



Effects of Some *Trichoderma* Isolates Against Charcoal Rot Disease of Melon and Plant Growth

Uğur BAYRAK¹ Yunus KORKOM¹ Ayhan YILDIZ¹

¹Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Aydın

ABSTRACT

This study was aimed to evaluate the biological control effectiveness of *Trichoderma* isolates against charcoal rot disease in melon (*Cucumis melo* cv. Kırkağaç-637). *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. is soilborne fungal pathogen that causes for considerable damages in melon production. In the study, the effectiveness of six previously known *Trichoderma* isolates on seed germination, plant growth and against *M. phaseolina* of melon in *in-vitro* and *in-vivo* was determined. As a result of the seed germination of melon tests carried out *in-vitro* condition, the seed germination occurred 80–100% on *Trichoderma* isolates, while 70% on control plates. In *in-vivo* study, when growth of plant was compared in treatments, the isolate of Tr28 was encouraged the fresh weight increase (77.68%) and root growth (177%) in comparison with the negative control. When Tr28+Mp15, Tr138B+Mp15 and R+Mp15 treatments increased the fresh weight, Tr28+Mp15, R+Mp15, Tr138B+Mp15, Tr55+Mp15 isolates increased the root weight in plants inoculated with *M. phaseolina*, and these applications showed the best effect compared to the positive control. The plant growth and effectiveness on *M. phaseolina* in 12.5 g/l Fludioxonil + 5 g/l Metalaxyl (Cebir) treatment, it was lower than Tr28+Mp15, Tr138B+Mp15 treatments.

Keywords: Biocontrol, *Cucumis melo*, *Macrophomina phaseolina*, seed germination

ÖZ

Bazı *Trichoderma* İzolatlarının Kavunda Kömür Çürüklüğü Hastalığına ve Bitki Gelişimine Etkisi

Bu çalışma *Trichoderma* izolatlarının kavunda (*Cucumis melo* cv. Kırkağaç-637) kömür çürüklüğü hastalığına karşı biyolojik mücadele olanaklarının değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. kavun üretiminde önemli kayıplara neden olan toprak kaynaklı fungal patojendir. Çalışmada etkinliği önceden bilinen altı *Trichoderma* izolatının kavunda tohum çimlenmesi, bitki gelişimi ve *M. phaseolina*'ya karşı etkinliği *in-vitro* ve *in-vivo*'da belirlenmiştir. *In-vitro* kavun tohum çimlenme testi sonucunda *Trichoderma* izolatlarında %80–100 tohum çimlenmesi gerçekleşirken, kontrolde ise %70 oranında olmuştur. *In-vivo* çalışmasında; uygulamaların bitki gelişimine olan etkisi ele alındığında, Tr28 izolatı negatif kontrole göre %77.68 bitki yaş ağırlık artışı sağlayan ve %177 oranında kök gelişimini teşvik eden en iyi izolat olmuştur. *M. phaseolina* ile inokule edilen bitkilerde Tr28+Mp15, Tr138B+Mp15 ve R+Mp15 uygulamaları yaş ağırlık artışında, kök ağırlık artışında ise Tr28+Mp15 ve R+Mp15, Tr138B+Mp15 ve Tr55+Mp15 uygulamaları pozitif kontrole göre en iyi etkiyi göstermiştir. 12.5 g/l Fludioxonil + 5 g/l Metalaxyl (Cebir) uygulaması ise Tr28+Mp15, Tr138B+Mp15 göre bitki gelişimi ve *M. phaseolina*'ya karşı etkisi daha düşük olmuştur.

