



Effects of Seed Treatment with *Trichoderma harzianum* (TRIC8) on Seedling Growth and, Root and Crown Rot Disease in Wheat Caused by *Fusarium culmorum*

Berkcan ÖZDAMAR¹ Nuray ÖZER²

¹Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Tekirdağ

ABSTRACT

The effects of seed treatment with *Trichoderma harzianum* isolate (TRIC8) on seedling development, pre-emergence damping-off, root and crown rot caused by *Fusarium culmorum* in wheat were determined in this study. The all tests were carried out under controlled conditions and *F. culmorum* was inoculated to the sterilized soil. Seeds treated with TRIC8 were sown in inoculated soil with pathogen at different periods (at the same time as the pathogen inoculation, 3 and 5 days after inoculation). The sensitive wheat cultivar Flamura 85, a virulent *F. culmorum* isolate FC14 and a fungicide with active ingredient of Pyraclostrobin + Triticonazole were used through the experiments. TRIC8 had not any negative effect on seedling development when it was used alone as seed treatment. The highest increases in length, fresh and dry weight of shoots were obtained in plants developed from TRIC8 treated seeds at 3 days after inoculation. The pre-emergence damping-off was inhibited at the rate of 54.55% and 53.73% in this treatment and simultaneous treatment as the pathogen, respectively, and the rate of root and crown rot was similar to that of fungicide treated seeds. The results show that TRIC8 can be use in the soils where the pathogen was at low density.

Keywords: Wheat (*Triticum aestivum*), *Fusarium culmorum*, *Trichoderma harzianum*, Biological control, Damping-off

ÖZ

***Trichoderma harzianum* (TRIC8) ile Tohum Uygulamasının Buğdayda Fide Gelişimi ve *Fusarium culmorum* Tarafından Oluşturulan Kök ve Kök Boğazı Çürüklüğü Hastalığına Etkileri**

Bu çalışmada *Trichoderma harzianum* izolatı (TRIC8) ile tohum uygulamasının buğdayda fide gelişimine, *Fusarium culmorum*'un neden olduğu çıkış öncesi çökerten, kök ve kök boğazı çürüklüğüne etkileri belirlenmiştir. Tüm testler kontrollü koşullarda gerçekleştirilmiş, *Fusarium culmorum* steril edilmiş toprağa inokule edilmiştir. TRIC8 ile uygulama yapılmış tohumlar farklı zaman dilimlerinde (inokulasyonla aynı zamanda, inokulasyondan 3 ve 5 gün sonra) patojenle bulaşık toprağa ekilmişlerdir. Denemelerde hassas çeşit Flamura 85, virulent *F. culmorum* izolatı (FC14) ve karşılaştırmak amacıyla Pyraclostrobin + Triticonazole etkili maddeli fungusit kullanılmıştır. TRIC8 tek başına uygulandığında fide gelişimi üzerine negatif bir etkisi olmamıştır. Her ne kadar fide çıkışı düşük oranda azalsa da sürgün uzunluğu, sürgün yaş ve kuru ağırlığındaki en yüksek artışlar, patojenin inokulasyonundan 3 gün sonra TRIC8 uygulanmış tohumlardan gelişen bitkilerde elde edilmiştir. Bu uygulamada ve patojenle eş zamanlı uygulamada, çıkış öncesi çökerten sırasıyla %54.55 ve %53.73 oranında engellenmiş, kök ve kök boğazı çürüklük oranı fungusit uygulanan tohumlardan gelişen bitkilere benzerlik göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, TRIC8'in patojenin düşük yoğunlukta olduğu topraklarda kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Buğday (*Triticum aestivum*), *Fusarium culmorum*, *Trichoderma harzianum*, Biyolojik kontrol, Çökerten

GİRİŞ

Buğday (*Triticum aestivum* L.), Gramineae familyasından olup çok eski zamanlardan beri yetiştirilen ve insan beslenmesinde önemli role sahip olan bir bitkidir. Dünya genelinde insan gıdasının yaklaşık %21'i buğday ve buğdaydan hazırlanan ürünlerden sağlanmaktadır (Meral ve Saydan, 2012). Dünyada buğday ekim alanı 2019 yılında 215,901,958 hektar olup üretim

765,769,635 ton'dur ve Türkiye 6,831,854 ha ekim alanı ile 11. sırada, 19,000,000 ton üretim ile 12. sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Buğdayda, iklimsel değişiklikler ve çevresel faktörlerin etkisiyle, verim kaybı ve ürünün kalite değerlerini olumsuz etkileyen başak (sürme, rastık) ve yaprak hastalıklarının (kara pas, sarı pas, kahverengi pas, septorya yaprak lekesi, çeşitli yaprak lekeleri) yanısıra kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı önemli derecede verim kaybına neden olmaktadır. Buğdayda kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan önemli fungal etmenler arasında *Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.), *Rhizoctonia* spp. ve *Pseudocercospora herpotrichoides* bulunmakla birlikte, Trakya Bölgesi'nde en yaygın türün

Article Info / Makale Bilgileri

Corresponding author e-mail: nurayozzer62@gmail.com

Received: June 21, 2021 Accepted: February 8, 2022

ORCID ID's of Authors in order:

0000-0003-2379-1311, 0000-0001-6876-7580

İlk yazının Yüksek Lisans tezi ürünüdür.

