



Tütünde Fide Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalık Etmeni *Rhizoctonia Solani*'nin Kontrolü İçin Farklı Fungisitlerin Etkinliğinin Belirlenmesi

Determination of the Efficacy of Different Fungicides for the Management of *Rhizoctonia Solani*, Seedling Root and Root-crown Rot Disease Agent in Tobacco

Nurdan GÜNGÖR SAVAŞ^{1,2}

¹Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü, 45125, Manisa, Türkiye
²Uşak Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bir Eylül Kampüsü, Uşak, Türkiye
· nurdangngrsvs10@gmail.com · ORCID > 0000-0002-3450-4747

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 18 Eylül/September 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 12 Şubat/February 2025

Yıl/Year: 2025 | **Cilt-Volume:** 40 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 197-208

Atıf/Cite as: Güngör Savaş, N. "Tütünde Fide Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalık Etmeni *Rhizoctonia Solani*'nin Kontrolü İçin Farklı Fungisitlerin Etkinliğinin Belirlenmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 40(2), Haziran 2025: 197-208.

TÜTÜNDE FİDE KÖK VE KÖK BOĞAZI ÇÜRÜKLÜĞÜ HASTALIK ETMENİ *RHIZOCTONIA SOLANI*'NİN KONTROLÜ İÇİN FARKLI FUNGİSİTLERİN ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

ÖZ

Tütünde fide kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni *Rhizoctonia solani*'ye karşı farklı etkili maddeli fungusitlerin (25 g l⁻¹ fludioxonil + 10 g l⁻¹ metalaxy-M, 100 g l⁻¹ fludioxonil, 35% metalaxyl, 360 g l⁻¹ hymexazole, *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2 biyofungisiti) etkinliği *in vitro* ve *in vivo*'da test edilmiştir. Kullanılan fungusitlerin hastalık şiddeti ile bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Fungisitlerin 6 farklı doz konsantrasyonunun (0, 3, 10, 30, 100, 300, 1000 µl ml⁻¹) *Rhizoctonia solani* etmenine karşı antifungal etkinliği değerlendirilmiştir. Fungisitlerin *R. solani*'nin miseliyal gelişimi üzerine etkisine bakıldığında, fludioxonil + metalaxy-M ve fludioxonil aktif maddeleri 10 µl ml⁻¹'nin üzerindeki konsantrasyonlarda patojen gelişimini baskımlarken *T. harzianum* Rifai KRL-AG2 biyofungisiti ile diğer fungusitler patojene 30 µl ml⁻¹'nin üzerindeki konsantrasyonlarda etkili bulunmuştur. Fludioxonil + metalaxy-M ve fludioxonil aktif maddeli fungusitler *in vivo* koşullarda tohum uygulamasında en etkili fungusitler olmuştur, kontrolle göre hastalık şiddetini sırasıyla %71.29 ve %68.51 oranında engellediği tespit edilmiştir. *T. harzianum* Rifai KRL-AG2 etkili maddeli biyofungisitinin etkinliği 62.18 µl ml⁻¹ olup, hastalık şiddetini %50.00 oranında engellemiştir. Sonuçta fungusitler ile biyofungisitinin kombinasyon uygulamalarının yanısıra tek başınada tütünde kök çürüklüğü hastalığının kayıplarını azaltılmada ve bitki gelişimini desteklemede yararlı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyofungisit, Fidelik, Hastalık Kontrollü, Tohum İlaçlaması.



DETERMINATION OF THE EFFICACY OF DIFFERENT FUNGICIDES FOR THE MANAGEMENT OF *RHIZOCTONIA SOLANI*, SEEDLING ROOT AND ROOT-CROWN ROT DISEASE AGENT IN TOBACCO

ABSTRACT

The efficacy of different fungicides (25 g l⁻¹ fludioxonil + 10 g l⁻¹ metalaxy-M, fludioxonil 100 g l⁻¹, metalaxyl 35%, hymexazole 360 g l⁻¹, *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2 biofungicide) against *Rhizoctonia solani*, the causal agent of seedling root and root crown rot in tobacco tested *in vitro* and *in vivo*. The effects of the fungicides on disease severity and plant growth analysed. Antifungal activity of 6 different dose concentrations (0, 3, 10, 30, 100, 300, 1000 µl ml⁻¹) of fungi-

cides against *Rhizoctonia solani* was evaluated. Regarding the effective of fungicides on the mycelial growth of *R. solani*, fludioxonil + metalaxy-M and fludioxonil active substances suppressed pathogen growth at concentrations above 10 $\mu\text{l ml}^{-1}$, while *T. harzianum* Rifai KRL-AG2 biofungicide and other fungicides were effective at concentrations above 30 $\mu\text{l ml}^{-1}$. Fungicides with fludioxonil + metalaxy-M and fludioxonil active ingredients were the most effective fungicides in seed treatment under *in vivo* conditions, inhibiting disease severity by 71.29% and 68.51%, respectively, compared to the control. The efficacy of *T. harzianum* Rifai KRL-AG2 biofungicide was 62.18 $\mu\text{l ml}^{-1}$ and prevented the disease severity by 50.00%. As a result, it thought that the combination of fungicides and biofungicides, as well as single applications, will be useful in reducing the losses of root rot disease in tobacco and supporting plant growth.

Keywords: Biofungicide, Fungicides, Disease Control, Seedling Treatment .