Anahtar kelimeler: Biyokontrol, *Cucumis melo*, *Macrophomina phaseolina*, tohum çimlenmesi

GİRİŞ

Kavun (*Cucumis melo* L.) Cucurbitaceae familyasında yer alan önemli bir kültür bitkisidir. 2018 yılı dünyadaki yaklaşık 27.5 milyon ton kavun üretiminin 1,753,942 ton ile Türkiye Çin'den sonra ikinci sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Örtüaltı ve açıkta kavun yetiştiriciliğinde, ekolojik koşullara bağlı olarak ekonomik önemi yüksek kültür bitkilerin monokültür tarımının yapılması nedeniyle toprak yorgunluğu ve toprak kaynaklı hastalıklar gerek ülkemizde gerekse

dünyada ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır (Tüzel ve Gül, 2008; de Sousa Linhares ve ark., 2020). Dünyada kavunlarda solgunluğa ve kurumalara neden olan fungal patojenler arasında; *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis*, *Fusarium solani*, *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Phomopsis sclerotoides*, *Verticillium dahliae*, *Monosporascus cannonballus*, *Myrothecium roridum* ve *Rhizoctonia solani* bulunmaktadır (Blancard ve ark., 1994; Dantas ve ark., 2013). *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. Botryosphaeriaceae familyasında yer alan kavun yetiştiriciliğini etkileyen aynı zamanda toprakta veya bitki artıklarında mikrosklerot olarak 15 yıla kadar canlı kalabilen en önemli toprak kaynaklı patojenlerden biridir (Tezcan ve Yıldız, 1993; Manici ve ark., 1995; Cohen ve ark., 2016; Nascimento ve ark., 2018). *M. phaseolina* 500'den fazla kültür bitkisi ve yabancı ot

Article Info / Makale Bilgileri

Corresponding author e-mail: yunus.korkom@adu.edu.tr

Received: January 16, 2021 Accepted: January 31, 2021

ORCID ID's of Authors in order:

0000-0002-0854-9466, 0000-0001-5859-9026

0000-0001-9443-2362

İlk yazının Lisans tezi ürünüdür.

türlerinde ekonomik kayıplara, kömür çürüklüğüne, çökertene, kök çürüklüğüne neden olmaktadır (Su ve ark., 2001). Etmen ülkemizde ilk kez 1942 yılında İzmir ve Ankara'da pamuk, anason, susam, tütün, patates, biber ve patlıcanda saptandığını bildirmiştir (Karaca, 1974). Daha sonra yapılan çalışmalarda etmenin kavunla birlikte ayçiçeği, soya fasulyesi, fasulye ve tütünde yaygın olarak hastalık yaptığı bildirilmiştir (Yıldız ve ark., 1994). Erincik ve ark. (2017) Urla yarımadasında Çeşme kavunu yetiştirilen alanlarda yürüttükleri sörvey çalışması sonucu; arazinin tümünde kavunda kurumalar gözlemlenmiştir. Toplam 17 adet tarlada hastalık bulunma oranı $>50\%$ tespit edilmiştir. Kuruyan bitkilerden yapılan izolasyon sonucunda *Fusarium oxysporum* (%52), *Macrophomina phaseolina* (%24), *Fusarium* spp. (%24) izolatu elde edilmiştir. Patojenite testlerinde, *M. phaseolina* izolatlarının tamamı, *F. oxysporum* izolatlarının %68'i kavunda patojen olduğu belirlenmiştir. Son yıllarda, tarımsal üretimde birim alandan alınan verimin artırılması amacıyla kimyasal girdilerin yoğun ve kontrolsüz kullanımı insan ve çevre sağlığı açısından tehdit oluşturmaya başlamıştır. Bu durum, günümüzde fide verimi ve kalitesi yanında bitki koruma uygulamaları da ekolojik dengeyi koruyan, çevre dostu teknikler önem kazanmaktadır (Sivritepe ve ark., 2015; Kushwaha ve ark., 2017). Biyolojik mücadele, bitki hastalıklarının kontrolünde kimyasal pestisitlere bir alternatif yöntemdir. *Trichoderma* türleri, birçok fungal bitki patojeninin, özellikle de toprak kaynaklı patojenlerin kontrolünü sağlayan aynı zamanda bitki gelişimini teşvik eden, bitki savunma sistemini uyarmak suretiyle bitki dayanıklılığını arttıran önemli biyolojik mücadele ajanı olarak bilinmektedir (Elad, 2000; Harman ve ark., 2004; Shores ve ark., 2005; Vinale ve ark., 2008; Keswani ve ark., 2014; Singh ve ark., 2018). *Trichoderma* spp. ile kavunda *M. phaseolina*'nın mücadelesine yönelik yürütülen çalışma sayısının çok fazla olmadığı görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı; kavunda önemli kayıplara neden olan *M. phaseolina* etmenine karşı, *Trichoderma* izolatlarının *in-vitro* ve *in-vivo* koşullar altında biyokontrol etkinliğini araştırmaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmada daha önceki çalışmalarda *M. phaseolina*'ya karşı antagonistik özellikleri (ikili kültür testi, uçucu bileşiklerin miselyal gelişimine ve mikrosklerot oluşumuna etkisi, uçucu olmayan bileşiklerin miselyal gelişime etkisi) bilinen altı *Trichoderma* izolatu ve Aydın ili çilek üretim alanlarından izole edilmiş virülensliği yüksek *M. phaseolina* izolatu (AMp2) kullanılmıştır. Her iki izolat Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı Mikoloji Laboratuvarı stoklarından temin edilmiştir. Ayrıca sertifikalı Kırkağaç-637 çeşidi kavun tohumu kullanılmıştır. Çalışmada karşılaştırma ilacı

