabilen, uygun fiyatlı, kullanımı kolay ve yüksek etkili dört farklı ticari NPK gübre incelenmiştir (Çizelge 1). *Trichoderma* türleri üzerindeki etkisi incelenen her bir gübre önerilen maksimum kullanım dozu (Çizelge 1) temel alınarak denenmiştir. Her bir gübre için ppm (mg/l) cinsinden hesaplanan miktar aseptik koşullarda steril ekipman ile tartılarak steril saf su içerisinde karıştırıldıktan sonra otoklavlanmış ve 45°C'ye soğutulmuş 500 ml'lik PDA besiyerine eklenmiştir (Kumhar ve ark., 2017).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan NPK gübreler ve özellikleri.

Table 1. NPK fertilizers used in the study and their properties.

NPK Gübreler NPK Fertilizers	Kimyasal İçeriği ve Formülasyon Şekli Chemical Content and Form of Formulation	Kullanım Dozu Usage dose
Gübre 1: 15-30-15 + TE	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> ; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; K <sub>2</sub> O Suda çözünür toz	15000 ppm
Gübre 2: 18-18-18 + TE	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> ; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; K <sub>2</sub> O Suda çözünür toz	15000 ppm
Gübre 3: 16-8-24 + 2MgO + TE	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> ; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; K <sub>2</sub> O; MgO Suda çözünür toz	15000 ppm
Gübre 4: 16-18-19 + TE	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , NH <sub>2</sub> ; P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; K <sub>2</sub> O Konsantre süspansiyon	3500 ppm

# NPK: Azot, fosfat, potasyum; TE: İz element.

# NPK: Nitrogen, phosphate, potassium; TE: Trace element.

### Kullanılan Ticari Fungisitler

Pek çok fungal bitki hastalığında yüksek etkili olan kolay bulunan ve kullanılan, uygun fiyatlı, kullanımı yaygın ve farklı etki mekanizmalarına sahip dört farklı ticari fungusit incelenmiştir (Çizelge 2). Her bir fungusit için 100 L suda kullanımı önerilen en yüksek uygulama dozu temel alınarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Her bir fungusit için ppm (mg/l) cinsinden hesaplanan miktar aseptik koşullarda steril ekipman yardımıyla steril saf su içerisinde karıştırıldıktan sonra otoklavlanmış ve 45°C'ye soğutulmuş 500 ml'lik PDA besiyerine eklenmiştir (Nel ve ark., 2007; Shah ve ark., 2010).

### Gübre ve Fungisitlerin *Trichoderma* İzolatlarının Koloni Büyümesi Üzerindeki Etkisinin *in vitro* Koşullarda İncelenmesi

*Trichoderma* suşları ile uyumluluğu incelenecek olan 15-30-15 + TE, 18-18-18 + TE, 16-8-24 + 2MgO + TE ve 16-18-19 + TE gibi dört farklı gübrenin ve 25 g Fludioxonil + 10 g Metalaxyl-M, 360 g/l Hymexazol, %53,8 Bakır hidroksit + Tetrasodium pyrophosphate, 250 g/l Azoxystrobin gibi dört farklı fungusitin kullanımı önerilen maksimum dozları su ile karıştırıldıktan sonra steril edilmiş ve aseptik koşullarda her biri ayrı ayrı olacak şekilde katılma sıcaklığındaki steril Patates Dekstroz Agar (PDA) besiyeri içerisine eklenmiştir. İyice karıştırılarak homojen hale getirilen besiyerleri steril petri kaplarına paylaştırılmıştır. Gübre ve pestisit içeren her bir petri plakasının tam ortasına 96-120 saat süreyle 28°C'de PDA besiyerinde büyütülmüş *Trichoderma* suşlarından içi boş steril cam çubuklar kullanılarak alınan 5 mm çapında agar

diskleri yerleştirilmiştir ve petri kapları 28°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Gübre ve fungusit içermeyen petri plakalarına inoküle edilen *Trichoderma* suşları kontrol olarak kullanılmıştır. Tüm çalışmalar üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Koloni çapları gübre denemelerinde 5. günde, fungusit denemelerinde ise 14. günde üç farklı yönden ölçülüp ortalaması alındıktan sonra her bir gübre ve fungusitin *Trichoderma* suşları üzerindeki yüzde büyüme inhibisyon değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$I = [(C-T)/C] \times 100$$

Bu formülde I: Yüzde büyüme inhibisyon değerini, C: Kontroldeki *Trichoderma* koloni çapını, T: Gübre veya fungusit içeren petrilerdeki *Trichoderma* koloni çapını ifade etmektedir. Ayrıca gübre ve fungusitlerin koloni büyümesine etkisinin incelendiği tüm petrilerde *Trichoderma* suşlarının her birinin konidiospor oluşumu 14 gün boyunca gözle izlenmiştir. (Sarkar ve ark., 2010; Tapwal ve ark., 2012; Khirallah ve ark., 2016; Sonavane ve Venkataravanappa, 2017; Kumar ve ark., 2018; Shashikumar ve ark., 2019).

### İstatistiksel Analiz

Farklı fungusitlerin varlığında elde edilen yüzde büyüme inhibisyon değerleri SPSS paket programı kullanılarak önemli farklılıklar açısından ANOVA ile incelenmiştir (Anonymous, 2009).  $p < 0,05$ 'teki farklılıklar anlamlı olarak kabul edilmiştir. Ortalama  $\pm$  standart hata ( $n=3$ ) olarak belirtilen değerlerdeki önemli farklılıklar Tukey Aralık Testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan kimyasal fungusitler ve özellikleri.  
Table 2. Chemical fungicides used in the study and their properties.

Kimyasal Fungisitler Chemical Fungicides	Formülasyon Şekli ve Etki Mekanizması Form of Formulation and Mechanisim of Action	Kullanım Dozu Usage dose
Fungisit 1: 25 g Fludioxonil + 10 g Metalaxyl-M	Konsantre süspansiyon E2:12, A1:4	2500 ppm
Fungisit 2: 360 g/l Hymexazol	Konsantre süspansiyon A3:32	3000 ppm
Fungisit 3: %53,8 Bakır hidroksit + Tetrasodium pyrophosphate	İslatılabilir toz M1	4000 ppm
Fungisit 4: 250 g/l Azoxystrobin	Konsantre süspansiyon C3:11	750 ppm

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Aktif bileşenleri Çizelge 1 ve Çizelge 2’de verilen gübre ve fungusitlerin önerilen maksimum kullanım dozları 5 adet *T. atroviride*, 6 adet *T. citrinoviride* ve 2 adet *T. harzianum* suşunun koloni büyümesi ve konidiospor oluşturmasına yaptıkları etki *in vitro* koşullarda belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan NPK gübreler ve kimyasal fungusitler ile birebir aynı içeriğe sahip gübre ve fungusitlerin kullanıldığı çalışma oldukça az sayıdadır. Bu nedenle çalışmamızda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde inorganik NPK gübreleri ve fungusitlerin etken maddeleri temel alınmıştır.