1. GİRİŞ

Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) yaprakları kurutulularak kullanılmaktadır. Türkiye’ye tütün 17. yüzyılın başlarında İngiliz ve Venedikli gemiciler vasıtasıyla Osmanlı İmparatorluğu zamanında girmiştir., Türk tipi tütünler uzun yıllardır yüksek kalitesi ile dünyada şöhret kazanmıştır (Ergün ve Uğurlu, 2015). Tütün bitkisi ortalama dünyada 3 milyon hektar alanda 120’den fazla ülkede üretilmektedir. Ortalama 6 milyon işlenmemiş yaprak tütün firmalar tarafından kullanılmaktadır (FAO, 2021). Dünyada toplam üretim alanının %2.2’si Türkiye tarafından karşılanmakta ve onuncu sırada yer almaktadır. Tütün yetiştiriciliğinin ülkemizde yoğun yapıldığı iller, Ege Bölgesinde Denizli-Manisa-Uşak-Aydın-Muğla, Karadeniz’de Samsun-Amasya-Tokat-Trabzon-Artvin, Doğu Anadolu Bölgesinde Malatya-Muş, Güney Doğu Anadolu Bölgesinde Adıyaman-Batman-Diyarbakır-Mardin’dir (Karabacak, 2017). Ege Bölgesinde 664.332 da alanda 41.837,128 ton tütün üretimi gerçekleştirilmiştir. Ege bölgesinde tütün üretiminde yıllara göre değişmekle birlikte ilk sıraları paylaşan iller Denizli ve Manisa’dır (TADAB, 2024).

Tütün yetiştiriciliğinde üretimi hızlandırmak, erken hasat etmek, sonbahar yağışlarından korunmak ve daha sağlıklı, verimli bitki yetiştirebilmek için tütün fidelikleri kullanılmaktadır. Verimli bir ürün elde etmek için pişkin ve sağlıklı fide kullanmak şarttır (Çalışkan ve Kevseroğlu, 2005). Tütün’de verim ve kalite kayıplarına yol açabilen önemli hastalıklar bulunmaktadır. Fungal hastalıklar arasında ise özellikle fidelik döneminde *Rhizoctonia* türleri, tütünde erken dönemde çökerten hastalığına neden ola fide çürüklüğü etmeni iken çökerten atlatılabilen bitkilerde ise kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni olabilen kendi içinde değişik gruplara

sahip kompleks funguslardır. *Rhizoctonia* spp.geri dönüşü olmayan kayıplara yol açmaktadır (Gürkanlı ve ark., 2009).

R. solani, toprakta sklerotia yoluyla veya saprofit olarak toprak organik maddesini kolonize ederek uzun yıllar hayatta kalabilir. Toprakta veya bitki dokusunda bulunan sklerotlar veya miselyumlar geniş bir ürün yelpazesine saldırabilen ve jetatif hifler üretmek üzere harekete geçebilir (Keijer, 1996). Belirli durumlarda, *R. solani* hastalığa neden olacak ve aynı zamanda mantarın hızlı ve uzun mesafeli yayılımı için bir kaynak görevi görecektir basidiosporlar üretebilir. Basidiosporlar, yüksek bağıl nem dönemlerinde yaprakları enfekte eden hifler üretmek için çimlenir. *Rhizoctonia* hastalıklarının çoğu miselyum veya sklerotlar tarafından başlatılabilir, tütün ve fasulye ve şeker pancarı gibi diğer ürünlerin bazı önemli hastalıkları basidiospor enfeksiyonunun bir sonucudur (Harveson et al., 2009). *R. Solani*, fideliklerden tarlaya dikilen tütün bitkilerinde sulu ve gövde çürüklüğüne, yaşlı tarla bitkilerinde ise kök ve kök boğazı hastalığına neden olur (Sneh ve ark., 1996). Solma ve çökme, tütün fideliklerinde gözlenen *R. solani*'nin neden olduğu en yaygın semptomdur. Genel olarak, fideler gelişimlerinin ilk birkaç haftasında enfeksiyonlara karşı hassastır ve olgunlaştıkça biyokimyasal ve fiziksel savunma mekanizmaları ve/veya bariyerler geliştirerek giderek daha az duyarlı hale gelirler (Sneh ve ark., 1991).

Rhizoctonia solani toprak patojeni olup Türkiye'de de tütün üretimi yapılan farklı bölgelerdeki topraklarda hastalığa neden olduğu ve tür kompleksi olması nedeniyle patojenisitesinin yüksek olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Elliott ve ark., 2008; Akarca, 2013; Yıldırım ve Erper, 2017). Hastalıkla mücadelede farklı mücadele yöntemleri uygulanmakta ve özellikle tütün fideliklerinde çıkış öncesi ve sonrası fungusit uygulamaları verime artırması ve pazarlanabilirliği sağlaması açısından tavsiye edilmektedir.