F. culmorum olduğu belirtilmektedir (Tunalı ve ark., 2008; Hekimhan, 2010; Köycü ve Özer, 2019). Hastalığın kontrolünde daha çok azole (bromuconazole, cyraconazole, methaconazole, prochloraz, propiconazole, prothiaconazole ve tebuconazole) ve strobilurin grubu fungusitler kullanılmaktadır. Bu fungusitler özellikle düşük hastalık yoğunluğunun olduğu ve orta düzeyde dayanıklı genotiplerin kullanılması durumunda %70'in üzerinde olumlu etki göstermektedirler (Sherm ve ark., 2013; Sukut ve Köylü, 2019a; 2019b). Bununla birlikte bu fungusitlerin uzun süreli kullanımı dayanıklı patojen bireylerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Dubos ve ark., 2011; 2013; Hellin ve ark., 2017). Ülkemizde hastalığa karşı yüksek derecede dayanıklı bir çeşidin bulunmadığı bildirilmektedir (Aktaş ve ark., 2000; Arslan ve Baykal, 2002; Demirci, 2003; Akgül, 2008; Kılınç ve ark., 2008, Köycü ve Özer, 2019; Yorgancılar ve ark., 2017). Alternatif olarak, hastalığın mücadelesinde çevre dostu biyolojik savaş ajanlarının kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmış olup, bu çalışmaların büyük bir kısmı *F. culmorum*'un tohum yoluyla (Knudsen ve ark., 1995; Etheridge, 1997; Teperi ve ark., 1998; Davanlou ve ark., 1999; Jensen ve ark., 2000; Johansson ve ark., 2003; Keyser ve ark., 2016; Mnasri ve ark., 2017) veya gövdeden bulaşmasını (Bouanaka ve ark., 2021) önlemeye yöneliktir. Bununla birlikte patojenin toprağa inokulasyonu ile biyolojik savaş ajanlarının etkinliğine yönelik daha az sayıda çalışma olup (Czaban ve ark., 2004; Erdurmuş ve Katircioğlu, 2008; Khezri ve ark., 2011; Wachowska ve Borowska, 2014; Grosu ve ark., 2015; Lounaci ve ark., 2016; Boukaya ve ark., 2018; Jaber, 2018), bu çalışmalarda genellikle antagonist uygulanmış tohumlar, patojenin toprağa inokulasyonu ile aynı zamanda ekilmişlerdir. Son yıllarda yapılan bir çalışmada da antagonistin uygulandığı tohumlar ekildikten sonra bitkiler 3-4 yapraklı olduğu dönemde toprak inokulasyonu yapılmıştır (Kthiri ve ark., 2020). *F. culmorum*'un toprağa inokulasyonu ile gerçekleştirilen tüm bu çalışmalar sonucunda kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığının %20 ile %100 arasında değişen oranlarda engellendiği görülmüştür. Ancak, patojenin toprakta gelişme sürecine bağlı olarak biyolojik ajanların etkinliğine yönelik detaylı bir araştırmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada antagonist fungus *Trichoderma harzianum* (TRIC8) izolatu uygulanmış buğday tohumlarının, buğdayda kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni *F. culmorum*'un toprağa inokulasyonu ile aynı zamanda, inokulasyondan 3 ve 5 gün sonra ekilmesi durumunda fide gelişimi ve hastalık oluşumundaki değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada patojen izolat olarak Trakya Bölgesi'nde kök ve kök boğazı çürüklüğü gösteren buğdaylardan izole

edilen, halen laboratuvarımızda mevcut olan ve yüksek düzeyde virüent olduğu bilinen (Köycü ve Özer, 2019) *Fusarium culmorum* FC-Silivri 14 kullanılmıştır. Antagonist fungus olarak kullanılan ve yine laboratuvarımızda mevcut olan *Trichoderma harzianum* (TRIC8, Accession number: MH351669) izolatu Tekirdağ ilinde buğday ile ekim nöbetine giren soğan ekili topraklardan izole edilmiştir (Özer ve ark., 2009). Söz konusu antagonist izolat daha önce yapılan çalışmalarda farklı bitkilerdeki patojenlere karşı saksı ve tarla koşullarında etkili bulunmuştur (Özer, 2011; Özer ve Arın, 2014; Hazarhun ve Özer, 2016; Çiftçigil ve ark., 2016; Özer ve ark., 2017; Özer ve ark., 2021). Patojen izolat PSA (Patates Sakkaroz Agar) ve PSB (Patates Sakkaroz Broth) ortamında, antagonist fungus ise Patates Dekstroz Agar (PDA-Merck) üzerinde 23 °C'de inkübatörde çoğaltılmıştır.

Denemeler bölgede yaygın olarak ekimi yapılan kök ve kök boğazı çürüklüğü etmeni *F. culmorum*'a olan duyarlılığı ile bilinen Flamura 85 ekmeklik buğday çeşidi ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan bu çeşit Kırklareli ili Merkez ilçesinden temin edilmiş olup *F. culmorum*'un varlığı açısından test edilmiş, etmenin varlığına rastlanmamıştır. Tüm uygulamalardan önce tohumlara yüzey dezenfeksiyonu yapılmıştır. Bu amaçla tohumlar %2'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde 5 dk bekletilip, 2 kez steril destile sudan geçirilerek steril kurutma kâğıdı üzerinde kurutulmuştur.

Denemelerde karşılaştırma yapmak amacıyla buğdayda kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenleri *Fusarium* spp. için ruhsatlı olan, ayrıca *F. culmorum* üzerine etkililiği bilinen (Sukut ve Köycü, 2019a) 40 g/l Pyraclostrobin + 80 g/l Triticonazole aktif maddeli tohum ilacı (Insure® Perform) kullanılmıştır.

Fusarium culmorum ile toprak inokulasyonu

F. culmorum inokulumunun hazırlanmasında patojen izolat önce PSA besi ortamında 10 gün süre ile geliştirilmiş, daha sonra PSA besi ortamından 1 cm'lik mantar delici ile alınan diskler, önceden hazırlanmış 50 ml'lik sıvı besi ortamlarının (PSB) herbirine birer tane olacak şekilde inokule edilmiş ve 10 gün süre ile 23 °C'de, karanlıkta inkübatörde gelişmeye bırakılmıştır (Zalila-Kolsi ve Jamoussi, 2016; Moradi ve ark., 2017; Moya-Elizando ve Jacobsen, 2016). Patojenin toprağa inokulasyonunda Moya- Elizando ve Jacobsen (2016) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla inokule edilmiş toprak karışımı yerine, patojen izolatu inokule edildiği sıvı kültürler inkübasyondan sonra steril tülbentten süzülerek 1×10^6 konidi/ml konsantrasyonunda konidi süspansiyonu hazırlanmış, önceden otoklavda steril edilmiş ve 1 hafta süre ile kurutulmuş toprakların bulunduğu saksılara (10 ml/100 g toprak) ilave edilmiştir. İnokulasyon yapılan topraklar steril bagetle karıştırılıp patojen gelişimi için uygun nem ortamı sağlanmıştır.

Trichoderma harzianum ile tohum uygulaması

Tohum uygulaması için, *T. harzianum* izolatu (TRIC8)'nın 1 hafta süre ile PDA besi ortamında geliştirilmiş kültürlerinden 1×10^7 konidi/ml oranında konidi süspansiyonu hazırlanmış ve içine Tween 20 (0.1%/l, v/v) eklenerek yüzey dezenfeksiyonu yapılmış tohumlar 2 saat süre (Erdurmuş ve Katırcioğlu, 2008) ile konidi süspansiyonu içinde sallayıcıda çalkalanmıştır. Uygulama sonrasında tohumların steril kabin içerisinde kuruması beklenmiş ve daha sonra ekimi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan antagonist izolatu (TRIC8) öncelikle bitki gelişimine herhangi bir olumsuz etkisinin olup olmadığı belirlenmiştir. Bu amaçla TRIC8 uygulanmış tohumlar (TRIC8 uygulaması), saksılara ekilerek ekimden 15 gün sonra fide çıkışı, 30 gün sonra sürgün yaş ve kuru ağırlığı belirlenmiş herhangi bir uygulama yapılmamış kontrol bitkilerle karşılaştırılmıştır.