### İncelenen Gübrelerin Büyüme Üzerindeki Etkileri

Dört farklı gübre için ayrı ayrı gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda tüm *Trichoderma* suşlarının 5. günde tüm petri plağını kaplayacak şekilde büyüdüğü görülmüştür. Çalışmamızda üç farklı *Trichoderma* türüne ait suşların incelenen tüm gübrelerin varlığında 14. günde koloni yüzeyinde konidiospor oluşturduğu görülmekle birlikte oluşan konidiospor miktarlarının kontrol petrilere göre daha az olduğu gözlenmiştir (Şekil 1 ve Şekil 2). Sonuç olarak, incelenen tüm gübreler ve *Trichoderma* suşlarının sürdürülebilir tarım hedefleri doğrultusunda birlikte kullanılabilecekleri *in vitro* koşullarda gösterilmiştir.

Dhanya ve ark. (2016), *T. viride* ile çeşitli gübrelerin uyumluluğunu inceledikleri çalışmada üre (135,7 ppm), üre granülleri (135,7), potasyum klorür (208,3 ppm), tek süper fosfat (312,5 ppm) ve mikronütrient karışımının (5000 ppm) *T. viride* ile yüzde yüz uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. Ancak tek süper fosfat ve potasyum klorürün

konidiospor oluşumunu azalttığı gösterilmiştir. Benzer şekilde, üre (10000), potasyum klorür (20000 ppm) ve süper fosfat (20000 ppm) kullanılan bir başka çalışmada da *Trichoderma viride* büyümesi üzerinde negatif bir etki görülmemiştir (Gampala ve Pinnamaneni, 2010). *T. harzianum* ve 75-75-150 dozunda (üre 81,4 ppm; tek süper fosfat 187,5 ppm; potasyum klorür 125 ppm) gübrenin birlikte kullanımının incelendiği bir çalışmada da kontrol petrisiyle benzer oranda büyüme gerçekleştiği belirtilmiştir (Suseela Bhai ve Thomas, 2010). Çalışmamızda kullanılan NPK gübrelerinin bileşiminde azot kaynağı olarak bulunan amonyum azotu, nitrat azotu ve ürenin *Trichoderma* türlerinin büyümesi üzerinde olumsuz herhangi bir etkisi olmadığı gösterilmiştir. Aynı şekilde fosfor kaynağı olan fosfor pentaoksitin ( $P_2O_5$ ) ve potasyum kaynağı olan potasyum oksitin ( $K_2O$ ) de *Trichoderma* türlerinin koloni büyümesi üzerinde olumsuz bir etkisi görülmemiştir. Çalışmada, incelenen tüm gübrelerin *T. atroviride*, *T. citrinoviride* ve *T. harzianum* türleri ile birlikte kullanılabileceği saptanmıştır.

### İncelenen Fungisitlerin Büyüme Üzerindeki Etkileri








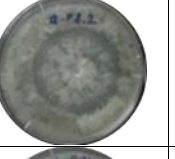





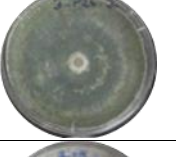



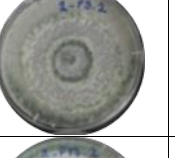







Koloni büyümeleri takip edilen *Trichoderma* türleri için kullanılan fungusitlerin 14. günde sebep olduğu yüzde (%) büyüme inhibisyon değerleri hesaplanmıştır. Her bir *Trichoderma* suşu için 4 farklı ticari fungusitin oluşturduğu yüzde (%) büyüme inhibisyon değerleri Çizelge 3’te verilmiştir. Ayrıca, *Trichoderma* türlerinin farklı fungusitleri içeren petrilere ait koloni büyümeleri ve konidiospor oluşumlarına ait 14. günde çekilmiş olan fotoğraflar Şekil 3 ve Şekil 4’te gösterilmiştir.

Çizelge 3. İncelenen fungusitlerin *Trichoderma* suşları üzerinde gerçekleştirdikleri yüzde (%) büyüme inhibisyon değerleri.  
Table 3. The percent growth inhibition values of the examined fungicides on *Trichoderma* strains.

<i>Trichoderma</i> suşları <i>Trichoderma</i> strains	Fungisitlerin yüzde büyüme inhibisyon değeri±SH Percent growth inhibition value of fungicides±SE			
	Fungisit 1 Fungicide 1 (2500 ppm)	Fungisit 2 Fungicide 2 (3000 ppm)	Fungisit 3 Fungicide 3 (4000 ppm)	Fungisit 4 Fungicide 4 (750 ppm)
<i>T. atroviride</i> EGE-K-65	4,7±0,7 cd*	11,8±1,3 bc	75,3±0,7 ab	0
<i>T. atroviride</i> EGE-K-71	21,2±1,8 a	19,6±5,2 b	72,5±3,2 ab	0
<i>T. atroviride</i> EGE-K-131	13,7±2,0 b	4,7±2,4 cd	72,1±1,0 ab	0
<i>T. atroviride</i> EGE-K-134	5,1±0,7 c	36,1±2,7 a	75,3±3,1 ab	0
<i>T. atroviride</i> EGE-K-136	4,3±1,0 cd	40,4±4,1 a	77,2±0,7 a	0
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-67	0 d	0 d	18,0±5,2 d	0
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-72	0 d	0 d	70,6±0 ab	0
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-128	0 d	0 d	62,3±0,7 b	0
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-129	0 d	0 d	14,9±1,7 d	0
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-130	0 d	0 d	43,1±1,0 c	0
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-135	0 d	0 d	35,3±3,4 c	0
<i>T. harzianum</i> EGE-K-49	6,3±1,0 c	0 d	68,6±1,0 ab	0
<i>T. harzianum</i> EGE-K-38	3,9±1,0 cd	0 d	37,2±5,2 c	0

\*Aynı sütunda farklı harfle gösterilen % büyüme inhibisyon değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05).

