Tütünde fide dönemindeki çökerten hastalığı etmenleri (*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp. *Alternaria* spp. ve *Sclerotinia* spp.) kök çürüklüğü etmenlerine karşı kimyasal mücadelede %50 Captan + %20 Pencycuron, %50 Captan, 360 g l⁻¹ Hymexazole, %50 Metalik bakıra eşdeğer bakır oksiklorid, %25 Metalik bakıra eşdeğer bakır sülfat, 722 g l⁻¹ Propamocarb-hydrochloride, 530 g l⁻¹ Propamocarb + 310 g l⁻¹ Fosetyl, 25 g l⁻¹ Fludioxonil + 10 g l⁻¹ Metalaxyl-M, 12,5 g l⁻¹ Fludioxonil + 5 g l⁻¹ Metalaxyl, %1,34 *Bacillus amyloliquefaciens* (*B. subtilis*) strain QST 713 min.1x10⁻⁹ cfu ml⁻¹, gibi aktif maddeli fungusitlerle ilaçlama önerilmektedir (Anonim, 2024). Bununla birlikte bu ilaçların yanısıra tütün dışında diğer kültür bitkilerinde kök ve kök boğazı çürüklüğüne karşı ruhsatlı olan fungusitlerinde tütünde tohum ilaçlaması ve fide ilaçlamasında kullanıldığı üreticiler tarafından bildirilmektedir (Aydoğan ve Baran, 2023). Bu fungusitlerin etkinliği, konukçu bitki, inokulum yoğunluğu, uygulama zamanı ve çevre koşullarına göre etkisi konusundan yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bununla birlikte Türkiye'de tütünde ruhsatlı

olmayan diğer aktif maddelerin etkinliği üzerine bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma kapsamındaki amacımız *R. solani* AG 2-1 ırkı patojenine karşı farklı fungusitlerin *in vitro* ve *in vivo* koşullarda özellikle tohum ilaçlaması şeklinde kullanılarak hastalığının gelişimi üzerine etkinliklerini incelemektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Ülkemizde Ege bölgesinde yaygın olarak tarımı yapılan Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü (ETA) tarafından tescil ettirilen, üreticiler tarafından tercih edilen Akhisar 97 tütün çeşidi ile Çizelge 1'deki fungusitler materyalimizi oluşturmuştur.

Çizelge 1. Fungisitlerin fungisidal etkinliğinin *in vitro* koşullarda belirlenmesinde kullanılan fungusitlere ait aktif madde, firması, formülasyon şekli, doz bilgileri

Table 1. Active substance, company, formulation form, dose information of fungicides used in the determination of fungicidal activity of fungicides under *in vitro* conditions

Aktif Madde (%)	Ticari İsmi	Firması	Formülasyon*	Dozu
Fludioxanil 25 g l ⁻¹ +Metalaxy-M 10 g l ⁻¹	Maxim XL 035	Syngenta	FS	7,5ml / m ² 3 litre su
100 g l ⁻¹ Fludioxonil	Celest Max 100	Syngenta	FS	20 ml / 100 kg tohuma
%35 Metalaxyl	Barrier 35 DS	Hektaş	DS	500 gr / 100 kg tohuma
360 g l ⁻¹ Hymexazole	Tachigaren 30 L	Sumi Agro	SL	200ml / 100 l su
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai KRL-AG2	T-22 Planter Box	Hasel Tarım Ürünleri	WP	7,5 g / 1 kg tohuma

* FS: tohum ilaçlaması için akıcı konsantre, DS: kuru tohum ilacı, SL: suda çözünen konsantre, WP: ıslanabilir toz.

* FS: flowable concentrate for seed treatment, DS: dry seed treatment, SL: water soluble concentrate, WP: wettable powder.

2.2. Metot

2.2.1. In Vitro Test

Fungisitlerin *in vitro* koşullarda *R. solani* misellerin gelişimine olan etkisini belirleyebilmek amacıyla tütün bitkisinden izole edilen, morfolojik ve moleküler tanılamada *R. solani* AG-2-1 olarak belirlenen 393 nolu izolatu kullanılmıştır. Çalışmada yer alan fludioxonil 25 g l⁻¹+metalaxy-M 10 g l⁻¹, 100 g l⁻¹ fludioxonil, %35 metalaxyl, 360 g l⁻¹ hymexazole, *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2

fungisitlerin fungisidal etkinlikleri, aynı konsantrasyonları (0, 3, 10, 30, 100, 300, 1000 $\mu\text{l ml}^{-1}$) içeren PDA besi ortamına ilave edilerek belirlenmiştir. Kullanılan fungusitlerin stok solüsyonları hazırlanmış ve stok solüsyonlardan elde edilen konsantrasyonlar $50\pm 2^\circ\text{C}$ 'ye soğutulmuş steril PDA besi içerisine ilave edilmiştir ve her petriye (90x100x17 mm) 10 ml olacak şekilde paylaştırılmıştır. Kontrol olarak fungusit konsantrasyonlarının miktarı kadar steril saf su ilave edilmiş PDA besi ortamları kullanılmıştır. Fungisit konsantrasyonlarını içeren besi yerlerinin orta noktasına, 7 günlük gelişime sahip *R. solani* 393 izolatına ait fungal koloninin dış kenarlarından Corch-bore aleti ile kesilmiş 5 mm çapındaki miselyal diskler ilave edilmiştir. İnokulasyon işlemi yapılan uygulama ve kontrol petrileri, $25\pm 2^\circ\text{C}$ 'de 7 gün boyunca karanlıkta inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda fungusun miselyal gelişimi ölçülerek fungusitlerin miselyal gelişimi engelleme oranları (%) tespit edilmiştir (Uysal and Kurt, 2019). Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre her bir petri 1 tekrür ve her konsantrasyon 3 tekrür olacak şekilde kurulmuştur.

