

Buğdayda önemli kök ve kök boğazı hastalık etmenlerine karşı *Trichoderma harzianum*'un etkinliğinin araştırılması¹

Durmuş ERDURMUŞ²

Y. Zekai KATIRCIOĞLU³

SUMMARY

Studies on the effect of *Trichoderma harzianum* against important root and crown rot pathogens of wheat

Inhibitions and effects of *Trichoderma harzianum* isolates against root and crown rot pathogens of wheat (*Fusarium culmorum*, *Fusarium pseudograminearum*, *Bipolaris sorokiniana* and *Rhizoctonia solani*) were investigated with dual culture and in sterile and natural soil conditions in 2006. Dual culture tests showed that T10 inhibited mycelial growth of *F. culmorum* 82.6%, T7 inhibited mycelial growth of *F. pseudograminearum* and *B. sorokiniana* 72.2% and 76.4%, respectively. T1 inhibited mycelial growth of *R. solani* 67.8%. Wheat seeds (Kınacı 97) was coated with *T. harzianum* conidia. In sterile soil T10 showed 65.6% effect against *F. culmorum*, T4 51.9% against *F. pseudograminearum*, T6 63.5% against *B. sorokiniana* and T5 73% against *R. solani*. In natural soil conditions T3 showed 23.3% effect against *F. culmorum*, T6 15.8% against *F. pseudograminearum*, T6 60.4% against *B. sorokiniana* and T10 26.8% against *R. solani*.

Key words: Biological control, root rot of wheat, *Trichoderma harzianum*

ÖZET

Buğday kök ve kök boğazı patojenleri (*Fusarium culmorum*, *Fusarium pseudograminearum*, *Bipolaris sorokiniana* ve *Rhizoctonia solani*)'ne karşı *Trichoderma harzianum* izolatlarının engelleme ve etkileri, steril ve doğal toprak koşullarında 2006 yılında araştırılmıştır. Engelleme denemesinde *F. culmorum*'a karşı T10 izolatı %82.6, *F. pseudograminearum*'a T7 %72.2, *B. sorokiniana*'ya T7 %76.4, *R. solani*'ye T1 %67.8 engelleme göstermiştir. *T. harzianum* izolatları Kınacı 97 çeşidi buğday tohumuna kaplama şeklinde uygulanmıştır. Steril toprakta *F. culmorum*'a karşı T10 %65.6, *F. pseudograminearum*'a T4 %51.9, *B.*

¹ Bu çalışma A.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünde 19.10.2006 tarihinde kabul edilen "Buğdayda önemli kök ve kök boğazı hastalık etmenlerine karşı *Trichoderma harzianum*'un etkinliğinin araştırılması" adlı Yüksek Lisans tezinin bir bölümüdür.

² Ziraî Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü, 06172 Yenimahalle, Ankara

³ A.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, 06110 Kalaba, Ankara

Yazının Yayın Kuruluna Geliş Tarihi (Received): 12.01.2009

sorokiniana'ya T6 %63.5, *R. solani*'ye T5 %73 etki göstermiş olup, doğal toprakta *F. culmorum*'a karşı T3 %23.3, *F. pseudograminearum*'a T6 %15.8, *B. sorokiniana*'ya T6 %60.4 ve *R. solani*'ye T10 %26.8 etki göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Biyolojik mücadele, buğday kök çürüklüğü, *Trichoderma harzianum*

GİRİŞ

Ülkemizde toplam tahıl alanları içinde en fazla ekimi yapılan ürün %64,8 ile buğdaydır (Anonim 2008). Buğday ve arpada kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı nedeniyle %10–40 arasında ürün kaybı olmaktadır. Dünyada hububat ekim alanlarının hemen hemen hepsinde kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalıkları görülür (Aktaş 2001).

Kök çürüklüğü, mevsimin ve münavebenin hastalığın çoğalmasına uygun olduğu yerlerde %50 veya daha fazla ürün kaybına neden olabilir (Wallwork 2000).

Kök ve kök boğazı çürüklüğü hastalığı toprak kökenli olan *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Bipolaris sorokiniana*, *Gaumannomyces graminis* var. *tritici*, *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Pythium* spp., *Sclerotium rolfsii* gibi çok çeşitli türlerce meydana getirilmektedir (Yılmazdemir 1976, Aktaş ve ark. 1996, Rossi *et al.* 1995).

Ülkemizde kök ve kök boğazı çürüklüğü konusunda yapılan çalışmalarda Ege bölgesinde, İzmir, Aydın, Denizli illerinde hastalık etmeni olarak *Fusarium* spp., *Rhizoctonia cerealis*, *B. sorokiniana* bulunmuş olup bölgenin bu etmenlerden bir veya bir kaçı ile tamamen bulaşık olduğu görülmüştür (Uçkun 2001). İç Anadolu bölgesinde Ankara yöresinde *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., tespit edilmiş olup, *Fusarium acuminatum*, *Fusarium culmorum* ve *Fusarium graminearum* yaygın patojenler olarak bulunmuştur (Soran ve Damgacı 1980, Muratçavuşoğlu ve Hancıoğlu 1995).