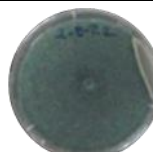


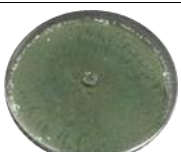
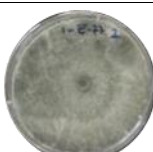



# 0: İnhibisyon yok/no inhibition, SH:standart hata, SE:standard error, Fungisit 1: 25 g Fludioxonil + 10 g Metalaxyl-M, Fungisit 2: 360 g/l Hymexazol, Fungisit 3: %53,8 Bakır hidroksit + Tetrasodium pyrophosphate, Fungisit 4: 250 g/l Azoxystrobin.

<i>Trichoderma</i> suşları <i>Trichoderma</i> strains		NPK gübreler NPK fertilizers			
Kodlar Codes	Kontrol Control	15-30-15 + TE	18-18-18 + TE	16-8-24 + 2MgO + TE	16-18-19 + TE
<i>T. atroviride</i> EGE-K-65					
<i>T. atroviride</i> EGE-K-71					
<i>T. atroviride</i> EGE-K-131					
<i>T. atroviride</i> EGE-K-134					
<i>T. atroviride</i> EGE-K-136					

Şekil 1. İncelenen gübreleri içeren petrilere ve kontrol petrilereindeki *T.atroviride* suşlarının 14. gündeki koloni büyümesi ve konidiospor oluşumları.


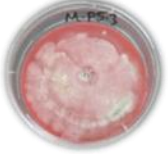






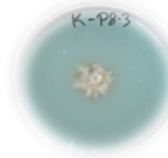
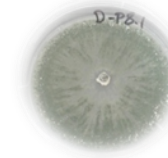



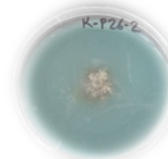


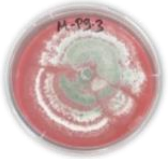
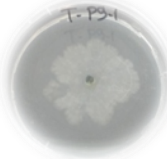
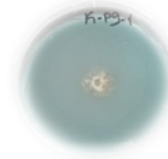
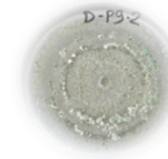

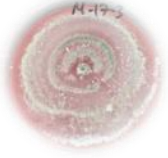
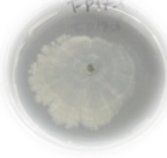
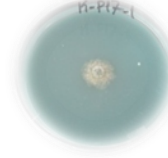
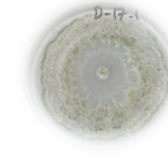
Figure 1. Colony growth and conidiospore formation of *T.atroviride* strains on day 14 in petri plates containing the examined fertilizers and control petri plates.



<i>Trichoderma</i> suşları <i>Trichoderma</i> strains		NPK gübreler NPK fertilizers			
Kodlar Codes	Kontrol Control	15-30-15 + TE	18-18-18 + TE	16-8-24 + 2MgO + TE	16-18-19 + TE
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-67					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-72					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-128					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-129					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-130					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-135					
<i>T. harzianum</i> EGE-K-49					
<i>T. harzianum</i> EGE-K-38					

Şekil 2. İncelenen gübreleri içeren petriler ve kontrol petrilerindeki *T. citrinoviride* ve *T. harzianum* suşlarının 14. gündeki koloni büyümesi ve konidiospor oluşumları.



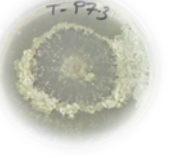
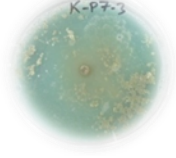
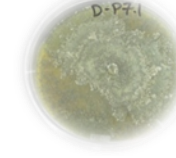



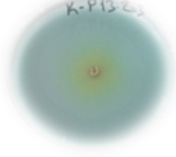
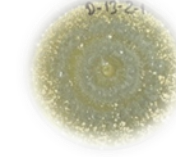

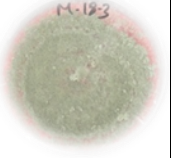
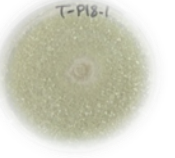
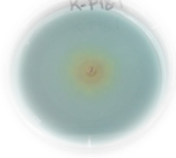
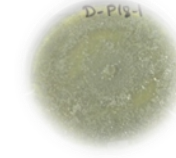



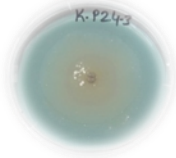
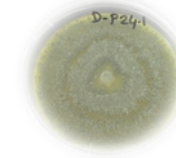


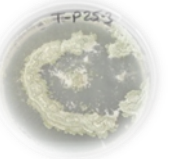
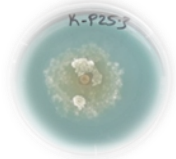
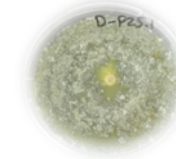

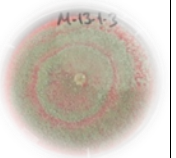
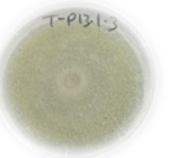
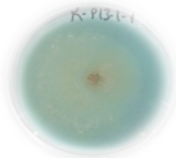
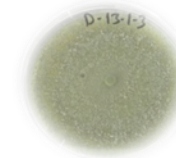

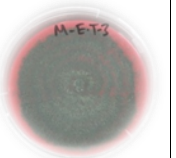
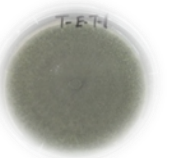
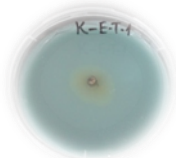


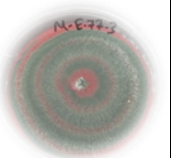
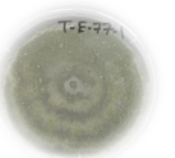
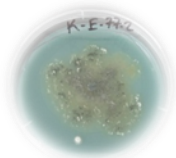
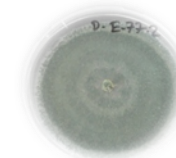
Figure 2. Colony growth and conidiospore formation of *T. citrinoviride* and *T. harzianum* strains on day 14 in petri plates containing the examined fertilizers and control petri plates.