olarak *T. asprellum* ırk ICC012+*T. gamsii* ırk ICC080 (Remedier) biyopreparatu ve 12.5 g/l Fludioxonil + 5 g/l Metalaxyl (Cebir) kullanılmıştır. Bu çalışma 2019-2020 yılında yürütülmüştür.

In-vitro koşullarda *Trichoderma* izolatlarının tohum çimlenmesine etkisinin belirlenmesi

Ticari olarak satılan sertifikalı Kırkağaç-637 çeşidi ilaçsız kavun tohumlarını %1'lik sodyum hipokloritte (NaOCl) 5 dk. bekletildikten sonra steril saf sudan iki kez geçirilmiş ve steril kurutma kağıtları arasında steril kabin içerisinde kurumaya bırakılmıştır (Jain ve ark., 2013). Altı adet *Trichoderma* izolatu Potato Dextrose Agar (PDA)'da 25 ± 2 °C'de 7 gün geliştirildikten sonra koloni yüzeyini kaplayacak şekilde %1 Tween80 içeren steril saf su ilave edilmiş ve steril cam baget yardımıyla tüm yüzeye homojen bir şekilde yayılarak sporların suya geçmesi sağlanmıştır. Daha sonra süspansiyon steril tülbentten süzülerek spor yoğunluğu Thoma lam yardımıyla hesaplanmıştır (Korkom ve Yıldız, 2020). Her bir *Trichoderma* izolatına ait süspansiyon 2×10^7 spor/ml (Jain ve ark., 2013) olacak şekilde yaklaşık 10 ml olacak şekilde steril cam petrinin içerisinde bulunan 30 adet yüzey dezenfeksiyonu yapılmış tohumların üzerine eklenmiştir. Tohumlar süspansiyonların içinde 45 dakika bekledikten sonra steril kurutma kağıtlarında kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra tohumlar 90 mm steril cam petrilerin içerisine yerleştirilen steril kurutma kağıtlarının üzerine her petriye 10 adet tohum olacak şekilde çimlenmeye bırakılmıştır. Kontrol grubunda ise yüzey dezenfeksiyonu yapılan tohumlar 90 mm steril petrilerin içerisine yerleştirilen steril kurutma kağıtlarının üzerine her petriye 10 adet tohum olacak şekilde yerleştirilmiştir. Çalışma 25 ± 2 °C'deki inkubatorde yürütülmüştür. Çimlenen tohum sayısı 24 saat aralıklarla kaydedilmiştir. Çimlenme testi sonunda çimlenme oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır; Çimlenme oranı (%) = $[\text{Çimlenen tohum sayısı} / \text{Toplam tohum sayısı}] \times 100$ (Özbay ve ark., 2018)