Erzurum yöresinde yapılan sürveylerde hastalık oranı 1994 yılında buğdayda %46.8, arpada %51.1; 1995 yılında buğdayda %48.9, arpada %54.5 olarak tespit edilmiştir (Eken ve Demirci 1998). Aynı yörede yapılan diğer bir çalışmada, *F. acuminatum* %34.8, *Fusarium equiseti* %32.3, *Fusarium oxysporum* %16.9, *Microdochium nivale* %15.0, *F. tabacinum* %0.6 ve *F. solani* %0.4 bulunmuştur (Demirci and Dane 2003).

Ülkemizde yapılan başka bir çalışmada hububat kök ve kök boğazı patojenlerini *F. culmorum* (%14) *B. sorokiniana* (%10) *Fusarium pseudograminearum* (%2), *Gaumannomyces graminis* (%2), *Pythium* spp. (%3) *Rhizoctonia* spp. (%22) farklı oranlarda tespit edilmişlerdir (Tunalı *et al.* 2008).

Trichoderma türlerinin biyolojik mücadele ajanı olma potansiyeli 1930'lu yıllardan beri bilinmektedir (Harman 2006). Bu grup içerisinde yer alan *Trichoderma harzianum* biyolojik mücadelede yaygın olarak kullanılan bir ajandır (Elad *et al.* 1984, Sivan and Chet 1986, Bora ve Özaktan 1998, Küçük and Kıvanç 2003).

Trichoderma spp. toprak kökenli patojen funguslardan ; *S. rolfsii*, *R. solani*, *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Aspergillus niger*'e karşı başarıyla kullanılmıştır (Elad *et al.* 1984). Başka bir çalışmada *T. harzianum* kullanılarak buğdayda *F. culmorum*' a karşı doğal olarak bulaşık topraklarda %83 oranında hastalık azalışı tespit edilmiştir (Sivan and Chet 1986).

Ülkemizde yapılan bir çalışmada *T. harzianum*'un izolatlarının inhibisyon deneylerinde *F. oxysporum*, *F. culmorum*, *F. moniliforme*, *R. solani*, *R. cerealis*, *S. rolfsii*, *B. sorokiniana*, *G. graminis* var. *tritici*'ye karşı etkili oldukları bildirilmiştir (Küçük ve Kıvanç 2001).

Bu çalışmada buğday kök ve kök boğazı hastalık etmenlerinden *F. culmorum*, *F. pseudograminearum*, *B. sorokiniana* ve *R. solani*'ye karşı, *T. harzianum* izolatları ile biyolojik mücadele imkânları araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmanın ana materyalini Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü hububat hastalıkları laboratuvarında bulunan ve farklı bölgelerden temin edilen, 10 adet *Trichoderma harzianum* izolatı (Çizelge 1) ile aynı laboratuvar kültür stoklarında bulunan *Fusarium culmorum*, *F. pseudograminearum*, *Bipolaris sorokiniana* ile *Rhizoctonia solani* patojenleri oluşturmuştur. Fungal besi ortamları (Patates Dekstroz Agar, PDA; Spezieller Nährstoffarmer Agar, SNA (Burgess *et al.* 1994), buğday kepeği, test bitkisi olarak kök çürüklüğüne hassas olan Kınacı-97 çeşidi buğday (*Triticum aestivum*) tohumu ile doğal tarla toprağı ve steril edilmiş toprak (pH: 7.67), yayıcı madde olarak Tween 20, yapıştırıcı madde olarak karboksimetilselüloz (Fluka 21903), plastik bitki yetiştirme saksıları (Çap=10 cm.), ışık şiddeti ölçüm cihazı, sıcaklık ile nem ölçüm cihazı (Testo), iklimlendirme odası, toprak sterilizatörü ile laboratuvar araç ve gereçleri çalışmanın diğer materyalini oluşturmuştur.

In vitro denemeler: Çalışmada kullanılan *T. harzianum* izolatları ile *B. sorokiniana* ve *R. solani* PDA besi ortamında, *F. culmorum* ve *F. pseudograminearum* SNA besi ortamında, 24 °C'de 15 saat aydınlık 9 saat karanlık şartlarda 7 gün geliştirildikten sonra kullanılmıştır. *T. harzianum* izolatları ile patojenler 8 tekerrürlü ve tekrarsız, ikili kültür olarak PDA ortamında ekilmiştir. 9 cm çapındaki, PDA içeren steril petri kutularında 5 mm çapında fungal diskler aralarında 5 cm mesafe bırakılarak karşılıklı olarak 24 °C'de 7 gün süreyle geliştirildikten sonra, antagonist ve patojenlerin büyüme çapları ölçülmüş ve engelleme oranı (RI) = (R₁ - R₂) x 100 / R₁ formülü (RI: Engelleme oranı, R₁:

ÇİZELGE 1. *Trichoderma harzianum* izolatları ve izole edildikleri yerler

İzolat Numarası	Konukçu	İzolasyon Yeri
T1	Buğday	Konya
T2	Buğday	Eskişehir
T3	Buğday	Eskişehir
T4	Mısır	Samsun
T5	Buğday	Konya
T6	Buğday	Konya
T7	Buğday	Konya
T8	Buğday	Konya
T9	Buğday	Sakarya
T10	Buğday	Tekirdağ

Patojenin büyüme yarı çapı, R_2 : Patojenin antagonist yönündeki büyüme yarı çapı) ile hesaplanmıştır (Royse and Ries 1978).