<i>Trichoderma</i> suşları <i>Trichoderma</i> strains		Kimyasal fungusitler Chemical fungicides			
Kodlar Codes	Kontrol Control	Fungisit 1 Fungicide 1	Fungisit 2 Fungicide 2	Fungisit 3 Fungicide 3	Fungisit 4 Fungicide 4
<i>T. atroviride</i> EGE-K-65					
<i>T. atroviride</i> EGE-K-71					
<i>T. atroviride</i> EGE-K-131					
<i>T. atroviride</i> EGE-K-134					
<i>T. atroviride</i> EGE-K-136					

Şekil 3. İncelenen fungusitleri içeren petriler ve kontrol petrilerindeki *T. atroviride* suşlarının 14. gündeki koloni büyümesi ve konidiospor oluşumları.

Figure 3. Colony growth and conidiospore formation of *T. atroviride* strains on day 14 in petri plates containing the examined fungicides and control petri plates.



Trichoderma suşları Trichoderma strains		Kimyasal fungusitler Chemical fungicides			
Kodlar Codes	Kontrol Control	Fungisit 1 Fungicide 1	Fungisit 2 Fungicide 2	Fungisit 3 Fungicide 3	Fungisit 4 Fungicide 4
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-67					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-72					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-128					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-129					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-130					
<i>T. citrinoviride</i> EGE-K-135					
<i>T. harzianum</i> EGE-K-49					
<i>T. harzianum</i> EGE-K-38					

Şekil 4. İncelenen fungusitleri içeren petriler ve kontrol petrilerindeki *T. citrinoviride* ve *T. harzianum* suşlarının 14. gündeki koloni büyümesi ve konidiospor oluşumları.

Figure 4. Colony growth and conidiospore formation of *T. citrinoviride* and *T. harzianum* strains on day 14 in petri plates containing the examined fungicides and control petri plates.

Buna göre Fungisit 4 (250 g/l Azoxystrobin) içeren PDA plakları incelendiğinde, tüm *Trichoderma* türlerinde herhangi bir büyüme inhibisyonu gözlenmemiştir yani incelenen tüm *Trichoderma* türlerinin bu fungusitin varlığında %100 büyüme gösterdiği ancak, konidiospor oluşumlarının kontrol petrilere göre daha az olduğu belirlenmiştir.

*Trichoderma atroviride* suşlarında Fungisit 3 (%53,8 Bakır hidroksit, Tetrasodium pyrophosphate) içeren petrilere en düşük büyüme inhibisyon değeri %72,1±1,8 ile *T. atroviride* EGE-K-131, en yüksek inhibisyon değeri ise %77,2±1,3 ile *T. atroviride* EGE-K-136 suşunda belirlenmiştir. Fungisit 1 (25 g Fludioxonil, 10 g Metalaxyl-M) içeren petrilere en düşük inhibisyon değeri %4,3±1,8 ile *T. atroviride* EGE-K-136, en yüksek inhibisyon değeri ise %21,2±3,1 ile *T. atroviride* EGE-K-71 suşunda belirlenmiştir. Ayrıca, Fungisit 2 (360 g/l Hymexazol) içeren petrilere incelendiğinde ise, en düşük inhibisyon değeri %4,7±4,2 ile *T. atroviride* EGE-K-131, en yüksek inhibisyon değeri %40,4±7,1 ile *T. atroviride* EGE-K-136 suşunda belirlenmiştir.

*T. atroviride* suşlarında konidiospor oluşumunun Fungisit 1 içeren petrilere düşük seviyede, Fungisit 4 içeren petrilere ise orta seviyede olduğu gözlenmiştir. Fungisit 2 ve Fungisit 3 içeren petrilere ise sadece *T. atroviride* EGE-K-131 suşunda az miktarda konidiospor oluşumu belirlenmiştir (Şekil 3).

*Trichoderma citrinoviride* suşları Fungisit 1 ve Fungisit 2 içeren petrilere büyütüldüğünde, bu fungusitlerin herhangi bir inhibisyona sebep olmadığı belirlenmiştir yani bu fungusitlerin varlığında *T. citrinoviride* suşlarının %100 büyüme gösterdiği belirlenmiştir. *T. citrinoviride* suşlarında sadece Fungisit 3 içeren petrilere farklı derecelerde büyüme inhibisyonu gözlemlenmiştir. Fungisit 3 varlığında en yüksek büyüme inhibisyonu %70,6±0 ile *T. citrinoviride* EGE-K-72 suşunda görülürken en düşük büyüme inhibisyonu ise %14,9± 3,0 ile *T. citrinoviride* EGE-K-129 suşunda gözlemlenmiştir.

*T. citrinoviride* suşlarının konidiospor oluşumları incelendiğinde ise suşların 4 farklı pestisitinin her birinde farklı derecelerde konidiospor oluşturdukları gözlenmiştir. *T. citrinoviride* suşları tarafından farklı pestisitlerin varlığında oluşturulan konidiospor miktarları, en düşük konidiospor seviyesinden en yüksek konidiospor seviyesine doğru sırasıyla Fungisit 3, Fungisit 2, Fungisit 1 ve Fungisit 4 olarak belirlenmiştir. Fungisit 4 içeren petrilere konidiospor oluşumunun kontrol petrilere konidiospor oluşumundan daha fazla olduğu görülmüştür (Şekil 4).

*Trichoderma harzianum* suşları için Fungisit 2 içeren petrilere herhangi bir büyüme inhibisyonu gözlenmemiştir yani bu fungusit ile suşların %100 uyumlu büyüdüğü belirlenmiştir. Bununla birlikte, Fungisit 1 ve Fungisit 3 içeren petri plakları incelendiğinde *T. harzianum* EGE-K-49 suşunda, *T. harzianum* EGE-K-38 suşuna göre yaklaşık iki kat daha fazla büyüme inhibisyonu belirlenmiştir. *T. harzianum* suşlarının Fungisit 3 kullanılan petri plaklarında en düşük seviyede konidiospor oluşturdukları belirlenirken diğer fungusitlerdeki konidiospor oluşumunun kontrol petrilere yakın olduğu belirlenmiştir (Şekil 4).