Trichoderma izolatlarının *in-vivo* koşullarda *Macrophomina phaseolina*'ya ve bitki gelişimine etkisinin değerlendirilmesi

Kavun tohumlarının ekimi içerisinde 550 g (steril kum + torf (1:1)) yetiştirme ortamı bulunan saksılara yapılmıştır. *Trichoderma* spor süspansiyonu *in-vitro*'da gerçekleştirilen tohum çimlenme çalışmasında belirtildiği gibi hazırlanmış ve her bir *Trichoderma* izolatına ait spor süspansiyonu 4×10^8 spor/ml (Korkom ve Yıldız, 2020) toprağa içirme şeklinde her saksıya 50 ml olarak tohum ekimi esnasında uygulanmıştır.

M. phaseolina inokulumu hazırlamak için; AMp2 izolatu PDA'da 25 ± 2 °C'de 7 gün geliştirilmiştir. Daha sonra gelişen kültürler blendırda 250 ml steril saf su+%0.05 NaOCl içinde parçalamak suretiyle mikrosklerot

süspansiyonu elde edilmiştir. Parçalanma işleminden sonra süspansiyon 212 ve 45 µm'lik eleklerden geçirilerek 45µm elek üzerinde kalan mikrosklerotlar beher içerisinde toplanmıştır (Aviles ve ark., 2009). Elde edilen süspansiyondan 10 µl alınarak 5 tekrar olacak şekilde çukur lamda mikrosklerot sayımı yapılmıştır. Mikrosklerot konsantrasyonu 1.6×10^3 ms/ml olarak hazırlanmış ve Tr spor süspansiyonu uygulandıktan 15 gün sonra toprağa içirme şeklinde uygulanmıştır. İnokulumun homojen şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla uygulama öncesinde saksının 4 yönünde 5 mm çapında 5 cm derinliğinde delikler açılmıştır (Korkom ve Yıldız, 2020).

Çalışmada karşılaştırma ilacı olarak kullanılan *T. asprellum* ırk ICC012+*T. gamsii* ırk ICC080 (Remedier) biyopreparatı (30 g/100 lt su) ve 12.5 g/l Fludioxonil + 5 g/l Metalaxyl (Cebir) (500 ml/100 lt su) toprağa içirme şeklinde her bir saksıya 50 ml olarak uygulanmıştır.

Saksı çalışması Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre, aşağıda belirtildiği gibi 8 karakterli, 5 tekerrürlü her bir tekerrürde 1 saksı yer alacak şekilde yürütülmüştür.

- 1: Yetiştirme ortamına Tr süspansiyonu uygulandıktan 15 gün sonra Mp inokulumu uygulaması (Tr+Mp15)
- 2: Yetiştirme ortamına *T. asprellum* ırk ICC012+*T. gamsii* ırk ICC080 (Remedier) uygulamasından 15 gün sonra Mp inokulumu uygulaması (R+Mp15)
- 3: 12.5 g/l Fludioxonil+5 g/l Metalaxyl (Cebir) uygulamasından 15 gün sonra Mp inokulumunun yetiştirme ortamına uygulaması (C+Mp15)
- 4: Yetiştirme ortamına sadece *T. asprellum* ırk ICC012+*T. gamsii* ırk ICC080 (Remedier) uygulaması (R)
- 5: Yetiştirme ortamına sadece 12.5 g/l Fludioxonil + 5 g/l Metalaxyl (Cebir) uygulaması (C)
- 6: Bitki gelişimini değerlendirmek amacıyla yetiştirme ortamına sadece *Trichoderma* izolatlarına ait spor süspansiyonu uygulaması (Tr)
- 7: Yetiştirme ortamına sadece Mp inokulumunun uygulanması [Pozitif kontrol: K (+)]
- 8: Hiçbir uygulama yapılmayan [Negatif kontrol: K(-)]