2.2.2. In Vivo Test

Rhizoctonia solani'nin kök ve kök boğazında oluşturacağı hastalık gelişimini kontrol etmek için 25 g l^{-1} fludioxonil + 10 g l^{-1} metalaxy-M, 100 g l^{-1} fludioxonil, %35 metalaxyl, 360 g l^{-1} hymexazole, *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2 aktif maddelerini içeren fungusitler firmaları tarafından tavsiye edilen dozlarında kullanılmıştır. Üreticiler tarafından en çok tercih edilen Akhisar 97 tütün çeşidine ait tohumlara yüzeysel dezenfeksiyon uygulanmıştır. Dezenfeksiyon için tohumlar % 1'lik sodyum hipoklorit (NaOCl) içinde 1 dakika tutulmuş ve hemen ardından 3 kez steril saf suda durulanmıştır ve tohum çimlenmesini sağlamak için su içerisinde 1 saat kadar bekletilmiştir. Sudan çıkarılan tohumlar normal oda koşullarında (27°C 'de) 1 saat kadar bekletilerek kurutulmuştur. Kuruyan tütün tohumları tavsiye edilen dozlarda hazırlanan fungusit konsantrasyonları içerisinde 30 dk. kadar bırakılmış ve biyogüvenlik kabini Class 2 içerisinde 12 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Dezenfekte edilen tütün tohumları, %70 Etil alkol ile silinmiş ve kurutulmuş 300 gözlü siderefor viyollere bir miktar steril torf ilave edildikten sonra her göze bir adet tohum olacak şekilde yerleştirilmiştir. Viyollerdeki tohumların üzerine 10 mg g^{-1} toprak oranında hesaplanan patojen inokulumu ilave edilerek tohumlar hastalandırılmıştır. Viyollerin üzeri steril torf ile kapıtılmıştır viyoller 16 saat aydınlık-8 saat karanlık ve $25\pm 2^\circ\text{C}$ sıcaklık içeren iklim odasında iki haftalık inkübasyon periyoduna alınmıştır. Viyollerdeki bir sıra üzerinde yer alan 12 göz 1 tekrür olacak şekilde deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol olarak kullanılan viyol gözlerine ise sadece steril tütün tohumları ilave edilmiştir.

İnkubasyon periyodu sonunda gelişen bitkicikler saksılardan sökülerek akan su altında yıkanmıştır ve kök ve kök boğazı alanları enfeksiyon belirtileri yönünden araştırılmıştır. Hastalık ölçümleri için her bitkinin kök ve kök boğazı alanındaki nekrotik lezyon oluşumu incelenerek Palacıoğlu ve ark. (2019) 1-5 skalası (1: Hiç nekrotik lezyon yok, 2: Kök ve kök boğazı üzerinde yüzeysel minik kahverengi nekrotik lezyonlar, 3: Kök ve kök boğazında doku içene batık, yaygın kahverengi nekrotik lezyonlar, 4: Aşırı kök ve kök boğazı çürüklüğü, gövdeyi saran lezyon gelişimi, 5: Çıkış öncesi veya sonrası çökerten, bitki ölümü)’na göre ölçümler yapılmıştır. Hastalık şiddeti Townsend-Heuberger formülüne; % etki hesaplaması ise Abbott formülü ile gerçekleştirilmiştir (Townsend ve Heuberger, 1973; Abbott, 1925)

2.3. İstatistiksel Analizler

Bu çalışmada, fungusitlerin farklı dozlarda misel gelişimini %50 engelleyen etkili konsantrasyonları (EC_{50}) SPSS istatistik programı (Versiyon 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılarak Probit analizi ile elde edilmiştir. Farklı fungusit konsantrasyonlarını içeren petrilerdeki antifungal etkinlik çalışmalarının yapıldığı petrilerdeki misel gelişimini engellenme oranları % oranlarına çevrilmeden SPSS istatistik programı (SPSS Statistics 17.0) kullanılarak tek yönlü ANOVA ile yapılmış ve uygulamalar arasındaki farklılık Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile analiz edilmiştir ($P \leq 0.05$). *In vivo* denemeler sonucunda elde edilen değerler üzerinden uygulamaların birbirlerinden farklılığı varyans analizi ve ortalamalar arasındaki farklılıklar ise JMP 17 istatistik programı ile LSD (0,05) Student’s t testine göre yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. In Vitro’da Fungisitlerin *Rhizoctonia Solani*’nin Miseliyal Gelişimi Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

Fungisitlerin *in vitro*’da *R. solani*’nin miseliyal gelişimine olan etkisi 3-1000 $\mu\text{g ml}^{-1}$ arasında 6 farklı konsantrasyonda denenmiştir. Çalışma kapsamında, hastalık etmeni *R. solani*’nin misel gelişimini % 50 oranında engellemek için fungusitlerin gereken etkili konsantrasyon (EC_{50}) değerleri, SPSS istatistik yazılım aracılığıyla probit analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Farklı aktif maddelere sahip fungusitlerin *R. solani* 393 izolatının *in vitro* koşullardaki misel gelişimini engelleyen antifungal etkileri incelendiğinde, Fludioxonil 25 g l^{-1} +metalaxy-M 10 g l^{-1} , 100 g l^{-1} fludioxonil aktif maddeli fungusitler 30 $\mu\text{g ml}^{-1}$ konsantrasyonun da en yüksek etkinliği (%100) göstermiştir (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlara göre, en düşük EC_{50} değerleri fludioxonil 25 g l^{-1} +metalaxy-M 10 g l^{-1} ve 100 g l^{-1} fludioxonil sırasıyla 11.7 $\mu\text{g ml}^{-1}$ ile 15.8 $\mu\text{g ml}^{-1}$ en yüksek fungisidal etkinlik gösteren aktif maddeler olarak kaydedilmiştir. Çizelge 2’de yer aldığı gibi bu aktif maddeleri 62.2 $\mu\text{g ml}^{-1}$ ile