F. culmorum ile bulaşık toprakta etmenin kontrolüne yönelik denemeler aşağıda verilen uygulamalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

- 1: Patojen inokulasyonu yapılmamış steril toprağa TRIC8 ya da fungusit uygulanmamış tohum ekimi [Negatif kontrol: K(-)]
- 2: Patojen inokulasyonu ile aynı zamanda TRIC8 uygulanmış tohum ekimi (FC + TRIC8)
- 3: Patojen inokulasyonu ile aynı zamanda fungusit uygulanmış tohum ekimi (FC + FUN)
- 4: Patojen inokulasyonu ile aynı zamanda tohum ekimi [Pozitif kontrol: K1(+)]
- 5: Patojen inokulasyonundan 3 gün sonra TRIC8 uygulanmış tohum ekimi (FC3 + TRIC8)
- 6: Patojen inokulasyonundan 3 gün sonra fungusit uygulanmış tohum ekimi (FC3 + FUN)
- 7: Patojen inokulasyonundan 3 gün sonra tohum ekimi [Pozitif kontrol: K2(+)]
- 8: Patojen inokulasyonundan 5 gün sonra TRIC8 uygulanmış tohum ekimi (FC5 + TRIC8)
- 9: Patojen inokulasyonundan 5 gün sonra fungusit uygulanmış tohum ekimi (FC5 + FUN)
- 10: Patojen inokulasyonundan 5 gün sonra tohum ekimi [Pozitif kontrol: K3(+)]

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlı ve her bir tekrarda 1 saksı (12.5×10 cm, çap × yükseklik; 400 g toprak hacimli) olacak şekilde yürütülmüştür. Yüzey dezenfeksiyonu yapılan Flamura 85 çeşidine ait 25 adet tohum/saksı olacak şekilde ekilmişler, denemeler 14 saat ışık 10 saat karanlık düzeninde 23 ± 1 °C sıcaklık ve %80 nem koşullarında iklim odasında gerçekleştirilmiştir.

Deneme sonuçlarının değerlendirilmesi

Tohum ekiminden 15 gün sonra gerek tek başına TRIC8 uygulamasının gerekse patojenle bulaşık

toprakta ilgili antagonist uygulamasının fide çıkış oranları üzerine etkisi belirlenmiştir. Yine tüm uygulamalarda ekimden 30 gün sonra her uygulamanın her tekerrüründen 5 bitki alınarak sürgün boyu ölçülmüş (AOSA, 2004), sürgünlerin yaş ağırlıkları ve sürgünler 50 °C'de etüvde kese kağıtları içinde 72 saat kurutulduktan sonra da kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bu süreçte patojen inokulasyonunun yapıldığı durumlarda çıkış öncesi çökerten (çimlenemeyen tohum ve toprak yüzeyine çıkış yapmadan ölüm) oranı, 0-4 skalası (Kök/kök boğazı; 0: Belirti yok; 1: Hafif derecede nekrotik; 2: Orta derecede nekrotik; 3: Şiddetli düzeyde nekrotik; 4: Tamamen kahverengileşmiş ve kök oluşumu yok) kullanılarak (Beccari ve ark. 2011) fidelerde kök ve kök boğazı çürüklüğü değerlendirilmiştir. Hastalık şiddeti (%) Tawsend-Heuberger formülü ile uygulamaların % etkileri ise Abbott formülü ile hesaplanmıştır (Karman, 1971).

Elde edilen veriler SPSS programı kullanılarak tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabii tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine (P=0.05) göre değerlendirilmiştir.

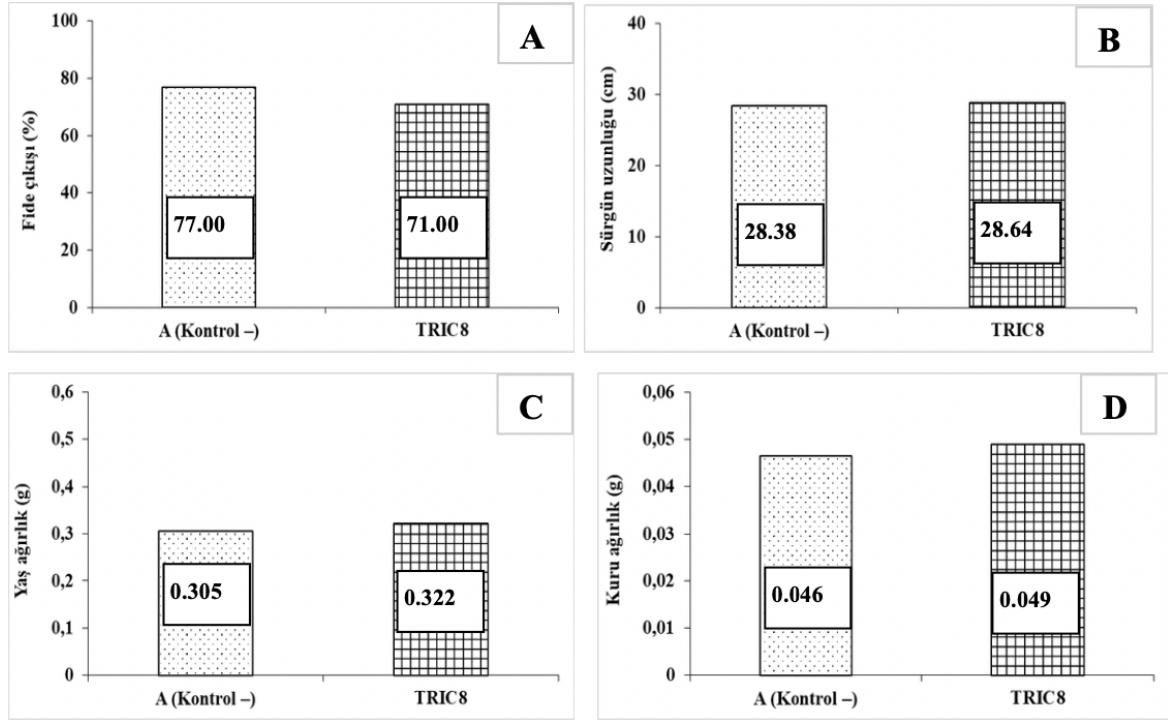
BULGULAR ve TARTIŞMA

TRIC8 ile tohum uygulamasının fide gelişimi üzerine etkisi

TRIC8 ile tohum uygulamalarının buğday fide çıkışı, sürgün uzunluğu, sürgün yaş ve kuru ağırlığı üzerine herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Şekil 1). Fide çıkışında negatif kontrole göre biraz azalma olsa da, sürgün uzunluğu, sürgün yaş ve kuru ağırlığının ise kontrole göre istatistiki olarak önemli olmamakla birlikte artış gösterdiği tespit edilmiştir. Söz konusu izolatu daha önce ayçiçeği ve soğanda yapılan çalışmalarda da bitki gelişimine herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı bildirilmektedir (Özer ve Arın, 2014; Hazarhun ve Özer, 2016).