Saksı denemeleri: Patojen inokulumu hazırlamak amacıyla, 1000 ml'lik şişelerde 300 gr buğday kepek kültürü saf su ile nemlendirilerek otoklavda basınç altında ve 121 °C'de 20 dakika süreyle otoklav edilmiş, bu işlem 24 saat sonra tekrarlanmıştır. Patojen funguslardan *B. sorokiniana* ve *R. solani* PDA besiyerinde, *F. culmorum* ve *F. pseudograminearum* ise SNA besiyerinde 24 °C'de 7 gün geliştirilmiş ve bunlardan alınan 5 mm çapındaki 16 fungal disk, her şişeye 16 adet olacak şekilde buğday kepek kültürüne aktarılmış ve 15 gün, 24 °C'de 14 saat ışık ve 10 saat karanlık koşullarda inkubasyona bırakılmıştır. Bu kültürler, daha sonra denemenin yapılacağı toprağa %5 oranında (1/19) karıştırılarak patojenle bulaşık topraklar elde edilmiştir (Uçkun 2001).

Denemelerde kullanılan *T. harzianum* izolatları tohuma kaplama şeklinde uygulanmıştır. Bu amaçla her izolat için PDA ortamında 24 °C'de inkübatörde geliştirilmiş ve 10^7 spor/ml yoğunlukta 25 ml hazırlanan *T. harzianum* süspansiyonu kullanılmıştır. Süspansiyona bir damla Tween 20 ve 25 ml %2'lik karboksimetilselüloz eklenmiştir (Mihuta-Grimm and Rowe 1986). Hazırlanan karışımda, %2'lik NaOCI içinde 3 dk bekletilerek yüzeysel dezenfeksiyon yapılmış 15 gr buğday tohumu, 2 saat *T. harzianum* ile muamele edildikten sonra laminar kabin içinde kurutulmuştur. *T. harzianum* ile kaplanan buğday tohumları, patojenlerle bulaştırılmış toprak bulunan 10 cm çapındaki saksılara, saksı başına 10 adet olacak şekilde 3 cm derinliğe ekilmiş ve çıkıştan sonra her saksıda 7 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Bitkiler iklim odasında 35.000 lux ışık şiddetinde, 14 saat aydınlık 10 saat karanlık, 25/20±2 °C (gündüz/gece) sıcaklıkta, %50–60±5 nemde geliştirilmiştir (Ekmekçi and Terzioğlu 1998). Denemede doğal tarla toprağı ile iki defa steril edilmiş tarla toprağı kullanılmıştır. 3 hafta sonra *B. sorokiniana*'nın oluşturduğu hastalık değerlendirmesi için Tinline ve ark. (1975)'nin, diğer patojenler için ise Aktaş ve Bora (1981)'nin belirttiği skalalar

kullanılmıştır. Hastalık şiddeti Tawsend-Heuberger formülü ile (Karman 1971), uygulamaların yüzde etkileri ise Abbott formülü ile hesaplanmıştır. Saksı denemesi tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme deseninde ve 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

SONUÇLAR

T. harzianum izolatlarının in vitro şartlarda patojenleri engellemesi

Laboratuvar koşullarında ikili kültür denemesi sonucunda (Çizelge 2); *T. harzianum* izolatlarının patojenlerin gelişimlerini farklı oranlarda engelledikleri (Patojen X antagonist interaksyonu) tespit edilmiştir (F = 6.225; P = 0.01). İn vitro denemelerde *T. harzianum* izolatları *F. culmorum*, *F. pseudograminearum* ve *R. solani*'ye karşı patojenlerin üzerinde gelişerek engelleme gösterirken, *B. sorokiniana*'yı bir zon oluşturarak engellemişlerdir.

ÇİZELGE 2. Laboratuvar koşullarında *Trichoderma harzianum* izolatlarının buğday kök ve kök boğazı hastalığı patojenlerini engellemesi

İzolatlar	Engelleme (%), Ort. ± St.hata, (Min.-Max.)			
	Patojenler			
	<i>F. culmorum</i>	<i>F. pseudograminearum</i>	<i>B. sorokiniana</i>	<i>R. solani</i>
T1	70.4 ± 1.31 A* (66.1-76.6) c**	65.3 ± 0.54 A (63.6-68.4) ab	50.6 ± 3.68 B (31.8-64.9) d	67.8 ± 1.87 A (58.8-75.0) a
T2	75.5 ± 1.03 A (69.8-78.1) bc	65.8 ± 0.57 B (63.6-67.9) ab	57.1 ± 3.68 C (45.5-70.3) cd	65.7 ± 3.49 B (42.9-73.7) a
T3	80.3 ± 0.89 A (76.6-82.8) ab	65.5 ± 0.78 B (63.6-69.0) ab	51.5 ± 4.23 C (31.8-63.0) d	60.4 ± 3.17 B (42.9-70.6) a
T4	63.2 ± 1.42 A (54.7-67.7) d	65.3 ± 0.79 A (63.6-70.2) ab	64.8 ± 3.21 A (54.6-81.1) b	65.8 ± 2.78 A (50.0-73.7) a
T5	63.3 ± 2.43 A (55.4-75.0) d	66.9 ± 0.97 A (61.8-70.2) ab	64.9 ± 1.36 A (59.1-70.3) b	63.0 ± 3.68 A (42.9-73.7) a
T6	72.6 ± 0.81 A (68.8-75.4) c	65.5 ± 1.07 B (61.4-69.6) ab	62.6 ± 2.88 B (50.0-73.0) bc	62.3 ± 3.10 B (42.9-72.2) a
T7	76.0 ± 1.44 A (70.8-77.4) bc	72.2 ± 0.83 A (70.2-75.4) a	76.4 ± 3.03 A (63.6-87.9) a	60.9 ± 3.11 B (42.9-73.7) a
T8	72.0 ± 1.17 A (64.5-75.4) c	62.9 ± 0.80 BC (58.2-64.9) b	57.1 ± 2.44 C (44.0-63.6) cd	67.2 ± 2.42 AB (28.8-79.0) a
T9	75.3 ± 0.65 A (72.6-78.1) bc	66.4 ± 0.57 B (63.6-68.4) ab	69.6 ± 2.19 AB (63.6-80.0) b	63.3 ± 2.18 B (50.0-70.6) a
T10	82.6 ± 2.23 A (70.3-89.2) a	69.4 ± 0.53 B (66.7-71.4) ab	67.2 ± 2.21 B (54.6-73.0) b	60.4 ± 3.93 C (42.9-73.7) a