Trichoderma harzianum Rifai KRL-AG2 biyofungisiti, 107.9 µg ml⁻¹ ile 360 g l⁻¹ Hymexazole aktif maddeli fungusitler takip etmiştir. *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2 biyofungisiti ve hymexazole aktif maddeleri EC₅₀ değerleri ile orta derecede etkinlik göstermiştir. Fungisitler arasında 448.65 µg ml⁻¹ EC₅₀ değerine sahip %35 metalaxyl aktif maddesi en düşük etkinliğe sahip olmuştur (Çizelge 2). Çalışmada kullanılan biyofungisit *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2 ve hymexazol fungusiti 300 µg ml⁻¹ konsantrasyonunda miseliyal gelişimi tamamen engeller iken %35 Metalaxyl etkili maddesi ise 1000 µg ml⁻¹ konsantrasyonunda miseliyal gelişimi tamamen engellemiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. *In vitro* koşullarda farklı konsantrasyonlarda kullanılan bazı fungusitlerin *R. solani* izolatının misel gelişiminin engellenmesi üzerine olan antifungal etkileri

Table 2. Antifungal effects of some fungicides used at different concentrations on inhibition of mycelial growth of *R. solani* isolate under in vitro conditions

Fungisitler ve uygulama dozları (µg/ml)*							
Fludioxanil 25 g l ⁻¹ +Metalaxy-M 10 g l ⁻¹							
Kontrol	3	10	30	100	300	1000	EC ₅₀ Değeri**
70.3±2.8 d	16.0±2.3 c	9.3±1.6 b	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	11.7
100 g l ⁻¹ Fludioxanil							
Kontrol	3.0	10.0	30.0	100.0	300.0	1000.0	EC ₅₀ Değeri
70.3±2.8 d	36.0±3.0 c	17.3±1.0 b	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	15.8
Trichoderma harzianum Rifai KRL-AG2							
Kontrol	3.0	10.0	30.0	100.0	300.0	1000.0	EC ₅₀ Değeri
70.3±2.8 f	37.0±2.0 d	8.3±1.8 c	7.6±1.5 c	4.3±0.6 b	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	62.2
360 g l ⁻¹ Hymexazole							
Kontrol	3.0	10.0	30.0	100.0	300.0	1000.0	EC ₅₀ Değeri
70.3±2.8 g	53.0±3.0 e	40.7±2.6 d	26.7±2.2 c	9.0±1.7 b	0.0±0.0 a	0.0±0.0 a	107.9
%35 Metalaxyl							
Kontrol	3.0	10.0	30.0	100.0	300.0	1000.0	EC ₅₀ Değeri
70.3±2.8 e	62.0±2.5 f	47.3±3.0 e	34.7±3.1 d	28.0±3.5 c	18.3±2.0 b	0.0±0.0 a	448.7

* Satır içinde yer alan ortalama koloni çaplarının (mm ±S.D.) yanındaki farklı harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testine göre önemli olduğunu gösterir (P<0.05).

**Fungisitlerin misel gelişimini %50 düzeyinde engelleyen etkili konsantrasyonları (EC₅₀) her bir fungusit için farklı konsantrasyonlarda elde edilen değerleri kullanılarak SPSS istatistik programı (Versiyon 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) yardımı ile Probit analizi yapılarak tahmin edilmiştir.

* Different letters next to the mean colony diameters (mm ± S.D) in the row indicate that the difference between treatments is statistically significant according to Duncan Multiple Comparison Test (P<0.05).