TRIC8 ile tohum uygulamasının *F. culmorum* ile bulaşık toprakta fide gelişimine etkisi

F. culmorum'un toprağa uygulanması ile aynı zamanda herhangi bir uygulama yapılmamış tohum ekiminden sonra [K1(+)] %41 oranında fide çıkışı olmuş, etmenin toprağa inokulasyondan 3 [K2(+)] ve 5 gün sonra [K3(+)] ise fide çıkışı oldukça azalmış sırasıyla %7 ve %10 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). TRIC8 uygulaması yapılan tohumlar patojenin toprağa inokulasyonu ile aynı zamanda ekildiğinde fide çıkışı fungusit uygulamasına göre önemli bir farklılık göstermemiş patojenin inokulasyonundan 3 ve 5 gün sonra ise çıkış oranı fungusit uygulamasına göre daha düşük olmuştur. Bununla birlikte pozitif kontroller ile kıyaslandığında, TRIC8 ile 3 uygulamada da sırasıyla %19.0, 37.0 ve %11.0 oranlarında fide çıkışı artmıştır. Gerek fungusit uygulamasında gerekse antagonist



Şekil 1. TRIC8 ile kaplanmış tohumlardan fide çıkışı (A), sürgün uzunluğu (B), sürgün yaş (C) ve kuru (D) ağırlığı

uygulamasında negatif kontrole göre fide çıkışında bir artış gözlenmemiştir.

Sürgün uzunluğu açısından bitkiler değerlendirildiğinde, antagonistle uygulama yapılmış tohumların patojen inokulasyonu ile aynı zamanda ekimi durumunda negatif ve pozitif kontrole göre önemli derecede bir farklılık gözlenmemiş, 3 gün sonra ekimi halinde sürgün boyu negatif ve pozitif kontrole göre önemli derecede daha yüksek olmuştur (Çizelge 1). Ayrıca patojenin inokulasyonundan 5 gün sonra da pozitif kontrol ve fungusite göre sürgün boyunun daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Antagonistin 3 farklı zamanda yapıldığı uygulamalarda negatif kontrole göre sırasıyla %12.76, %15.97 ve %3.88 oranlarında, pozitif kontrollere göre sırasıyla %6.35, %105.75 ve %63.48 oranlarında artış olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Sürgünlerin yaş ve kuru ağırlığı ele alındığında patojenle eş zamanlı uygulamada gerek yaş ağırlık gerekse kuru ağırlık açısından antagonist uygulaması ile fungusit uygulaması aynı istatistik grubta yer almıştır (Çizelge 1). Patojenin toprağa bulaştırılmasından 3 (FC3 + TRIC8) ve 5 (FC5 + TRIC8) gün sonra TRIC8 uygulanmış tohumların ekimi durumunda fungusit uygulamasına, pozitif ve negatif kontrollere göre sürgünlerin yaş ağırlığının önemli derecede yüksek olduğu görülmüştür. TRIC8 ile tohum kaplaması söz konusu zaman dilimlerinde yaş ağırlıkta negatif kontrole göre sırasıyla %57.38 ve %26.55, pozitif kontrole göre %24.67 ve %82.93 oranlarında artış sağlamıştır. Yine patojenle 3 ve 5 gün süre ile bulaşık toprakta TRIC8 uygulaması yapılmış tohumlardan gelişen bitkilerin sürgünlerinin kuru ağırlığı da fungusit uygulanmış tohumlardan gelişen,

ayrıca negatif ve pozitif kontrollerde bulunan sürgünlerden önemli düzeyde yüksek olmuştur. Antagonist uygulamasının, bu zaman dilimlerinde kuru ağırlıkta negatif kontrole göre sırasıyla %54.35 ve %43.47, pozitif kontrole göre %44.89 ve %100.00 oranlarında artış sağladığı belirlenmiştir. Patojenin inokulasyonundan 5 gün sonra her ne kadar düşük oranda fide çıkışı nedeniyle bitkiler daha iyi gelişme koşullarına sahip olsalar da patojen yoğunluğunun FC3 + TRIC8 uygulamasına göre daha yüksek olacağı dikkate alındığında yaş ve kuru ağırlıktaki yüksek artışların antagonistin patojenle rekabet edebilme gücünden de kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Daha önceki yıllarda, *T. harzianum*'un *F. culmorum* ile enfekteli toprakta bitki gelişimi üzerine etkisine yönelik bir araştırma yapılmamakla birlikte, farklı bakteriyel antagonistlerle gerçekleştirilen ve patojenle eş zamanlı uygulama olarak kurgulanan bazı çalışmalarda, bakteriyel antagonistlerle tohum uygulamalarının fide çıkışına olumsuz bir etki yapmadığı bildirilmektedir (Czaban ve ark., 2004; Khezri ve ark., 2011). Bazılarında ise sürgün boyunun, sürgün kuru ve yaş ağırlığının artış gösterdiği, antagonist uygulaması yapılan bitkilerin sürgün boyunun 23.92 cm (Grosu ve ark., 2015; uygulamadan 13 gün sonra), 18.5 cm (Boukaya ve ark., 2018; uygulamadan 1.5 ay sonra), 26.9-28.3 cm (Jaber, 2018; uygulamadan 24 gün sonra), belirtilen zaman dilimlerinde kuru ağırlığın 0.524 g (tüm bitki olarak) (Boukaya ve ark., 2018) ve yaş sürgün ağırlığının 0.25-0.26 g (Jaber, 2108) ulaştığı belirtilmektedir. Çalışmamızda patojenle eş zamanlı uygulamada, TRIC8 ile kaplanmış tohumlardan 1 ay sonra gelişen bitkilerin

Çizelge 1. *F. culmorum* inokule edilmiş toprağa TRIC8 uygulanmış tohumların farklı zaman dilimlerinde ekimi sonucunda fide çıkışı, sürgün uzunluğu, sürgün kuru ve yaş ağırlığı

Uygulama	Fide çıkışı (%)	Kontrol (-)'e göre artış (%)	Kontrol (+)'e göre artış (%)**	Sürgün uzunluğu (cm)	Kontrol (-)'e göre artış (%)	Kontrol (+)'e göre artış (%)**	Yaş ağırlık (g)	Kontrol (-)'e göre artış (%)	Kontrol (+)'e göre artış (%)**	Kuru ağırlık (g)	Kontrol (-)'e göre artış (%)	Kontrol (+)'e göre artış (%)**
K (-)	77.0 a*	-	-	28.35 bc*	-	-	0.305 d*	-	-	0.046 de*	-	-
FC+TRIC8	60.0 b	-	19.0	31.97 ab	12.76	6.35	0.421 bc	38.03	-	0.058 c	26.09	-
FC+FUN	69.0 ab	-	28.0	30.96 ab	9.20	2.99	0.425 bc	39.34	-	0.057 c	23.91	-
K1 (+)	41.0 c	-	-	30.06 abc	-	-	0.488 a	-	-	0.065 b	-	-
FC3+TRIC8	44.0 c	-	37.0	32.88 a	15.97	105.75	0.480 ab	57.38	24.67	0.071 a	54.35	44.89
FC3+FUN	71.0 ab	-	64.0	27.05 cd	-	69.27	0.306 d	0.03	-	0.050 d	8.69	2.04
K2 (+)	7.0 e	-	-	15.98 e	-	-	0.385 c	-	-	0.049 d	-	-
FC5+TRIC8	21.0 d	-	11.0	29.46 abc	3.88	63.48	0.386 c	26.55	82.93	0.066 b	43.47	100.00
FC5+FUN	73.0 a	-	63.0	23.53 d	-	30.57	0.198 e	-	-	0.044 e	-	33.33
K3 (+)	10.0 e	-	-	18.02 e	-	-	0.211 e	-	-	0.033 f	-	-

*Her bir değer 4 tekrarın ortalamasıdır. Her bir sütunda birbirinden farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılıklar Tukey testine göre önemlidir (P=0.05).