* Aynı satırdaki farklı büyük harf taşıyan değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,01).

** Aynı sütundaki farklı küçük harf taşıyan değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0,01).

Patojenlere bakıldığında Çizelge 2’de görüldüğü gibi, *F. culmorum*’u T1 izolatu %70.4, T2 %75.6, T3 %80.3, T4 %63.2, T5 %63.3, T6 %72.6, T7 %76, T8 %72, T9 %75.3 ve T10 %82.6 inhibe etmişlerdir. *F. culmorum*’a karşı %82.6 engelleme ile T10 en etkili izolat olmuştur.

F. pseudograminearum’u T1 %65.3, T2 %65.8, T3 %65.5, T4 %65.3, T5 %66.9, T6 %65.5, T7 %72.2, T8 %62.9, T9 %66.4 ve T10 ise %69.4 inhibe etmiştir. T7 izolatu %72.2 engelleme oranı ile *F. pseudograminearum*’a karşı en etkili izolat olmuştur.

B. sorokiniana’yı T1 %50.6, T2 %57.1, T3 %51.5, T4 %64.8, T5 %64.9, T6 %62.6, T7 %76.4, T8 %57.1, T9 %69.6 ve T10 %67.2 engellemişlerdir. *B. sorokiniana*’ya karşı %76.4 engelleme oranı ile T7 en etkili izolat olmuştur.

R. solani’ye karşı T1 %67.8, T2 %65.7, T3 %60.4, T4 %65.8, T5 %63, T6 %62.3, T7 %60.9, T8 %67.2, T9 %63.3 ve T10 %60.4 etkili olmuştur. *R. solani* karşısında izolatlar arasında istatistiki bir fark görülmemekle birlikte en yüksek etkiyi %67.8 engelleme oranı ile T1 izolatu göstermiştir.

***T. harzianum* izolatlarının saksı denemesinde patojenlere karşı etkileri**

T. harzianum izolatlarının saksı denemesinde steril ve doğal toprakta patojenlere karşı etkileri Çizelge 3’te verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde, varyans analizi sonucunda toprak-patojen-antagonist interaksiyonu görülmektedir (F=2.278, P=0.05). Saksı denemesinde patojenlere karşı izolatların etkisi incelendiğinde (Çizelge 3), *F. culmorum*’a karşı steril toprakla yürütülen çalışmada, T1 %44.5, T2 %56, T3 %51.2, T4 %60.7, T5 %20, T6 %35.9, T7 %54.6, T8 %34.9, T9 %55 ve T10 %65.6 ortalama etki göstermişlerdir. İzolatlar arası fark önemli bulunmuş ve T10 izolatu %65.6 etki ile en yüksek etkiyi gösteren izolat olmuştur. Doğal toprakla yapılan çalışmada ise, T1 %6.1, T2 %6.1, T3 %23.3, T4 %7.7, T5 %18.3, T6 %18.1, T7 %15, T8 %17.4, T9 %14.9 ve T10 %9 etki göstermişlerdir. İzolatlar arasında doğal toprak denemesinde fark görülmemiş olup, tüm izolatların aynı grupta bulunduğu ve etkinin steril toprağa oranla düşük olduğu görülmüştür.

Steril toprakla yapılan uygulamada, *F. pseudograminearum*’u T1 %49.6, T2 %33.6, T3 %49.7, T4 %51.9, T5 %37.8, T6 %33.8, T7 %31.0, T8 %46.6, T9 %51.1 ve T10 %46.5 etkilerken, doğal toprakla yapılan denemede, T1 %10.2, T2 %7.2, T3 %14.5, T4 %14.4, T5 %10.3, T6 %15.8, T7 %8.7, T8 %13.0, T9 %7.2 ve T10 %9.0 etkilemiştir. İki tip toprak uygulamasında da izolatlar arasında fark önemsiz çıkarken, steril toprakta T4 izolatu %51.9 etki göstermiş ve doğal toprak uygulamasındaki etki steril toprak uygulamasına oranla düşük bulunmuştur.