**The effective concentrations (EC50) of the fungicides inhibiting mycelial growth at 50% level were estimated by Probit analysis using the values obtained at different concentrations for each fungicide using SPSS statistical program (Version 17.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Dünyada ve Türkiye’de tütünde yaprak leke ve kök çürüklüğü hastalığının tohum dönemindeki kimyasal mücadelesi konusundaki çalışmaların oldukça kısıtlı düzeyde olduğu gözlenmektedir. Çinde tütün yaprağının mikrobiyal yoğunluğu ve çeşitliliği üzerine etkisi amacıyla *in vitro* koşullarda azoxystrobin fungusitinin *R. solani*’nin miselyal gelişimi etkisi belirlenmiştir. Üç *R. solani* izolatının *in vitro*’da Azoxystrobin etkili maddesinin EC₅₀ değeri 14.13-16.68 mg L⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama 15.71 mg L⁻¹ miselyal gelişimi engellediği belirlenmiştir (Sun ve ark., 2022). Tütün fidelerinde çökerten hastalığına neden olan *R. solani*’nin kimyasal kontrollünde *in vitro* koşullarda 8 farklı fungusit (70% thiophanate-methyl, 800 g/kg mancozeb, 120 g/kg ametoctradin + 440 g/kg metiram, 300 g/l ametoctradin + 225 g/l dimetomorph, 267 g/kg boscalid + 67g/kg pyraclostrobin, 250 g/l azoxystrobin, tebuconazole 250 g/l, difenoconazole 250 g/l) test edilmiştir. Test edilen tüm fungusitler bu patojenin kontrolünde son derece yüksek etkinlik göstermiştir. Ancak, kontakt fungusitlerden Manfil 80WP (800 g/kg mancozeb) ve Enervin WG (120 g/kg ametoctradin+440 g/kg metiram) ile sistemik Signum 33 WG (267 g/kg boscalid +67g/kg pyraclostrobin) ve Quadris 25 SC (250 g/l azoxystrobin) patojen gelişimini %100 engelleyerek en iyi etkinliği göstermiştir (Biljana, 2018). Tütünde *R.solani*’nin neden olduğu kök çürüklüğü yönetiminde biyolojik kontrol bir başka önemli konudur. *T. harzianum* Rifai izolatları *R. solani*’nin koloniyel büyümesini azaltmış ve bitkilerdeki hastalık kontrolünü artırmıştır (Cole and Zvenyika, 1988). Çeltik kavuz yanıklığı patojeni *R. solani*’ye karşı biyokontrol ajanlarının *in vitro*’da değerlendirildiği çalışmada; *Trichoderma viride* %72.65 engelleyicilik oranı ile diğer biyolojik kontrol ajanlarına [*Penicillium notatum* (%64.07), *T. atroviride* (%62.51), *T. harzianum* (%42.18), *T. longibrachiatum* (%38.29), *T. koninzii* (%3.14), *Aspergillus niger* (%1.57)] göre en yüksek etkinliğe sahip olmuştur (Srinivas ve ark., 2013).

3.2. In Vivo’da Tütün Tohumuna Farklı Fungisit Uygulamalarının *Rhizoctonia Solani*’nin Hastalık Oluşumu Üzerine Etkileri

Tütün fideliklerinde yoğun şekilde izole edilen *Rhizoctonia* kök çürüklüğü hastalık etmeninin kontrollü için farklı aktif madde içeriğine sahip fungusitler ile yapılan tohum uygulamalarının hastalık gelişimi üzerindeki etkisinin değerlendirildiği çalışmada 5 fungusit denemeye alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan *R. solani* AG-2-1 izolatının virulensliğinin yüksek olduğu, tohumların çimlenme yeteneğini bozarak çıkış öncesi kök ve kök boğazı bölgesinde kahverengiden siyaha dönüşen nektrotik lekeler oluşturarak çökertene neden olduğu gözlemlenmiştir ve böyle alanlarda patojenin miselyal yapısı dikkat çekmiştir. Bunun yanı sıra, tohumdan çıkarak gelişme gösteren fidelerin kök boğazı kısmında derin içe batık lekelerin oluştuğu görülmüştür.

Patojen ile inokulasyondan 14 gün sonra tohumlardan gelişen tütün fideleri incelendiğinde ise ortalama hastalık şiddeti oranları yüksek bulunmuştur ve ista-

tistiksel olarakta fungusit uygulamaları arasında farklılıklar olmasında bunu kanıtlamıştır (Çizelge 3). Değerlendirme sonucunda tütün fidelerindeki hastalık şiddeti değerleri %17.22-%34.40 arasında değişmiştir. Bu kapsamda en yüksek engellemeyi %71.2 etki ile fludioxonil 25 g l⁻¹+metalaxy-M 10 g l⁻¹ daha sonra sırasıyla 100 g l⁻¹ fludioxonil, *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2 ve 360 g l⁻¹ hymexazole uygulamaları aynı istatistiksel gruba girerek sağlamıştır. En düşük etki %41.5 ile %35 metalaxyl aktif maddesinde kaydedilmiştir (Çizelge 3). Tohum enfeksiyonu ve hastalık gelişimine bağlı olarak 100 g l⁻¹ fludioxonil, *Trichoderma harzianum* Rifai KRL-AG2, 360 g l⁻¹ hymexazole'nin orta düzeyde hastalık gelişimini engellediği tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Farklı fungusitler ile tohum uygulaması yapılan ve *Rhizoctonia solani* ile inokule edilen tütün fidelerinde tespit edilen % hastalık şiddeti değerleri ve % etki oranları

Table 3. % disease severity values and % effect ratios in tobacco seedlings inoculated with *Rhizoctonia solani* and seed treated with different fungicides

Aktif Madde %	Kullanım dozu	Hastalık Şiddeti* %	% Etki
Fludioxonil 25 g l ⁻¹ +Metalaxy-M 10 g l ⁻¹	0,75 ml 1 kg ⁻¹ tohum	17.22 ± 1.3 a	70.75
100 g l ⁻¹ Fludioxonil	0.2 ml 1kg ⁻¹ tohum	18.89 ± 0.9 ab	67.92
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai KRL-AG2	7.5 g 1kg ⁻¹ tohum	30.00 ± 2.2 ab	49.05
360 g l ⁻¹ Hymexazole	5g 1 kg ⁻¹ tohum	31.11 ± 1.8 ab	47.16
%35 Metalaxyl	2 ml 1kg ⁻¹ tohum	34.40 ± 1.5 b	41.50
Kontrol		58.89 ± 0.71 c	

* Satır içinde yer alan farklı harfler uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel olarak LSD Student's testine (0.05) göre önemli olduğunu gösterir. CV değeri 0.29 olarak hesaplanmıştır.