**Her uygulama kendi kontrolü ile karşılaştırılmıştır.

sürgün boyu 31.97 cm, yaş sürgün ağırlığı 0.421 g olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızda tespit edilen sürgün boyunun, değerlendirmelerini uygulamadan 1.5 ay sonra yapan Boukaya ve ark. (2018)'in elde ettiği değerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Wachowska ve Borowska (2014), buğdayda antagonist etkililiğini arttırmak için antagonist uygulaması ile patojenin inokulasyonu arasında geniş zaman aralığının bulunması gerektiğini ileri sürmektedirler. Bazı çalışmalarda ise aksine bitkilerdeki savunma genlerinin patojenle karşılaşma durumunda aktif hale geldiği, *Trichoderma* spp. ve patojen interaksyonu sonucunda savunma genlerinin aktivitesinin yükseldiği (Hermosa ve ark., 2013; Mayo ve ark., 2015), *T. harzianum*'un bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri olan metabolitlerinin patojen uyarısıyla arttığı (Vinale ve ark., 2009; Al-Ani ve Albaayit, 2018), bu metabolitler sayesinde bitkinin stres koşullarına karşı dayanıklılığı çerçevesinde bitki gelişiminin teşvik edilebildiği (Navazio ve ark., 2007; Vinale ve ark., 2014; Li ve ark., 2016) ileri sürülmektedir. Yine patojene ait bazı uçucu bileşiklerin *T. virens* ve *T. harzianum* tarafından salgılanan antifungal metabolitlerin aktivitesini ve miktarını teşvik ettiği (Li ve ark., 2018) belirtilmektedir. Bu çalışmada eş zamanlı yapılan uygulamaya ait pozitif kontroldeki sürgün boyunun, sürgün yaş ve kuru ağırlığının artışı, bitkideki savunma mekanizmasının patojenle karşılaşır karşılaşmaz aktif hale geçme olasılığı olarak değerlendirilebilir. Ayrıca araştırmamızda fide sürgün uzunluğunun, yaş ve kuru ağırlığının, TRIC8'in *F. culmorum* ile birlikte uygulanması halinde (Çizelge 2), tek başına uygulanmasına göre (Şekil 1) daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışma süresince her ne kadar bitkilerdeki metabolitler tespit edilmemiş olsa da antagonist izolat olarak kullanılan TRIC8 izolatının kültür filtratlarının çok sayıda metabolit (amin, amid, keton, fenol, indol, inden grubu bileşikler, imidazole ve thiazole türevleri) içerdiği bilinmektedir (Çiftçiğil ve ark., 2016). Ayrıca TRIC8 ile tohum uygulamalarının bazı bitkilerdeki antifungal bileşiklerin oluşumunu teşvik ettiği belirlenmiştir (Özer ve Arın, 2014; Özer ve ark., 2017; Özer ve ark., 2021). Bu bağlamda çalışmamızda patojen ile inokule edilmiş toprağa TRIC8 uygulanmış tohumların ekimi ile bitki gelişimindeki artışın yüksek olmasında TRIC8'in antifungal metabolitlerinin rol oynamış olabileceği düşünülmektedir.

TRIC8 ile tohum uygulamasının *F. culmorum* ile bulaşık toprakta çıkış öncesi ölüm, fide kök ve kök boğazı çürüklüğü üzerine etkisi

F. culmorum inokule edilmiş toprağa aynı gün, inokulasyondan 3 ve 5 gün sonra tohumlar ekildiğinde kontrol saksılarda çıkış öncesi ölümler sırasıyla %33, %67 ve %65 oranlarında olmuştur (Çizelge 2). TRIC8 uygulaması yapılmış tohumlar *F. culmorum* ile eş zamanlı ve inokulasyondan 3 gün sonra ekildiğinde sırasıyla %15

Çizelge 2. *F. culmorum* inokule edilmiş toprağa TRIC8 uygulanmış tohumların farklı zaman dilimlerinde ekimi sonucunda çıkış öncesi ölüm, fide hastalık şiddeti oranları ve antagonistin etkinliği

Uygulama	Çıkış öncesi ölüm (%)	Etkinlik (%)	Fide hastalık şiddeti 1 (%)	Etkinlik %	Fide hastalık şiddeti 2 (%)**
FC+TRIC8	15.0 d*	54.55	5.50 b*	45.0	5.50 bc*
FC+FUN	6.0 e	81.81	4.75 b	52.5	4.75 b
K1 (+)	33.0 c	-	10.00 a	-	-
FC3+TRIC8	31.0 c	53.73	ND	ND	19.25 a
FC3+FUN	8.0 e	88.06	ND	ND	19.75 a
K2 (+)	67.0 a	-	ND	ND	-
FC5+TRIC8	52.0 b	20.00	ND	ND	8.00 b
FC5+FUN	0.0 f	100.00	ND	ND	20.00 a
K3 (+)	65.0 a	-	ND	ND	-

*Her bir değer 4 tekrarın ortalamasıdır. Her bir sütunda birbirinden farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılıklar Tukey testine göre önemlidir (P=0.05).