Manjunath ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada *T. asperellum* ile 100, 200 ve 300 ppm oranında azoxystrobin etken maddesi içeren fungusitin %100 uyumlu olduğunu göstermişlerdir. Benzer bir şekilde 1000 ppm azoxystrobinin *T. harzianum* ve *T. viride* izolatlarının misel büyümesi üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı belirlenmiştir (Ranganathaswamy ve ark., 2013). Bir başka çalışmada ise 10 ppm azoxystrobin etken maddesinin *T. harzianum* misel büyümesi üzerinde herhangi bir etki göstermediği ancak konidiospor oluşumunda azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Azoxystrobin, ascomycetes, basidiomycetes, deuteromycetes ve oomycetes filumuna ait çeşitli bitki patojenleri için toksik bir QoI (Quinone dış inhibitörü) fungusittir. Bu fungusit grubu fungus hücrelerinin solunumunu engellemektedir. Böylece, yüksek enerji gerektiren bir süreç olan konidiospor oluşumu azoxystrobin tarafından azaltılmaktadır (Silva ve ark., 2018). Sarkar ve ark. (2010) 300

ppm azoxystrobin kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada *T. harzianum*'un %41,1 oranında inhibe olduğunu göstermişlerdir. Çalışmamızda 750 ppm azoxystrobin etken maddeli Fungisit 4 kullanıldığında tüm *Trichoderma* suşlarında herhangi bir inhibisyon görülmemiştir ancak konidiospor oluşumlarının kontrol petrilere göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Dhanya ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada bakır içeren BM, Kocide ve COC gibi fungusitlerin *T. viride* üzerinde sırasıyla %43,92, %59,44 ve %50,32 gibi yüksek derecelerde büyüme inhibisyonuna neden olduklarını göstermişlerdir. *In vitro* koşullarda yapılan çalışmalarda, bakır hidroksitin 2500 ppm üzerinde kullanılmasının *T. viride*'ye karşı inhibisyon etkisi (Valarmathi ve ark., 2013) ve 250 ppm oranında kullanılmasının *T. harzianum* PBT23 suşu üzerinde %45 oranında büyüme inhibisyonu etkisi gösterdiği belirtilmiştir (Deepika ve ark., 2014). Çalışmamızda, 4000 ppm Fungisit 3 kullanıldığında özellikle *T. citrinoviride* türlerinden EGE-K-67 ve EGE-K-24 kodlu suşlar ile literatürde karşılaşılan inhibisyon değerlerinden oldukça düşük inhibisyon değerleri elde edilmiştir. Bu suşların bakır içeren fungusitlerle birlikte kullanılmasının uygun olduğu düşünülmektedir.

Khattabi ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada *Sclerotium rolfisii* üzerinde hymexazol içeriğine sahip fungusit ve *T. harzianum* izolatlarının etkisini incelemişlerdir. Elde edilen verilere göre, hymexazolun *T. harzianum* izolatları üzerinde zayıf etki gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, hymexazolun *T. harzianum* izolatlarının *S. rolfisii*'ye karşı gösterdikleri antagonistik etkiyi arttırdığı da belirtilmiştir. Bunun sonucunda hymexazol ve *T. harzianum* izolatlarının *S. rolfisii*'ye karşı birlikte kullanımının entegre hastalık mücadelesi için umut vadeden bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir. Çalışmamızda ise hymexazolün *T. citrinoviride* ve *T. harzianum* suşlarının büyümesi üzerinde herhangi bir inhibisyon etkisi görülmezken *T. atroviride* suşları üzerinde farklı yüzde oranlarında büyüme inhibisyonu gösterdiği belirlenmiştir. Domates, muz, tütün, biber, hıyar, kabak ve çiminde *Fusarium*

spp., *Phytium* spp., *R. solani* ve *Bipolaris* spp. gibi fitopatojenik fungusların neden oldukları hastalıklara karşı kullanılan Fungisit 2 ile *T. citrinoviride* ve *T. harzianum* suşlarının birlikte kullanımının uygun bulunması sürdürülebilir tarım hedefleri doğrultusunda birlikte kullanımları açısından umut vadetmektedir.

Çalışmamızda incelenen Fungisit 1'in formülasyonunda (Çizelge 2) yer alan fludioxonil ve metalaxyl-M etken maddeleri ile ayrı ayrı olmak üzere çeşitli *Trichoderma* türlerinin büyümesi üzerine etkilerinin belirlenmesi konusunda çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Maurya ve ark. (2020) tarafından dört farklı fungusit olan Thiram, Bakır oksiklorid, Mankozeb ve Metalaxyl'nin incelendiği çalışmada, 1000 ppm metalaxyl kullanıldığında *T. harzianum* Th-8'in büyümesinin %6,68 inhibe olduğu gösterilmiştir. İncelenen fungusitler arasında en etkisiz olan ve *T. harzianum* Th-8 ile en uyumlu olan fungusitin metalaxyl olduğu belirtilmiştir. Bir başka çalışmada, 2500 ppm metalaxyl kullanıldığında *T. viride*'de %22,22 *T. harzianum*'da ise %30 inhibisyon görülmüştür (Shashikumar ve ark., 2019). Çalışmamızda incelenen tüm *Trichoderma* suşları ile bu değerlerden daha düşük inhibisyon değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Fungisit 1'in 2500 ppm oranında kullanıldığında incelenen *Trichoderma* suşları ile uyumlu olduğunu ve toprak kökenli bitki patojenleri ile entegre mücadele yönteminde kullanılabileceğini göstermiştir. Hücre içi gliserol birikimini arttırarak fungus hücre büyümesini bloke eden fludioxonil ile *Trichoderma* sp, soya fasülyesi tohumlarına birlikte uygulandıklarında bitki gelişimini ve verimini arttırdıkları görülmüştür (Zandona ve ark., 2019). Bir başka çalışmada ise Cyprodinil ile birlikte kullanılan Fludioxonil'in (125 ppm) 32 gün sonunda *T. harzianum* ve *T. viride* suşlarına karşı hiçbir etki göstermediği görülmüştür (Khirallah ve ark., 2016). De Souza Loureiro ve ark. (2020), Fungisit 1 kullanarak gerçekleştirdikleri *in vitro* çalışmada, bu fungusitin koloni büyümesine izin verdiği için *T. harzianum* ile uyumlu olduğunu göstermişlerdir. Buna karşılık üç farklı

*Trichoderma sp.* izolatına karşı Fungisit 1'in etkisinin incelen-diği bir başka çalışmada ise tohum denemelerinde *Trichoderma* suşlarının Fungisit 1'e karşı oldukça hassas olduğu belirlenmiş ve bu suşların Fungisit 1 ile birlikte kullanımı uygun görülmemiştir (Duran ve ark., 2007). Çalışmamızda kullanılan türlerden *T. citrinoviride* suşlarının Fungisit 1 ile %100 uyumlu olduğu görülürken, *T. atroviride* suşlarının 4,3±1,8 - 21,2±3,1 aralığında bir büyüme inhibis-yon yüzdesine ve *T. harzianum*'a ait iki suş için %3,9±1,8 ve 6,3±1,8 oranlarında oldukça düşük büyüme inhibisyon yüzdelere sebep olduğu belirlenmiştir.