* Different letters in a row indicate that the difference between treatments is statistically significant according to LSD Student's test (0.05). CV value was calculated as 0.29.

Çalışmada *Rhizoctonia* kök çürüklüğüne karşı fludioxonil+metalaxyl-M ve yalnızca fludioxonil aktif maddeli fungusitler en etkili bulunan fungusitler olmuştur. Phenylpyrrole grubu fungusitlerinden fludioxonil ülkemizde tek başına veya metalaxyl-M ile ikili karışım halinde hem yeşil aksam hem de tohum ilacı olarak ruhsatlıdır (Tosun ve Onan, 2014). Phenylpynrrole grubu fungusitlerin tohum ya da fide tarafından alınimleri kısıtlıdır ve tohuma uygulanan fludioxonil'in önemli bir kısmının tohum ya da fidenin çevresinde kalmaktadır. Bu sayede tohumun üzerinde koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır, fide çevresinde ise bir zırh gibi bitkinin kök bölgesini toprak patojenlerinden korumaktadır (Delen, 2016). Bu fungusitler farklı ülkelerde tahıllarda, patateste, mısırdaki, çeltikte, fasulye ile meyvelerde patojen olan *R. solani*'ye karşı ruhsatlıdır ve etkili bir koruma sağlamaktadır (Bost, 2006; Knodel ve ark., 2016).

Tütün tohumlarına uygulanan *T. harzianum* Rifai KRL-AG2 biyofungisitinin hastalık şiddeti (%30) yüksek bulunmuştur ancak % etkinliğinin orta seviyelerde (%50) kaldığı ve tohum çıkışı ile sağlıklı kök gelişimini teşvik ettiği belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan *T. harzianum* Rifai KRL-AG2 ırkının farklı fungal patojenlerle farklı etkileşimlere sahip olabileceği ve etkinliklerinin farklı agroekolojik bölgelerde değişebileceği dikkate alınması gereklidir. Ayrıca, *T. harzianum*'un etkinliği bu çalışmada kullanılan *R. solani* AG-2-1 ırkına karşı test edilmiştir ve *Rhizoctonia*'nın farklı ırklarına karşı farklı tepkiler verebileceği düşünülmektedir. *T. harzianum* T5 and *T. hamatum* T8 biyolojik kontrol ajanları *Rhizoctonia solani* AG-3PT patojenine karşı, patates ile lahana ve brokoli olmak üzere iki Brassica çeşidi tohumunun çimlenme yeteneğine karşı etkisi açısından *in vivo* koşullarda değerlendirilmiştir. *T. hamatum* T8 izolatının Brassica tohumlarında patojenin engelleme yüzdesi sırasıyla %30-%35 bulunurken patates tohumunda %3 olarak belirlenmiştir (Alshimaysawe, 2018).

4. SONUÇ

Kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalık etmenine karşı farklı etki mekanizmasına sahip fungusitlerin etkinlikleri *in vitro* ve *in vivo* şartlarda belirlenmiştir. Sonuçlara göre fludioxanil 25 g l⁻¹+metalaxy-M 10 g l⁻¹ ve 100 g l⁻¹ fludioxonil düşük EC₅₀ değerleri ile *Rhizoctonia solani* AG-2-1 393 izolatına karşı etkililiği yüksek fungusitler olarak tespit edilmiştir. *Trichoderma harzianum* Rifai AG-2 biyofungisitinin, tohuma uygulanmasının hastalığın şiddetini orta derecede engellediği ve kök bölgesindeki gelişimi teşvik ettiği böylece hastalığın ortaya çıkabileceği her aşamada kontrolü sağlayabileceği gözlemlenmiştir. Tütünde *Rhizoctonia solani* kök çürüklüğü hastalığı ile mücadelede tohum ilaçlamasında yalnızca kimyasal fungusitlerin uygulanması yerine biyofungisitlerinde (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma spp.*'nin vb.) yer aldığı entegre bir tohum ilaçlamasının yapılması tavsiye edilmektedir. Geleneksel tütün üretiminin çevre ve insan sağlığı üzerinde çok sayıda olumsuz etkisi vardır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, kök çürüklüğü hastalığıyla mücadelede; fungusitler, herbisitler, biyolojik kontrol ajanları ve bitki besleme programlarının entegre şekilde değerlendirilebileceği, tütün fideliklerine yönelik farklı toprak uygulama stratejilerinin araştırılması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu makalede, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tütün Şubesi Bölüm Başkanlığına ve Dr. Ziraat Yük. Müh. Esra ALBAZ'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çıkar Çatışması