**TRIC8 uygulamasının ve fungusit uygulamasına ait değerlerdir.

ND: Belirlenemedi

FC+TRIC8: Patojen inokulasyonu ile aynı zamanda TRIC8 uygulanmış tohum ekimi

FC+FUN: Patojen inokulasyonu ile aynı zamanda fungusit uygulanmış tohum ekimi

K1 (+) (Pozitif kontrol): Patojen inokulasyonu ile aynı zamanda tohum ekimi

FC3+TRIC8: Patojen inokulasyonundan 3 gün sonra TRIC8 uygulanmış tohum ekimi

FC3+FUN: Patojen inokulasyonundan 3 gün sonra fungusit uygulanmış tohum ekimi

K2 (+) (Pozitif kontrol): Patojen inokulasyonundan 3 gün sonra tohum ekimi

FC5+TRIC8: Patojen inokulasyonundan 5 gün sonra TRIC8 uygulanmış tohum ekimi

FC5+FUN: Patojen inokulasyonundan 5 gün sonra fungusit uygulanmış tohum ekimi

K3 (+) (Pozitif kontrol): Patojen inokulasyonundan 5 gün sonra tohum ekimi

ve %31 oranlarında çıkış öncesi ölüm belirlenmiş, bu uygulama aynı zaman dilimlerinde %54.55 ve %53.73 oranlarında etkili bulunmuştur. Bununla birlikte söz konusu uygulamanın etkinliği inokulasyondan 5 gün sonra azalmış %20'ye düşmüştür. Fungisit uygulaması ise her üç uygulama şeklinde de %80'in üzerinde etkili olmuştur. Kontrol saksılarında inokulasyondan 3 ve 5 gün sonra yüksek oranda çıkış öncesi ölüm olması nedeniyle, fide kök ve kök boğazı çürüklüğü (hastalık şiddeti) değerlendirmeleri eş zamanlı inokulasyon için yapılmış, ayrıca bu uygulama ile inokulasyondan 3 ve 5 gün sonraki uygulamalarda ise TRIC8 sadece fungusitle (Çizelge 2, Bkz. Fide hastalık şiddeti 2) karşılaştırılmıştır. Eş zamanlı uygulama açısından bakıldığında kontrol saksılarda %10 oranında hastalık şiddeti oluşurken TRIC8 uygulaması yapılmış tohumlardan gelişen bitkilerde %5.5 oranında, fungusit uygulaması yapılmış tohumlardan gelişen bitkilerde ise %4.75 oranında hastalık şiddeti olmuş, her iki uygulama arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık görülmemiştir (Çizelge 2). TRIC8 ve fungusit uygulaması fide kök ve kök boğazı çürüklüğünü sırasıyla %45.0 ve %52.5 oranlarında engellemiştir. Patojen inokulasyonu ile aynı zamanda, inokulasyondan 3 gün sonra TRIC8 ve fungusit uygulanmış tohumlardan oluşan bitkilerdeki hastalık şiddeti karşılaştırıldığında (Çizelge 2), her iki uygulamada da istatistiki olarak benzer oranda fide kök ve kök boğazı çürüklüğü olduğu görülmüştür. İnokulasyondan 5 gün sonra ise TRIC8 uygulaması yapılmış tohumlardan gelişen bitkilerde %8 oranında hastalık şiddeti oluşurken, fungusit uygulamasında bu oran %20 olmuştur.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada, farklı bölgelerden elde edilen *T. harzianum* izolatları ile uygulama yapılmış tohumların *F. culmorum*'un toprağa inokulasyonu ile aynı zamanda ekimi sonucunda, steril toprakta fide kök ve kök boğazı enfeksiyonlarının %20-65.6 arasında değişen oranlarda engellendiği bildirilmiştir (Erdurmuş ve Katırcıoğlu, 2008). Benzer uygulama şeklinde dış ülkelerde yapılan çalışmalarda ise *Bacillus* sp. izolatlarının %81-100 (Khezri ve ark., 2011), *Paenibacillus polymyxa* (SGK2)'nin %78 (Lounaci ve ark., 2016), *Streptosporangium becharense* SGI'in %70.4-75 (Boukaya ve ark., 2018) arasında, *Beauveria bassiana* ve *Metarhizium brunneum*'un sırasıyla %65 ve %50 oranlarında (Jaber, 2018) söz konusu enfeksiyona karşı etkili oldukları belirtilmiştir. Yine son yıllarda yapılan bir çalışmada (Kthiri ve ark., 2020), farklı *T. harzianum* izolatları ile kaplanmış tohumlardan gelişen bitkiler 3-4 yapraklı olduktan sonra toprağın *F. culmorum* ile bulaştırılması halinde %9.09-%49.69 arasında kök ve kök boğazı enfeksiyonunda azalma olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda ise patojenle eş zamanlı uygulamalarda TRIC8 ile tohum kaplaması çıkış sonrası kök ve kök boğazı çürüklüğünü %45 oranında engellemiştir. Bununla birlikte, araştırmamızda pozitif kontrolde çıkış öncesi ölümlerin daha yüksek olduğu görülmüş ve söz konusu zaman diliminde TRIC8 çıkış öncesi ölüm üzerine %54.55 oranında etkili bulunmuştur.

Antagonist funguslarla toprak kökenli patojenlerin mücadelesinde etmenin steril olmayan doğal olarak bulaşık toprakta da etkinliğini devam ettirmesi ve doğal toprağa adapte olması gerekmektedir. Ülkemizde yapılan