ÇİZELGE 3. *Trichoderma harzianum* izolatlarının steril ve doğal toprak içeren saksılarda buğday kök ve kök boğazı hastalığı patojenlerine karşı etkileri

İzolatlar	Etki (%), Ort. ± St.hata, (Min.-Max.)							
	Patojenler							
	Steril toprak	Doğal toprak	Steril toprak	Doğal toprak	Steril toprak	Doğal toprak	Steril toprak	Doğal toprak
	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Bipolaris sorokiniana</i>	<i>Fusarium pseudograminearum</i>	<i>Fusarium pseudograminearum</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>
T1	44.5 ± 3.36 A* (37.5-53.3) ab**	6.1 ± 0.15 C (5.7-6.5) a	59.1 ± 2.04 A (54.3-62.5) a	56.5 ± 7.88 A (33.3-67.3) a	49.6 ± 6.89 A (38.1-52.2) a	10.2 ± 1.49 BC (5.7-12.1) a	22.5 ± 1.88 B (17.1-25.8) de	12.3 ± 2.62 BC (5.7-18.5) a
T2	56.0 ± 8.37 A (37.5-73.3) ab	6.1 ± 0.15 D (5.7-6.5) a	60.0 ± 5.08 A (50.0-71.4) a	52.4 ± 10.91 AB (27.6-72.7) a	33.6 ± 7.12 BC (19.1-48.0) a	7.2 ± 1.40 D (5.7-11.4) a	21.6 ± 2.47 CD (17.1-28.6) e	15.2 ± 6.5 CD (6.1-34.29) a
T3	51.2 ± 8.26 A (40.0-70.0) ab	23.32 ± 8.95 B (5.7-45.2) a	59.7 ± 3.72 A (51.4-68.6) a	57.7 ± 7.36 A (43.8-78.2) a	49.7 ± 8.14 A (33.3-69.6) a	14.5 ± 1.81 BC (11.4-18.2) a	45.9 ± 13.12 A (6.5-71.4) bc	11.0 ± 4.4 B (5.7-24.24) a
T4	60.7 ± 7.1 A (50.0-80.0) a	7.7 ± 1.74 C (5.7-12.9) a	49.0 ± 6.16 A (31.3-59.4) a	44.5 ± 11.49 AB (18.8-74.6) a	51.9 ± 10.32 A (33.3-72.0) a	14.4 ± 3.62 CD (6.1-22.9) a	65.8 ± 17.16 A (17.1-93.6) ab	25.0 ± 8.37 BC (6.5-45.7) a
T5	20.0 ± 8.89 D (30.0-50.0) c	18.3 ± 7.31 CD (8.1-40.0) a	59.6 ± 2.79 AB (53.1-65.7) a	56.0 ± 6.39 AB (37.2-66.1) a	37.8 ± 7.61 BC (19.1-52.2) a	10.3 ± 2.56 D (6.1-17.1) a	73.0 ± 11.45 A (38.7-85.7) ab	13.9 ± 2.44 D (7.4-18.2) a
T6	35.9 ± 7.99 B (16.7-55.0) bc	18.1 ± 6.54 BC (6.5-36.4) a	63.5 ± 0.72 A (62.5-65.6) a	60.4 ± 8.01 A (40.6-79.6) a	33.8 ± 2.41 BC (28.6-40.0) a	15.8 ± 6.71 CD (5.7-34.3) a	72.9 ± 10.07 A (45.7-85.7) ab	17.5 ± 2.78 BC (11.4-24.2) a
T7	54.6 ± 14.77 AB (25.0-80.0) ab	15.0 ± 3.77 DE (6.5-24.2) a	61.8 ± 2.97 A (53.1-65.7) a	56.8 ± 10.22 AB (27.6-74.6) a	31.0 ± 11.09 CD (8.0-52.2) a	8.7 ± 2.82 E (5.7-17.1) a	37.8 ± 11.7 BC (17.1-71.4) de	22.9 ± 4.72 DE (17.1-37.0) a
T8	34.9 ± 6.51 BC (24.0-51.4) bc	17.4 ± 3.96 CD (9.7-24.2) a	61.8 ± 2.36 A (56.3-65.7) a	59.1 ± 5.46 A (48.3-70.9) a	46.6 ± 8.8 AB (22.2-64.0) a	13.0 ± 1.37 D (11.4-17.1) a	60.7 ± 5.2 A (45.7-69.7) bc	13.9 ± 2.44 D (7.4-18.2) a
T9	55.0 ± 4.76 A (45.0-66.7) ab	14.91 ± 4.8 B (6.1-28.57) a	53.9 ± 2.41 A (48.6-59.4) a	51.0 ± 9.08 A (24.1-63.6) a	51.1 ± 4.6 A (40.0-60.9) a	7.2 ± 1.40 BC (5.7-11.4) a	47.7 ± 13.83 A (25.8-87.9) bc	23.0 ± 7.34 B (6.5-36.4) a
T10	65.6 ± 6.32 A (50.0-80.0) a	9.0 ± 1.6 D (6.1-12.1) a	58.0 ± 3.96 BC (46.9-65.7) a	36.0 ± 9.46 BC (20.7-63.6) a	46.5 ± 15.78 AB (8.7-56.0) a	9.0 ± 1.63 D (5.7-12.1) a	44.9 ± 11.24 AB (17.1-71.0) cd	26.8 ± 6.47 CD (14.8-45.2) a

* Aynı satırdaki farklı büyük harf taşıyan değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. (P<0.05)

** Aynı sütundaki farklı küçük harf taşıyan değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. (P<0.05)

B. sorokiniana'ya karşı steril toprakla yürütülen çalışmada, T1 %59.1, T2 %60.0, T3 %59.7, T4 %49.0, T5 %59.6, T6 %63.5, T7 %61.8, T8 %61.8, T9 %53.9 ve T10 %58.0 ortalama etki göstermişlerdir. Doğal toprakla yapılan çalışmada ise, T1 %56.5, T2 %52.4, T3 %57.7, T4 %44.5, T5 %56.0, T6 %60.4, T7 %56.8, T8 %59.1, T9 %51.0 ve T10 %36.0 etki göstermişlerdir. İzolatlar arası fark önemsiz bulunmuş, steril ve doğal toprak arasında oluşan fark diğer patojenlerde olduğu gibi yüksek olmayıp, oldukça düşük çıkmıştır. İki toprak tipinde de en yüksek etkiyi T6 izolatu göstermiştir.