Biyolojik mücadele etmenleri ile fungusitlerin uyumluluğu, kimyasal fungusit kullanımını azaltması ve fungal patojenlerin kontrolünde etkili bir mücadele sağlanması bakımından oldukça önemlidir (Manjunath ve ark., 2017). Çalışmamızda 3 farklı türe ait 13 suşun büyümesi üzerine etkileri incelenen 4 farklı pestisit her biriyle büyümesi en uyumlu olanlar, *T. atroviride* suşları arasında *T. atroviride* EGE-K-65 ve *T. atroviride* EGE-K-131, *T. citrinoviride* suşları arasında *T. citrinoviride* EGE-K-67 ve *T. citrinoviride* EGE-K-129 ve *T. harzianum* suşları arasında ise *T. harzianum* EGE-K-38 suşu olarak belirlenmiştir. Genel olarak bakıldığında ise incelen üç farklı *Trichoderma* türü arasında fungusitlerle kullanıma en uyumlu tür *T. citrinoviride* olarak belirlenmiştir.

Ekzojen ve endojen toksik bileşiklere karşı direnç, *Trichoderma* türlerinin ekolojik başarısının anahtarlarından biridir. Çeşitli *Trichoderma* suşları doğal ve sentetik kimyasallara ve toksinlere karşı en dirençli mikroorganizmalar arasındadır ve hidrokarbonlar, klorofenolik bileşikler, polisakkaritler ve pestisitler gibi bileşikler hızla parçalayabilmektedirler (Ruocco ve ark., 2009; Tripathi ve ark., 2013; Rajesh ve ark., 2016; Shashikumar ve ark., 2019; Sood ve ark., 2020). *Trichoderma* türlerinin kimyasal pestisitlere karşı gösterdiği tolerans mekanizmaları hakkında iki farklı hipotez bulunmaktadır. Bunlardan ilki, *Trichoderma*'nın hedef bölgelerdeki değişiklikler nedeniyle kimyasal pestisitler tarafından tanınmamasıdır. Örneğin,

bir fungusit olan benzimidazolün ana etkisi, bir bitki patojeninin  $\beta$ -tübülünü bağlayarak mitoz ve morfogenezini engellemektir. Böylece, *Trichoderma viride*, benzimidazollerini tolere etme yeteneği ile sonuçlanan tübülün proteinindeki mutasyonlar nedeniyle pestisitlere karşı düşük afinite sergilemektedir.

İkinci hipotez ise, *Trichoderma* türlerinin bazı kimyasal pestisitleri etkili bir şekilde metabolize etmesi veya parçalamasıdır (Wu ve ark., 2018). *Trichoderma*'nın kendi antibiyotikleri de dahil olmak üzere çeşitli sentetik ve doğal toksik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarına dayanma yeteneğinin, karmaşık bir membran pompa sistemi tarafından desteklenen hücre detoksifikasyon mekanizmalarına bağlı olduğu pek çok çalışmada açıklanmıştır (Chaparro ve ark., 2011; Wu ve ark., 2017; Wu ve ark., 2018; Sood ve ark., 2020). Çalışmamızda kullanılan *Trichoderma* türlerine ait suşların fungusitlere karşı farklı büyüme ve/veya büyüme inhibisyonu göstermelerinin bu kimyasalları parçalayabilme yetenekleri sonucu tolerans göstermelerine bağlı olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda incelenen fungusitlerin bitki patojenlerine karşı direnç oluşturduğu bilinmektedir ve bu sebeple belirtilen uygulama dozunun ve tekrar sayısının geçilmemesi önerilmektedir. Ayrıca, tekrarlı kullanım gereken durumda patojende direnç oluşmaması için farklı etki mekanizmasına sahip pestisitlerin kullanılması önerilmektedir. Sonuç olarak çalışmamızda kimyasal fungusitleri tolere edebilen *Trichoderma* türlerinin biyogübre/biyokontrol ajanı olarak kullanılması ile entegre zararlı yönetimi stratejileri bakımından kimyasal pestisitlerin kullanımının azaltılacağı ve sürdürülebilir tarım için imkan sağlanacağı düşünülmektedir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Kimyasal pestisitler ve gübreler gibi geleneksel yöntemler kullanılarak bitki hastalıklarıyla mücadele ve verimin artırılması, kullanılan kimyasalların çevreye zararlı etkileri olan bileşenler içermeleri sebebiyle çevre dostu bir yaklaşım değildir. Bu kimyasalların uzun süre kullanımı sonucu sular kontamine olmakta, atmosfer

kirlenmekte ve geride bıraktıkları kalıntıları patojenlerin direnç kazanmasına sebep olabilmektedir. Bu sorunların çözümü için biyokontrol ajanlarının tek başına kullanılması ya da hastalık kontrolünde çevre dostu ve sürdürülebilir yöntemler için diğer kimyasallarla birlikte kullanılması gibi alternatifler araştırılmaktadır.

PGPM olarak *Trichoderma* türlerinin farklı fitopatojenik mikroorganizmalara karşı biyokontrol ajanı olarak kullanımındaki başarısı dünya çapında kanıtlanmıştır. Sadece bu değil, mevcut bulgular, bu fungusların ayrıca bitki direncini, bitki büyümesini ve gelişimini arttırdığını ve verimde de bir artışa yol açtığını ortaya koymaktadır. Son zamanlarda, *Trichoderma* türleri sürdürülebilir hastalık yönetim sisteminde bitki hastalıklarını kontrol etmek için kullanılmaktadır. *Trichoderma* türleri, hastalıkların azaltılmasında ve bitki büyümesinin iyileştirilmesinde rol oynamasının yanı sıra, organik maddelerin ayrıştırılmasında ve kimyasallarla kirlenmiş alanların biyoremediasyonunda da kullanılabilir.