Yüzey dezenfeksiyonu yapılan Kırkağaç-637 çeşidi kavun tohumları 10 adet tohum/saksı olacak şekilde ekim gerçekleştirilmiştir. Deneme 16 saat aydınlık/8 saat karanlık koşullarda 25 ± 2 °C'deki iklim odasında 8 hafta yürütülmüştür. Tohum ekimi gerçekleştirildikten sonra 14 gün süresince 24 saat aralıklarla tohumların çıkış durumu kaydedilmiştir. Çimlenme sonrası 1 fide/saksı kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Ayrıca deneme sonlandırıldığında her karakterdeki bitkilerin; bitki yaş ağırlık (g), kök ağırlığı (g), bitki kuru ağırlıkları (g) tartılarak kaydedilmiştir.

Deneme süresince bitkiler 0–3 skalasına (0 = bitkide hastalık belirtisi yok; 1 = yapraklarda renk açılması ve

solgunluk; 2 = kök boğazında leke oluşumu; 3 = bitki tamamen kurumuş ve ölmüş) göre değerlendirilmiştir (Erzurum, 2000).

Çalışmada elde edilen veriler SPSS (v.21) istatistik programında tek yönlü varyans analizi ANOVA ve gruplar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testi ile ($p=0.05$) değerlendirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Trichoderma izolatlarının bitki gelişimine etkisinin belirlenmesi

Trichoderma türlerinin tohum uygulamaları kısa ve uzun vadede bitki gelişimini teşvik etmektedir (Mastouri ve ark., 2010), ancak tohum-*Trichoderma* etkileşimi konusunda çok az çalışma bulunmaktadır. Çalışmamızda *Trichoderma* izolatlarının kavun tohumlarındaki çimlenme testi sonucu elde edilen veriler değerlendirildiğinde; %80–100 oranlarında tohum çimlenmesi gözlenirken, kontrolde ise tohumların %70 çimlenmiştir. Tr138B izolatu %42.86, Tr48 izolatu %32.86 oranında kontrole göre tohum çimlenmesinde artış sağlamıştır (Çizelge 1). Nitekim İspanya'da Gandalf çeşidi kavunda iki *T. saturnisporum* izolatının tohum çimlenmesine etkisinin değerlendirildiği çalışmada T1 ve T2 izolatlarında sırasıyla %93.50, %93.75, kontrolde ise %62 çimlenme oranı elde edilmiştir (Fernando ve ark., 2018).

Tohum çimlenme kabiliyetinin artırılması veya teşvik edilmesi, fide gelişimini aynı zamanda verimi doğrudan etkileyen bir faktördür. Çalışmamızın tohuma *Trichoderma* uygulama aşaması, kavunda tohum çimlenmesine olumlu etkisini ortaya koymuştur.

Çalışmamızda uygulamaların kavunda bitki gelişimine olan etkisi değerlendirildiğinde; ekimi yapılan tohumların K(-)'de %56 oranında çimlenme gözlenirken, *Trichoderma* uygulamalarının olumlu katkısıyla bu oran %58–74 düzeyinde olmuştur. *Trichoderma* uygulamalarının tamamı, bitki yaş (yeşil aksam ve kök) ağırlığını kontrole göre arttırmıştır. Tr28 izolatu 18.65 g ile K(-) (10.65 g) göre %77.68 oranında bitki yaş ağırlığında, kök ağırlığında ise %177 oranında bir artış sağlayarak bitki gelişimini teşvik eden en iyi izolat olmuştur. Karşılaştırma ilacı olarak kullanılan 12.5 g/l Fludioxonil + 5 g/l Metalaxyl (C) uygulaması ise %24.03 oranında yaş ağırlık artışı sağlamıştır. Bitki kuru ağırlık değerleri incelendiğinde yine Tr28 izolatu 2.21 g ile en yüksek kuru ağırlık değeri elde edilen izolat olmuştur (Çizelge 1).