bir çalışmada, *T. harzianum* izolatlarının buğdayda *F. culmorum*'a karşı doğal olarak bulaşık topraklarda oldukça düşük etki gösterdiği belirlenmiştir (Erdurmuş ve Katircioğlu, 2008). Dış ülkelerde yapılan bir çalışmada ise *S. becharensis* (SG1)'in hem steril hem de doğal bulaşık toprakta buğdayda *F. culmorum* tarafından oluşturulan kök ve kök boğazı çürüklüğünü engellediği bildirilmektedir (Boukaya ve ark., 2018). Bu araştırmada kullanılan izolatın da doğal olarak bulaşık topraklarda denenmesi gerekmektedir. Ayrıca kullanılan izolat her ne kadar etmene karşı yüksek derecede hassas çeşidin fide gelişimini teşvik etse de etmenle uzun süreli bulaşık toprakta çıkış öncesi ölüm üzerine yeterince etkili olamamıştır. Bu nedenle antagonist izolatın, orta derecede dayanıklı çeşitlerde ve etmenle çok bulaşık olmayan alanlarda uygulanması halinde daha yüksek etkilerin gözlenebileceği öngörülmektedir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Akgül, D.S. 2008. Çukurova Bölgesi buğday ekim alanlarında kök, kök boğazı ve sap çürüklüğü hastalığının durumu, bazı buğday çeşitlerinin hastalığa karşı reaksiyonları, farklı gübreleme pratikleri ve fungusit uygulamalarının hastalık gelişimine etkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aktaş, A., Bolat, N., Keser, M. and İnce, T. 2000. Eskişehir ili hububat ekim alanlarında hububat kök boğazı çürüklüğü hastalık etmenlerinin saptanması, buğday ve arpada *Dreschlera sorokiniana* (Sacc.) Subram. and Jain'ya karşı genitör çeşit ve hatların belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni, 40: 71-83.
- Al-Ani, L.K.T. and Albaayit, S.F.A. 2018. Antagonistic of some *Trichoderma* against *Fusarium oxysporum* sp. f. cubense tropical race 4 (FocTR4). Eurasia Proc. Sci. Eng. Math. 2: 35-38.
- AOSA, 2004. Seedling Evaluation Handbook. Contribution No: 35 to the handbook on seed testing. Association of Official Seed Analysts, p 78-80.
- Arslan, Ü. and Baykal, N. 2002. Kök ve kökboğazı fungal patojenlerine karşı bazı buğday çeşitlerinin reaksiyonları ve tohum koruyucu fungusitlerin *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc.'a Etkisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16: 69-76.
- Beccari, G., Covarelli, L. and Nicholson, P. 2011. Infection processes and soft wheat response to root rot and crown rot caused by *Fusarium culmorum*. Plant Pathol. 60: 671-684.
- Boukaya, N., Goudjal, Y., Zamoum, M., Chaabane-Chaouch, F., Sabaou, N., Mathieu, F. and Zitouni, A. 2018. Biocontrol and plant-growth-promoting capacities of actinobacterial strains from the Algerian Sahara and characterisation of *Streptosporangium becharensis* SG1 as a promising biocontrol agent. Biocont. Sci. Technol. 28: 858-873.
- Bouanaka, H., Bellil, I., Harrat, W., Boussaha, S., Benbelkacem, A. and Khelifi, D. 2021. On the biocontrol by *Trichoderma afroharzianum* against *Fusarium culmorum* responsible of *Fusarium* head blight and crown rot of wheat in Algeria. Egypt. J. Biol. Pest Control, 31: 68 <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00416-3>
- Çiftçigil, T.H., Özer, N. and Şabudak, T. 2016. A preliminary study on control of sunflower downy mildew (*Plasmopara halstedii*) with culture filtrates of antagonistic fungi. Proceedings 19th International Sunflower Conference, Edirne 2016, 1106.
- Czaban, J., Ksiezniak, A. and Perzynski, A. 2004. An attempt to protect winter wheat against *Fusarium culmorum* by the use of rhizobacteria *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus mycoides*. Pol. J. Microbiol, 53: 175-182.
- Davanlou, M., Madsen, A.M., Madsen, C.H. and Hockenhull, J. 1999. Parasitism of macroconidia, chlamydospores and hyphae of *Fusarium culmorum* by mycoparasitic *Pythium* species. Plant Pathol. 48: 352-359.
- Demirci, F. 2003. Bazı buğday çeşitlerinin önemli kök ve kök boğazı hastalık etmenleri (*Fusarium* spp., *Bipolaris sorokiniana*)'ne karşı reaksiyonlarının belirlenmesi. Tarım Bilim Derg. 9: 450-466.
- Dubos, T., Pasquali, M., Pogoda, F., Hoffmann, L and Beyer, M. 2011. Evidence for natural resistance towards trifloxystrobin in *Fusarium graminearum*. Eur. J. Plant Pathol. 130: 239-248.
- Dubos, T., Pasquali, M., Pogoda, F., Hoffmann, L and Beyer, M. 2013. Differences between the succinate dehydrogenase sequences of isopyrazam sensitive *Zymoseptoria tritici* and in sensitive *Fusarium graminearum* strains. Pestic. Biochem. Phys. 105: 28-35.
- Erdurmuş, D. and Katircioğlu, Y. 2008. Buğdayda önemli kök ve kök boğazı hastalık etmenlerine karşı *Trichoderma harzianum*'un etkinliğinin araştırılması. Bitki Koruma Bül. 48: 37-48.
- Etheridge, V.J. 1997. Biological control of seedling blight of winter wheat caused by *Fusarium culmorum* and *Microdochium nivale*. Open University, Harper Adams Agricultural College, Ph.D. Thesis, 330 pp.
- FAO, 2019. Wheat Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Web page: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>), (Date accessed: June 2021).
- Grosu, A.I., Siciua, O.A., Dobre, A., Voaideş, C. and Cornea, C.P. 2015. Evaluation of some *Bacillus* spp. strains for the biocontrol of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* in wheat. Agric. Agric Sci. Procedia, 6: 559-566.
- Hazarhun, G. and Özer, N. 2016. Control of sunflower downy mildew *Plasmopara halstedii* with antagonistic fungi, Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. 81: 91-97.
- Hekimhan, H. 2010. Trakya Bölgesinde buğdaylarda kök ve kök boğazı çürüklüğüne neden olan fungal etmenler ve patojenisitelerini etkileyen bazı faktörler üzerine araştırmalar. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Hellin, P., Scauflaire, J., Van Hese, V., Munaut, F. and Legrève, A. 2017. Sensitivity of *Fusarium culmorum* to Triazoles: Impact of Trichothecene chemotypes, oxidative stress response and genetic diversity. Pest Manag. Sci. 73: 1244-1252.
- Hermosa, R., Belén Rubio, M., Cardoza, R.E., Nicolás, C., Monte, E. and Gutiérrez, S. 2013. The contribution of *Trichoderma* to balancing the costs of plant growth and defense. Int. J. Microbiol. 16: 69-80.
- Jaber, L.R. 2018. Seed inoculation with endophytic fungal entomopathogens promotes plant growth and reduces