*Trichoderma* türleri kullanılarak farklı bitki hastalıklarını kontrol eden, bitki büyümesini ve gelişimini teşvik eden ve sürdürülebilir tarıma ulaşmak için temiz bir çevre vadeden yeni biyolojik preparatlar geliştirilebilmesinde tohuma kaplayarak ya da direkt toprağa uygulayarak kullanılacak bu ürünlerin kimyasal gübre ve pestisitlerle birlikte kullanılabilirliğinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada *Trichoderma* türlerinin farklı inorganik gübre ve kimyasal pestisitlerle birlikte kullanıma uygunluğu belirlenmiştir. Geliştirilecek bu yeni ürünlerin kimyasal gübre ve pestisitlerle birlikte tarımsal ekosistemlerde kullanılmasıyla çevresel riskin azaltılması ve tarımsal sürdürülebilirliğin artırılması temel hedeflerdir. Bu amaçla, *in vitro* koşullarda incelenen ve ticari gübre ve pestisitlerle kullanımı uygun bulunan türlerin sera ve tarla koşullarında da bitkiler üzerindeki etkileri gösterildikten sonra ticari kullanım için uygun yerli ve özgün biyolojik preparatların geliştirilmesi umut vadetmektedir.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Anonymous, 2009. SPSS Inc. Released 2009. PASW Statistics for Windows, Version 18.0. Chicago: SPSS Inc.
- Ashwani, T., K. Rajesh, G. Nandini, and P. Shailesh. 2012. Compatibility of *Trichoderma viride* for selected fungicides and botanicals. *International journal of Plant pathology*, 3(2), 89-94.
- Aydın, M. H., ve G. Turhan. 2013. Patateste *Rhizoctonia solani*'ye karşı *Trichoderma* türlerinin etkinliği ve bazı fungusitlerle birlikte kullanılması. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 12-31.
- Bhandari, S., K. R. Pandey, Y. R. Joshi, and S. K. Lamichhane. 2021. An overview of multifaceted role of *Trichoderma* spp. for sustainable agriculture. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 6(1), 72-79.
- Chaparro, A. P., L. H. Carvajal, and S. Orduz. 2011. Fungicide tolerance of *Trichoderma asperelloides* and *T. harzianum* strains. *Agricultural sciences*, 2(03), 301.
- De Souza Loureiro, E., J. A. D. Neto, L. G. A. Pessoa, P. M. Dias, D. V. Adão, and L. A. Yokota. 2020. Effect of plant protection chemicals about the fungi *Trichoderma harzianum* and *Purpureocillium lilacinum*. *Research, Society and Development*, 9(6), 141963506.
- Deepika, S., A. K. Tewari, and R. Dinesh. 2014. The in vitro effect of some commonly used fungicides, insecticides and herbicides for their compatibility with *Trichoderma harzianum* PBT23. *World Applied Sciences Journal*, 31(4), 444-448.
- Dhanya, M. K., K. B. Anjumol, M. Murugan, and K. B. Deepthy. 2016. Compatibility of *Trichoderma viride* and *Pseudomonas fluorescens* with plant protection chemicals and fertilizers in cardamom. *Journal of Tropical Agriculture*, 54(2), 129.
- Durán, E., M. Y. de Romero, E. Romero, and J. R. Ramallo. 2007. Sensibilidad *in vitro* de cepas de *Trichoderma* aisladas de semillas de soja frente al fungicida MAXIM® XL. *Boletín Micológico*, 22.
- Gampala, K., and R. Pinnamaneni. 2010. Studies on the compatibility of *Trichoderma viride* with certain Agrochemicals. *Current World Environment*, 5(1), 155.
- Gezgin, Y., D. M. Gül, S. S. Şenşatar, C. U. Kara, S. Sargin, F. V. Sukan, and R. Eltem. 2019a. Evaluation of *Trichoderma atroviride* and *Trichoderma citrinoviride* growth profiles and their potentials as biocontrol agent and biofertilizer. *Turkish Journal of Biochemistry*, 45(2).
- Gezgin, Y., G. Guralp, A. B. Barlas, and R. Eltem. 2019b. Molecular identification of *Trichoderma* spp used as biocontrol agents by dna barcoding. 2nd International Eurasian Mycology Congress, Konya, Türkiye, 4 - 06 Eylül 2019, ss.65