Steril toprakla yapılan uygulamada *R. solani*'ye karşı T1 %22.5, T2 %21.6, T3 %45.9, T4 %65.8, T5 %73.0, T6 %72.9, T7 %37.8, T8 %60.7, T9 %47.7 ve T10 %44.9 etki göstermiştir. İzolatlar arasında fark önemli çıkmış ve T4, T5 ve T6 izolatları sırasıyla %65.8, %73, %72.9 etki ile en yüksek etkiyi gösteren izolatlar olmuştur. Doğal toprakla yapılan denemede, T1 %12.3, T2 %15.2, T3 %11.0, T4 %25.0, T5 %13.9, T6 %17.5, T7 %22.9, T8 %13.9, T9 %23.0 ve T10 %26.8 etkilemiştir. Doğal toprak uygulamasında izolatlar arasında fark önemsiz bulunurken, steril toprak ile karşılaştırıldığında tüm izolatların doğal toprakta steril toprağa oranla düşük etki gösterdiği görülmüştür.

TARTIŞMA VE KANI

Bu çalışmada buğday kök ve kök boğazı patojenleri *F. culmorum*, *F. pseudograminearum*, *B. sorokiniana* ve *R. solani*'ye karşı *T. harzianum* izolatlarının petride engelleme oranları, saksıda doğal ve steril topraktaki etkileri tespit edilmiştir.

In vitro çalışmalarda *T. harzianum*'un farklı izolatlarının değişik patojenlere etkilerinin farklı olabileceği görülmüştür. Bu durum diğer araştırmacıların çalışmalarında da görülmektedir. Örneğin Küçük ve Kıvanç (2001) yaptıkları bir çalışmada *F. culmorum*'a %77 ile T1, *R. solani*'ye %89.8 ile T8 ve *D. sorokiniana*'ya %80 engelleme ile T18 izolatlarının etkili olduklarını tespit etmişler, yine Küçük ve Kıvanç (2004) *F. culmorum*'a karşı T8 izolatının %90, T11 %85 ve T15 %92 engelleme gösterdiğini bulmuşlardır. Benzer sonuçlar Michalikova ve Michrina (1997) tarafından yapılan çalışma ile de alınmıştır.

In vitro çalışmalarda kullanılan *T. harzianum* izolatlarının patojenlere etki mekanizmalarında antibiosis, mikoparazitizm ve fungus tarafından üretilen enzimlerin rol alabileceği düşünülmektedir. Nitekim Monaco ve ark. (2004) ve Küçük ve Kıvanç (2003) tarafından yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar bulunmuş ve *T. harzianum*'un ürettiği metabolitlerin patojenlerin gelişmesini engelleyici etkiye sahip olduğu bildirilmiştir.

Yapılan benzer çalışmalarda *T. harzianum* tarafından üretilen metabolitlerin, glukanaz veya kitinaz gibi enzimlerin sorumlu olduğu ve bu enzimlerin fungus hücre duvarı sertliğini sağlayan polisakkaritler, kitin ve β -

glukanların bozulmasını sağlayarak, hücre duvarı bütünlüğünü yok ederek toprak kökenli bitki patojenlerinin baskılanmasında ve engellenmesinde etkili oldukları, antibiosis ve mikoparazitik etkilerin biyolojik mücadelede rol oynayabileceği bildirilmiştir (Küçük and Kıvanç 2004, Xu *et al.* 1993, Michalikova and Michrina 1997, Howell 2003).

Mikoparazitik ilişki konukçuya özel olup yalnız konukçu fungusu temasa karşılık değildir. Muhtemelen konukçu fungus sinyalleri *Trichoderma* tarafından tanınır ve mikoparazitizmle ilişkili genlerin çoğaltılmasına sebep olur (Zeilinger and Omann 2007). Nitekim çalışmamızda *in vitro* denemelerde izolatların *F. culmorum*, *F. pseudograminearum* ve *R. solani* üzerinde gelişerek mikoparazit etki gösterdikleri, *B. sorokinia*'ya karşı ise engelleme zonu oluşturarak antibiosis etki gösterdikleri gözlenmiştir.

Çalışma sonucunda *T. harzianum* izolatlarının steril toprakta gösterdikleri etkiyi doğal toprakta gösteremedikleri, daha düşük etki gösterdikleri görülmüştür. Küçük (2000) tarafından *T. harzianum* ile toprak kökenli bazı bitki patojenlerinin kontrolü amacıyla yapılan araştırmada, izolatların etkisi steril toprakta daha fazla olurken doğal tarla toprağı ile yapılan sera denemelerinde etkinin azaldığı görülmüştür.