Yazar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

KAYNAKLAR

- Abbott, W.S., 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Economy Entomol.* 18:265-267.
- Akarca, Z., 2013. Erzincan ilinde fasulye bitkilerinin toprak üstü aksamlarından izole edilen *Rhizoctonia* türlerinin anastomosis grupları ve patojenitesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Alshimaysawe, U.A., 2018. Factors affecting biocontrol of *Rhizoctonia* diseases and growth promotion of potato by *Trichoderma* species. The Published Doctor of Philosophy Thesis. 232p. <https://rune.une.edu.au/web/bitstream/1959.11/31914/11/openpublished/AlshimaysaweUsamahPhD2019Thesis.pdf> (Erişim tarihi: 24 Mayıs 2024).
- Anonim, 2024. Tarım ve Orman Bakanlığı Tütün ve Alkol Dairesi Başkanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/TADAB/Menu/22/Tutun-Ve-Tutun-Mamulleri-Daire-Baskanligi>. (Erişim tarihi: 17 Şubat 2024).
- Aydoğan, M., Baran, M., 2023. Tütün Yetiştiriciliğinde Tarım İlaçları Kullanımı ve Üreticilerin Zirai Mücadele Bilinç Düzeylerinin Belirlenmesi: Çelikhán Tütünü Örneği, Türkiye. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 10(2): 180-190.
- Biljana, B., 2018. *In vitro* Evaluation of the Effectiveness of Some New Fungicides in the Control of *Rhizoctonia solani* in Tobacco Seedlings. *International Journal of Environmental & Agriculture Research (IJOEAR)*, 4(4): 56-65.
- Bost, S., 2006. Root rots and seedling disease of beans and peas. The University of Tennessee Extension SP277-O.
- Cole, J.S., Zvenyika, Z., 1988. Integrated control of *Rhizoctonia solani* and *Fusarium solani* in tobacco transplants with *Trichoderma harzianum* and triadimenol. *Plant Pathol.* 37, 271-277.
- Çalışkan, Ö. ve Kevseroğlu, K., 2005. Tütün Fidesi Üretiminde Su Kültürü Sistemi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 20(1):73-77.
- Delen, N., 2016. Fungisitler. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. Ankara, Yayın No:1441, 534 p.
- Elliott, P.E., Lewis, R.S., Shew, H.D., Gutierrez, W.A. And Nicholson, J.S., 2008. Evaluation of Tobacco Germplasm for Seedling Resistance to Stemrot and target Spot Caused by *Thanatephorus Cucumeris*. *Plant Diseases* 92, 425-430.
- Ergün, S.G., Uğurlu, K. E., 2015. 1935 Yılından Günümüze Türkiye'de Tütün Ekimi ve Üretiminde Bölgesel Değişimler ile Alternatif Ürün Projesinin Etkileri. Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi. Erişim Tarihi: 10.05.2024. https://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/sem4_12.pdf.
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2021. Erişim Tarihi: 20.04.2023. Crops and Livestock Products. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/PP>).
- Harveson, R.M., Hanson, L.E., Hein, G.L., 2009. Compendium of Beet Diseases and Pests. St. Paul, MN: American Phytopathological Society.
- Gürkanlı, C.T., Ozkoc, İ., Güngöz, İ. 2009. Molecular and Conventional Identification and Pathogenicity of *Rhizoctonia solani* isolates from Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) in Samsun, Turkey. *Journal of Phytopathology*, 157 (11-12):686 - 696.
- Karabacak, K., 2017. Türkiye'de tütün tarımı ve coğrafi dağılışı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 15(1): 27-48.
- Keijer, J., 1996. The initial steps of the infection process in *Rhizoctonia solani*. In: Sneh, B., Jabaji-Hare, S., Neate, S. and Dijst, G. (Eds). *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 149-162.
- Knodel, J., Beauzay, P., Endres, G., Franzen, D., Kandel, H., Markell, S., Osorno, J., Pasche, J., Zollinger, R., 2016. 2015 dry bean grower survey of production, pest problems and pesticide use in Minnesota and North Dakota E-1802. North Dakota Cooperative Extension Service Publication.
- Palacioğlu, G., Cankara, B., Bayraktar, H., Özer, G., 2019. Fasulyede *Rhizoctonia solani*'nin Neden Olduğu Kök Çürüklüğüne Karşı Tohum Bazı Fungisit Uygulamalarının Etkinliği. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)*, 5(1): 96 - 102.
- Srinivas, P., Ratan, V., Narayan Reddy, P., Bindu Madhavi, G., 2013. *In-vitro* Evaluation of Fungicides, Biocontrol Agents and Plant Extracts Against Rice Sheath Blight Pathogen *Rhizoctonia solani*. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 5(1):121-126.
- Sneh, B., Burpee, L., Ogoshi, A., 1991. Identification of *Rhizoctonia* Species. St. Paul: The American Phytopathological Society, APS Press, p. 134.
- Sneh, B., Jabaji-Hare, S., Neate, S., Dijst, G., 1996. *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 578.
- Sun, M., Shi, C., Ju, L., Wang, H., Cai, L., Liu, T., Xiang, L. 2022. First report of target spot caused by *Rhizoctonia solani* AG-6 in tobacco in China. *Plant Diseases*, 106, 2761.
- Tosun, N., Onan, E., 2014. Ruhsatlı Bitki Koruma Ürünleri 2014/2015. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Tütün ve Alkol Dairesi Başkanlığı, 2024. Yaprak tütün üretim verileri 2024 yılı. <https://www.tarimorman.gov.tr/TA-DAB/Menu/22/Tutun-Ve-Tutun-Mamulleri-Daire-Baskanligi> (Erişim tarihi: 2 Aralık2024).

- Townsend, G-K, Heuberger, J.W., 1943. Methods for Estimating Losses Caused by Diseases in Fungicide Experiments Plant Diseases Report, 27:340-343.
- Uysal, A., Kurt, S. 2019. *In vitro* sensitivity of anthracnose disease agent, *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., to some fungicides on lemon. Plant Protection Bulletin, 59(1): 53-62.
- Yıldırım, E., Erper, I., 2017. Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. isolated from vegetable crops grown in greenhouses in Samsun province, Turkey. Bioscience Journal, 33(2):257-267.