- Herrmann, L. and D. Lesueur. 2013. Challenges of formulation and quality of biofertilizers for successful inoculation, In *Applied Microbiology and Biotechnology*, Vol. 97, Issue 20, pp. 8859–8873
- Khattabi, N., B. Ezzahiri, L. Louali, and A. Oihabi. 2001. Effect of fungicides and *Trichoderma harzianum* on sclerotia of *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathologia Mediterranea*, 40(2), 143-148.
- Khirallah, W., N. Mouden, K. Selmaoui, E. Achbani, R. Benkirane, A. O. Touhami, and A. Douira. 2016. Compatibility of *Trichoderma* spp. with some fungicides under *in vitro* conditions. *International Journal of Recent Scientific Research*, 7(2), 9060-9067.
- Kotan, R. ve E. Tozlu. 2021. Bazı Pestisitlerin Faydalı Bakteriler ve Patojen Bakteriler Üzerine Bakterisidal Etkilerinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 197-212.
- Kumar, N. and S. K. Singh. 2017. Screening of tolerance and compatibility of *Trichoderma viride* against common fertilizers and fungicides. *International Journal of Chemical Studies*, 5(4), 1871-1874.
- Kumar, R., S. K. Singh, S. Yadav, R. Kumar, A. K. Choubey, and A. Kumari. 2018. Compatibility of *Trichoderma viride* with different fungicide and organic cake. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2398-2401.
- Kumar, T. V., S. S. Veena, S. Karthikeyan, and J. Sreekumar. 2017. Compatibility of *Trichoderma asperellum* with fungicides, insecticides, inorganic fertilizers and biopesticides. *Journal of root crops*, 43(2), 68-75.
- Kumhar, K. C., A. Babu, J. Peter, M. Bordoloi, H. Rajbongshi, S. S. Yadav, and P. Dey. 2017. Compatibility of *Trichoderma harzianum* (KBN-29) with Selected inorganic Fertilizers: An *In vitro* Study. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(9), 2572-2578.
- Küçük, Ç., M. Kıvanç, E. Kınacı, ve G. Kınacı. 2005. Bazı Gübrelere *Trichoderma harzianum*'ün Misel Gelişimi ve Spor Üretimine Etkisi. *Selçuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19(35), 60-65.
- Küçük, Ç., M. Kıvanç, E. Kınacı, ve G. Kınacı. 2009. *Trichoderma harzianum* İzolatlarının Şeker Pancarında Kullanılan Bazı Fungisitlere Duyarlılıklarının *in vitro*'da Araştırılması. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR*, 7(2), 8-12.
- Lopes, M. J. D. S., M. B. Dias-Filho, and E. S. C. Gurgel. 2021. Successful plant growth-promoting microbes: inoculation methods and abiotic factors. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 48.
- Manjunath, M., A. Singh, A. N. Tripathi, R. Prasanna, A. B. Rai, and B. Singh. 2017. Bioprospecting the fungicides compatible *Trichoderma asperellum* isolate effective against multiple plant pathogens *in vitro*. *Journal of Environmental Biology*, 38(4), 553.
- Maurya, S., D. Rai, S. Dubey, and R. Kumar-Pal. 2020. Compatibility of *Trichoderma harzianum* with different fungicides under *In vitro*. *International Journal of Chemical Studies*, 8(1): 2946-2949.
- Nel, B., C. Steinberg, N. Labuschagne, and A. Viljoen. 2007. Evaluation of fungicides and sterilants for potential application in the management of *Fusarium* wilt of banana. *Crop Protection*, 26(4), 697-705.
- Ören, A., K. Özbolat ve M. Dığrak. 2009. Kahramanmaraş yöresinde yaygın olarak kullanılan bazı pestisitlerin toprak mikroorganizmaları üzerine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 12(1), 23-28.
- Rajesh, R. W., M. S. Rahul, and N. S. Ambalal. 2016. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. *African journal of agricultural research*, 11(22), 1952-1965.
- Ranganathswamy, M., A. K. Patibanda, and G. N. Rao. 2013. Evaluation of toxicity of agrochemicals on *Trichoderma* isolates *in vitro*. *Journal of Mycopathological Research*, 51(2), 289-293.
- Ruocco, M., S. Lanzuise, F. Vinale, R. Marra, D. Turrà, S. L. Woo, and M. Lorito. 2009. Identification of a new biocontrol gene in *Trichoderma atroviride*: the role of an ABC transporter membrane pump in the interaction with different plant-pathogenic fungi. *Molecular plant-microbe interactions*, 22(3), 291-301.
- Sarkar, S., P. Narayanan, A. Divakaran, A. Balamurugan, and R. Premkumar. 2010. The *in vitro* effect of certain fungicides, insecticides, and biopesticides on mycelial growth in the biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. *Turkish Journal of Biology*, 34(4), 399-403.
- Saxena, D., A. K. Tewari, and D. Rai. 2014. The *in vitro* effect of some commonly used fungicides, insecticides and herbicides for their compatibility with *Trichoderma harzianum* PBT23. *World Applied Sciences Journal*, 31(4), 444-448
- Shah, M. I., S. Phalirsteen, A. Nasier, P. Williams, J. Arif, M. Sajad, and A. S. Shawl. 2010. *In vitro* study on effect of some fungicides viz., Carbendazim, Mancozeb, conjoint Carbendazim Mancozeb and Sulphur against *F. oxysporum*. *Research Journal of Microbiology*, 5(10), 1052-1057.
- Shashikumar, H. M., S. Koulagi, and S. E. Navyashree. 2019. Compatibility of *Trichoderma viride* and *Trichoderma harzianum* with fungicides against soil borne diseases of tomato and cabbage. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 8, 1920-1928.
- Shylaja, M. and M. S. Rao. 2012. *In vitro* compatibility studies of *Trichoderma harzianum* with inorganic fertilizers. *Nematologia Mediterranea*.
- Silva, M. A. F. D., K. E. D. Moura, K. E. D. Moura, D. Salomão, and F. R. A. Patricio. 2018. Compatibility of *Trichoderma* isolates with pesticides used in lettuce crop. *Summa Phytopathologica*, 44(2), 137-142.



- Sonavane, P. and V. Venkataravanappa. 2017. Compatibility Studies of *Trichoderma harzianum* Isolate with fungicides used against soil borne disease in Coorg Mandarin-Pepper-Coffee Plantations, *Int.J.Curr. Microbiol. App.Sci.* 6(8): 346-354.
- Sood, M., D. Kapoor, V. Kumar, M. S. Sheteiwiy, M. Ramakrishnan, M. Landi, and A. Sharma. 2020. *Trichoderma*: The “secrets” of a multitiered biocontrol agent. *Plants*, 9(6), 762.
- Suseela Bhai, R. and J. Thomas. 2010. Compatibility of *Trichoderma harzianum* (Ritai.) with fungicides, insecticides and fertilizers. *Indian Phytopathology*, 63(2), 145-148.
- Tapwal, A., R. Kumar, N. Gautam, and S. Pandey. 2012. Compatibility of *Trichoderma viride* for selected fungicides and botanicals. *International journal of Plant pathology*, 3(2), 89-94.
- Tripathi, P., P. C. Singh, A. Mishra, P. S. Chauhan, S. Dwivedi, R. T. Bais, and R. D. Tripathi. 2013. *Trichoderma*: a potential bioremediator for environmental clean up. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 15(4), 541-550.
- Valarmathi, P., P. S. Kumar, P. Vanaraj, R. Ramalingam, and C. Gopal. 2013. Compatibility of copper hydroxide (Kocide 3000) with biocontrol agents. *IOSR-JAVS*, 3(6), 28-31.
- Wu, Q., L. Zhang, H. Xia, C. Yu, K. Dou, Y. Li, and J. Chen. 2017. Omics for understanding synergistic action of validamycin A and *Trichoderma asperellum* GDFS1009 against maize sheath blight pathogen. *Scientific reports*, 7(1), 1-11.
- Wu, Q., M. Ni, G. Wang, Q. Liu, M. Yu, and J. Tang. 2018. Omics for understanding the tolerant mechanism of *Trichoderma asperellum* TJ01 to organophosphorus pesticide dichlorvos. *BMC genomics*, 19(1), 1-12.
- Zandona, R. R., P. C. Pazdiora, J. D. B. Pazini, E. J. Seidel, and L. Z. Ethur. 2019. Chemical and biological seed treatment and their effect on soybean development and yield. *Revista Caatinga*, 32(2), 559-565.
- Zin, N. A. and N. A. Badaluddin. 2020. Biological functions of *Trichoderma spp.* for agriculture applications. *Annals of Agricultural Sciences*, 65(2), 168-178.