Bitki hastalıklarının biyolojik mücadele etmenleri ile mücadelesindeki mekanizmalar çok ve komplekstir. Doğal toprakta etkinin düşük olmasının toprak mikroflorasındaki diğer organizmaların izolatları engelleyici etkilerinden olabileceği düşünülmektedir. Howell (2003) tarafından biyolojik mücadele etmeninin kullanımının çeşide, patojen ve konukçu bitki interaksiyonlarına göre değiştiği, etki mekanizmalarının mikrofloradaki diğer organizmalara bağlı olarak etkilendiği bildirilmiştir.

Çalışmada tüm patojenlere karşı tek başına etkili bir *T. harzianum* izolatu bulunamamıştır. Patojenlere karşı farklı izolatlar etkili olmuştur. Chet ve Inbar (1994), Küçük (2000), Küçük ve Kıvanç (2001) tarafından yapılan benzer çalışmalarda da bütün patojenlere karşı etkili olan tek bir *T. harzianum* izolatu bulunamamıştır.

Çalışma sonucunda farklı patojenlere karşı farklı izolatların etkili olduğu bulunmuştur. *T. harzianum* izolatları arasında patojenlere etkili olanlar seçilerek gen aktarımı yapılarak faydalı karakterlerin kombine edilmesi sonucunda farklı patojen gruplarına karşı etkili izolatların geliştirilmesi mümkündür. Benzer şekilde Harman (2000) tarafından T-22 biopreperatının laboratuvarında protoplast füzyonu ile üretildiği bildirilmiştir. Howell (2003) optimum biyolojik mücadele için bütün faydalı mekanizma ve karakterlerin aynı organizmada bulunamayacağını, bu nedenle faydalı özelliklerin kombinasyonu için farklı ırk ve türlerin melezlenmesine ihtiyaç olduğunu bildirmiştir.

Biyolojik mücadele etmenlerinin ticarileştirilmesi; keşifle başlayan daha sonra da etkinlik testleri, prototip, ticari üretim, geniş kapsamlı tarla testleri,

toksikoloji ve çevresel testler ile tescil ve pazarlamayı kapsayan geniş bir prosedür gerektirmektedir. Araştırma enstitüleri ilk iki basamaktaki çalışmaları yapabilirken diğer aşamalarında ticari şirketlere ihtiyaç duyulmaktadır (Harman 2000).

Ülkemizde bulunan *Trichoderma* spp.'nin tespiti için öncelikle taksonomik çalışmalara sonrasında ise etkinlik, etki mekanizması ve tarla çalışmalarına ihtiyaç vardır. Bulunacak etkili izolatlar arasında melezleme çalışmalarını içeren ileri çalışmalar yapılarak biyolojik mücadelede kullanılacak izolatlar elde edilebilir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlara göre, izolatların *B. sorokiniana*'ya karşı ileri çalışmalarda kullanılacağı kanısına varılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı destekleyen Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü'ne, *T. harzianum* izolatlarının teşhisinde ve temininde yardımcı olan Prof. Dr. Berna TUNALI'ya (OMÜ, Ziraat Fak.), istatistik analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde yardımcı olan Dr. Numan E. BABAROĞLU'na teşekkür ederim.

LİTERATÜR

- Anonim, 2008. Tarımsal işletmeler bitkisel üretim araştırması. Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni. Sayı:197.
- Aktaş, H. and Bora, T. 1981. Untersuchungen über die Biologie und Physiologische Variation von auf Mittelanatolischen Gernsten vorkommenden *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram.and Jain und die Reaction der Befallenen Gerstensorten auf den Parasiten. J.Turkish Phytopath., 10 (1): 1-24.
- Aktaş H., Bostancıoğlu, H., Tunalı, B., Bayram, E. (1996). Sakarya Yöresinde Buğday kök ve kök çürüklüğüne neden olan hastalık etmenlerinin belirlenmesi ve bu etmenlerin buğday yetiştirme teknikleri ile ilişkileri üzerinde araştırmalar, Bitki Koruma Bülteni, 36(3-4),151-167.
- Aktaş, H. 2001. Önemli hububat hastalıkları ve sürvey yöntemleri, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Yayını, 74 s., Ankara.
- Bora, T. ve Özaktan, H. 1998. Bitki hastalıklarıyla biyolojik savaş. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı. Prizma Matbaası 1479 sk., No:22/B Alsancak/İzmir 205 s.
- Burgess, L. W., Summerell, B. A., Bullock, S., Gott, K. P. and Bachouse, D. 1994. Laboratory manual for fusarium research. Fusarium Research Laboratory, Department of Crop Sciences, University of Sydney, p 7.
- Chet, I. and Inbar, J. 1994. Biological control of fungal pathogens. Applied Biochemistry and Biotechnology. 48: 37-43.