- crown and root rot (CRR) caused by *Fusarium culmorum* in wheat. *Planta*, 248: 1525-1535.
- Jensen, B., Knudsen, I.M. and Jensen, D.F. 2000. Biological seed treatment of cereals with fresh and long-term stored formulations of *Clonostachys rosea*: Biocontrol efficacy against *Fusarium culmorum*. *Eur. J. Plant Pathol.* 106: 233-242.
- Johansson, P.M., Johnsson, L. and Gerhardsson, B. 2003. Suppression of wheat-seedling diseases caused by *Fusarium culmorum* and *Microdochium nivale* using bacterial seed treatment. *Plant Pathol.* 52: 219-227.
- Karman, M. 1971. Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler. Denemelerin Kuruluşu ve Değerlendirme Esasları. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Zirai Mücadele ve Zirai Karantina Genel Müdürlüğü Yayınları, Mesleki Kitaplar Serisi, 278 s.
- Keyser, C.A., Jensen, B. and Meyling, N.V. 2016. Dual effects of *Metarhizium* spp. and *Clonostachys rosea* against an insect and a seed-borne pathogen in wheat. *Pest Manag. Sci.* 72: 517-526.
- Khezri, M., Ahmadzadeh, M., Jouzani, G.S., Behboudi, K., Ahangaran, A., Mousivand, M. and Rahimian, H. 2011. Characterization of some biofilm-forming *Bacillus subtilis* strains and evaluation of their biocontrol potential against *Fusarium culmorum*. *J. Plant Pathol.* 93: 373-382.
- Kılınc, A.T., Yorgancılar, A., Şahin, E., Yıldırım, A.F., Erginbaş, G., Nicol, J.M., Bolat, N. and Yorgancılar, Ö. 2008. Buğdayda kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenine (*Fusarium culmorum*) karşı dayanıklılık kaynaklarının belirlenmesi üzerine araştırmalar. Ülkesel Tahıl Sempozyumu, Konya, 2008.
- Knudsen, I.M.B., Hockenhull, J. and Jensen, D.F. 1995. Biocontrol of seedling diseases of barley and wheat caused by *Fusarium culmorum* and *Bipolaris sorokiniana*: effects of selected fungal antagonists on growth and yield components. *Plant Pathol.* 44: 467-477.
- Köycü, N.D. and Özer, N. 2019. Trakya Bölgesi'nde bazı buğday çeşitlerinin *Fusarium* spp. izolatlarına karşı dayanıklılığın tespit edilmesi. *KSÜ Tar. Doga Derg.* 22: 498-505.
- Kthiri, Z., Jabeur, J., Machraoui, M., Gargoun, S., Hiba, K. and Hamada, W. 2020. Coating seeds with *Trichoderma* strains promotes plant growth and enhance the systemic resistance against *Fusarium* crown rot in durum wheat. *Egypt. J. Biol. Pest Control.* 30: 139. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00338-6>
- Li, N., Alfiky, A., Wang, W., Islam, M.D., Nourollahi, K., Liu, X. and Kang, S. 2018. Volatile compound-mediated recognition and inhibition between *Trichoderma* biocontrol agents and *Fusarium oxysporum*. *Front. Microbiol.* 9: Article 2614. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02614>
- Li, Y., Sun, R., Yu, J., Saravanakumar, K. and Chen, J., 2016. Antagonistic and biocontrol potential of *Trichoderma asperellum* ZJSX5003 against the maize stalk rot pathogen *Fusarium graminearum*. *Indian J. Microbiol.* 56: 318-327.
- Lounaci, L., Guemouri-Athmani, S., Bouregghda, H., Achouak, W. and Heulin, T. 2016. Suppression of crown and root rot of wheat by the rhizobacterium *Paenibacillus polymyxa*. *Phytopathol. Mediterr.* 55: 355-365.
- Mayo, S., Gutiérrez, S., Malmierca, M.G., Lorenzana, A., Campelo, M.P., Hermosa, R. and Casquero, P.A. 2015. Influence of *Rhizoctonia solani* and *Trichoderma* spp. in growth of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and in the induction of plant defense-related genes. *Front. Plant Sci.* Article 685. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00685>.
- Moya-Elizondo, E.A. and Jacobsen, B.J. 2016. Integrated management of *Fusarium* crown rot of wheat using fungicide seed treatment, cultivar resistance, and induction of systemic acquired resistance (SAR). *Biol. Cont.* 92: 153-163.
- Meral, R. and Saydan, G. 2012. Tahıllardan etanol üretimi. İğdir Üniv. Fen Bilim. Enst. Derg. 2: 61-68.
- Mnasri, N., Chennaoui, C., Gargouri, S., Mhamdi, R., Hessini, K., Elkahoui, S. and Djébali, N. 2017. Efficacy of some rhizospheric and endophytic bacteria *in vitro* and as seed coating for the control of *Fusarium culmorum* infecting durum wheat in Tunisia. *Eur. J. Plant Pathol.* 147: 501-515.
- Moradi, M., Dehne, H.W., Steiner, V. and Oorke, E.C. 2017. Improved procedure for mass inoculum production of *Fusarium* species in a short period of time. *Appl Entomol. Phytopathol.* 84: 21-31.
- Navazio, L., Baldan, B., Moscatiello, R., Zuppini, A., Woo, S.L., Mariani, P. and Lorito, M., 2007. Calcium-mediated perception and defense responses activated in plant cells by metabolite mixtures secreted by the biocontrol fungus *Trichoderma atroviride*. *BMC Plant Biol.* 7:41. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-7-41>.
- Özer, N. 2011. Screening for fungal antagonists to control black mold disease and to induce the accumulation of antifungal compounds in onion after seed treatment, *Biocontrol*, 56: 237-247.
- Özer, N. and Arın, L. 2014. Evaluation of fungal antagonists to control black mold disease under field conditions and to induce the accumulation of antifungal compounds in onion following seed and set treatment. *Crop Protect.* 65: 21-28.
- Özer, N., Coşkuntuna, A. and Şabudak, T., 2021. *Trichoderma harzianum*-induced defense in sunflower (*Helianthus annuus* L.) against *Plasmopara halstedii* with changes in metabolite profiling of roots. *Biocontrol Sci. And Technol.* (Kabul edilmiş makale) <https://doi.org/10.1080/09583157.2021.1963417>.
- Özer, N., Koç, M. and Der, B. 2009. The sensitivity of *Aspergillus niger* and *Fusarium oxysporum* f sp *cepae* to fungistasis in onion growing soils. *J. Plant Pathol.* 91: 401-410.
- Özer, N., Şabudak, T., Çiftçigil, T.H., Evci, G. and Yılmaz, M.I. 2017. Induction of potential antifungal root metabolites by biological control against sunflower downy mildew under field conditions. *Proceedings Ecology 2017 Congress, Kayseri 2017*, 634.
- Sherm, B., Balmas, V., Spanu, F., Pani, G., Delogu, G., Pasquali, M. and Migheli, Q. 2013. *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. *Mol. Plant Pathol.* 14: 323-341.
- Sukut, F. and Köycü, N.D. 2019a. Effects of Triazole and Strobilurin-based fungicides on *Fusarium culmorum* on wheat. *J. Agric. Sci.* 11: 16-22.
- Sukut, F. and Köycü, N.D. 2019b. Effect of fungicide application on the sensitivity of *Fusarium culmorum*. *Fresenius Environ. Bull.* 28: 1471-1479.
- Teperi, E., Keskinen, M., Ketoja, E. and Tahvonon, R. 1998. Screening for fungal antagonists of seed-borne *Fusarium*

- culmorum* on wheat using in vivo tests. Eur. J. Plant Pathol. 104: 243-251.
- Tunali, B., Nicol, J.M., Hadson, D., Uçkun, Z., Büyük, O., Erdurmuş, D., Hekimhan, H., Aktaş, H., Akbudak, M.A. and Bağcı, S.A. 2008. Root and crown rot fungi associated with spring facultative and winter wheat in Turkey. Plant Dis. 92: 1299-1306.
- Vinale, F., Ghisalberti, E.L., Sivasithamparam, K., Marra, R., Ritieni, A., Ferracane, R., Woo, S. and Lorito, M. 2009. Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. Lett. Appl. Microbiol. 48: 705-711.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Woo, S.L., Nigro, M., Marra, R., Lombardi, N., Pascale, A., Ruocco, M., Lanzuise, S., Manganiello, G. and Lorito, M., 2014. *Trichoderma* secondary metabolites active on plants and fungal pathogens. Open Mycol. J. 8: 127-139.
- Wachowska, U. and Borowska, J. 2014. Antagonistic yeasts competes for iron with winter wheat stem base pathogens. Gesunde Pflanz. 66: 141-148.
- Yorgancılar, A., Yılmaz, B., Yorgancılar, Ö., Sirel, Z., Belen, S. and Özkeskin, E. 2017. Bazı buğday genotiplerinin kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenine (*Fusarium culmorum*) karşı reaksiyonlarının belirlenmesi. 12. Tarla Bitkileri Kongresi, Kahramanmaraş 2017.
- Zalila-Kolsi, I. and Jamoussi, K. 2016. Antagonistic effects of *Bacillus* spp. Strains against *Fusarium graminearum* for protection durum wheat (*Triticum turgidum* L. Subsp. Durum). Microbial. Res. 192: 148-158.