- Demirci, E. and Dane, E. 2003. Identification and pathogenicity of *Fusarium* spp. from stem bases of winter wheat in Erzurum, Turkey. *Phytoparasitica*, 31 (2): 170-173.
- Eken, C. ve Demirci, E. 1998. Erzurum yöresinde buğday ve arpa ekim alanlarında *Drechslera sorokiniana*'nın yayılışı, morfolojisi ve patojenitesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22 (2): 175-180.
- Ekmekci, Y. and Terzioğlu, S. 1998. Interactive effects of vernalization, day length and light intensity on the number of leaves and flag leaf area in some wheat cultivars. *Tr.J.of Botany*, 22 ; 303-312.
- Elad, Y., Barak, R. and Chet, I. 1984. Parasitism of *Sclerotium rolfsii* sclerotia by *Trichoderma harzianum*. *Soil. Bio. Biochem*, 16: 381-386.
- Harman, G. E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol: Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Disease*, 84 (4): 377-393.
- Harman, G. E. 2006. *Trichoderma* for Biocontrol of Plant Pathogens: From Basic Research to Commercialized Products. Web sitesi. <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/bcconf/talks/harman.html>. Erişim tarihi: 04.07.2006.
- Howell, C. R. 2003. Mechanisms Employed by *Trichoderma* Species in the Biological Control of Plant Diseases: The History and Evolution of Current Concepts. *Plant Disease*. 87 (1), 4-10.
- Karman, M. 1971. Bitki Koruma Araştırmalarında Genel Bilgiler Denemelerin Kuruluşu ve Değerlendirme Esasları. 279s., Bornova-İzmir.
- Küçük, Ç. 2000. *Trichoderma harzianum* ile toprak kökenli bazı bitki patojenlerinin kontrolü. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, 80 s., (Yüksek lisans tezi).
- Küçük, Ç. ve Kıvanç, M. 2001. Sera ve laboratuvar koşullarında *Trichoderma harzianum*'un toprak kökenli bazı fungal bitki patojenleri üzerine etkisi. *Biyoteknoloji Dergisi*, 25 (2): 85-92.
- Küçük, Ç. and Kıvanç, M. 2003. Isolation of *Trichoderma* spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. *Turk. J. Biol.*, 27: 247-253.
- Küçük, Ç. and Kıvanç, M. 2004. In vitro antifungal activity of strains of *Trichoderma harzianum*. *Turk J.Biol.*, 28: 111-115.
- Michalikova, A. and Michrina, J. 1997. Biological control of *Fusarium* foot rot in wheat seedlings by *Trichoderma harzianum*. *Biologia*. 52 (4): 591-598.
- Mihuta-Grimm, L. and Rowe, R. C. 1986. *Trichoderma* spp. as biocontrol agents of *Rhizoctonia* damping-off of radish in organic soil and comparison of four delivery systems. *Phytopatology*, 76 (3): 306-311.
- Monaco C., Sisterna, M., Perello, A. and Dal Bello, G. 2004. Preliminary studies on biological control of the blackpoint complex of wheat in Argentina. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 20 (3): 285-290.

- Muratçavuşoğlu, N. ve Hancıoğlu, Ö. 1995. Ankara ili buğday ekim alanlarında kök ve kök boğazı hastalıklarına neden olan *Fusarium* türlerinin tespiti üzerine araştırmalar. VII. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 174-177, Adana.
- Rossi, V., Cervi, C., Chiusa, G. and Languasco L. 1995. Fungi associated with foot rots on winter wheat in Northwest Italy. J. Phytopathology, 143: 115-119.
- Royse, D.J. and Ries, S.M. 1978. The influence of fungi isolated from peach twigs on the pathogenicity of *Cytospora cincta*. Phytopathology, Vol:68, 603-607.
- Sivan, A. and Chet, I. 1986. Biological control of *Fusarium spp.* in cotton, wheat and muskmelon by *Trichoderma harzianum*. In Microbial Communities In Soil, Ed.by V. Jensesenetal, Elsevier Applied Science Publishers, 89-95.
- Soran, B. ve Damgacı, E. 1980. Ankara ili buğday ekim alanlarında kök ve kökboğazı hastalığına neden olan fungal etmenlerin saptanması üzerinde araştırmalar. VII. Bilim Kongresi, Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Tebliği, 119-128, Adana.
- Tinline, R.D., Ledingham, R.J. and Sallans, B.J. 1975. Appraisal of loss from common root rot in wheat. Pages 22-26. In:G.W. Bruchl ed. Biology and control of soil borne plant pathogens. American Phytopathological Society.
- Tunalı, B., Nicole, J. M., Hodson, D., Uçkun, Z., Büyük, O., Erdurmuş, D., Hekimhan, H., Aktaş, H., Akbudak, M. A. and Bağcı, S. A. 2008. Root and crown root fungi associated with spring, facultative, and winter wheat in Turkey. Plant Disease, 92:12, 99-1306.
- Uçkun, Z. 2001. İzmir, Aydın ve Denizli illeri buğday alanlarında kök ve kökboğazı hastalıklarının yoğunluğu ve neden olan etmenler üzerinde araştırmalar. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Wallwork, H. 2000. Cereal root and crown diseases. SARDI , 58 p., Adelaide.
- Xu, T., Zhong, J.P. and Li, D.B. 1993. Antagonism of *Trichoderma harzianum* T82 and *Trichoderma sp.* NF9 against soil-borne fungus pathogens. Acta Phytopathologica Sinica. 23:1, 63-67.
- Yılmazdemir, F. Y. 1976. Edirne, Tekirdağ ve Kırklareli illerinde buğday kök hastalıklarının fungal etmenleri ve bu hastalıkların dağılışına toprak Ph ve nem' inin etkisi üzerinde araştırmalar. Uzmanlık Tezi, Ege Üni. Zir. Fak., 107 s. (yayınlanmamış).
- Zeilinger, S. and Omann, M. 2007. *Trichoderma* Biocontrol: Signal Transduction Pathways Involved in Host Sensing and Mycoparasitism. Gene Regulation and Systems Biology 2007:1 227-234