Martínez-Medina ve ark. (2011) Arbüsküler mikorizal fungus (AMF) ve *T. harzianum* uygulamalarının kavunda bitki gelişimine olan etkisi değerlendirildiği çalışmada *T. harzianum* uygulamasının sürgün yaş ağırlığını kontrole göre %20 oranında artış sağladığı, kök ağırlığı ise kontrolde 0.67 g olarak elde edilmiştir. Sera koşullarında dört farklı *Trichoderma* türüne ait izolatın kullanıldığı çalışmada; kök kuru ağırlığında *T. viride* (3.67 g) ve *T. koningii* (3.55 g) uygulamalarının kontrole (3.40

Çizelge 1. *Trichoderma* uygulamalarının *in-vivo* koşullarda kavunda bitki gelişimine etkisi

Karakter	<i>In-vitro</i> çimlenme oranı (%)*	Tohum çimlenme oranı (%)**	Yeşil aksam yaş ağırlık (g)**	Kök ağırlığı (g)**	Bitki yaş ağırlık (g)**	Bitki yaş ağırlık artışı (%)***	Bitki kuru ağırlık (g)***
Tr28	80	66	12.96	5.68	18.65	77.68 a	2.21 a
Tr49	85	74	10.39	3.99	14.38	37.02 ab	1.38 ab
Tr48	90	74	9.79	4.44	14.23	35.56 ab	1.49 ab
Tr124	85	58	10.81	3.34	14.15	34.80 ab	1.51 ab
Tr55	85	72	10.02	3.85	13.87	32.19 ab	1.86 ab
C	–	70	9.73	3.29	13.02	24.03 ab	1.75 ab
Tr138B	100	68	8.65	3.65	12.30	17.22 ab	1.49 ab
K(-)	70	56	8.60	2.05	10.65	0.00 ab	1.04 b
R	–	76	6.74	1.74	8.48	-19.15 b	0.89 b
F değeri	–	–	–	–	–	1.22 (p>0.05)	1.53 (p>0.05)

* *In-vitro* testleri sadece *Trichoderma* izolatları ile yapılmıştır.

** Değerler 5 tekrerrör ortalamasıdır.

*** Aynı sütunda Duncan testine göre aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan fark yoktur.

g) göre, sürgün kuru ağırlığında ise sadece *T. viride* (3.55 g)'nin kontrole (3.96 g) göre olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir (Gava ve Menezes, 2012). Topraktan izole edilen *T. harzianum* (iki izolat), *T. ghanense* ve *T. hamatum* olmak üzere dört *Trichoderma* izolatın, kavunda bitki gelişimini teşvik etme yetenekleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; 7 hafta sonra *T. ghanense*, *T. hamatum* ve ticari *T. harzianum* (T-22) kök yaş ağırlığında, sürgün yaş ağırlığında ise *T. harzianum* (T-22) uygulamasının en yüksek gösterdiği belirlenmiştir (Martínez-Medina ve ark., 2014). Yapılan bir diğer çalışmada ise *T. harzianum* ve *T. viride* uygulamalarının, kavuna inokulasyondan 1 ay sonra, kontrole göre sürgün kuru ağırlığını *T. harzianum* %8.36 ve *T. viride* %7.03 oranında, kök kuru ağırlığını *T. harzianum* %10.08 *T. viride* %9.26 oranında arttırdığı belirlenmiştir (Boughalleb-M'Hamdi ve ark., 2018).

***Trichoderma* izolatlarının *in-vivo* koşullarda *Macrophomina phaseolina*'ya etkisi**

Saksı çalışması 27.01.2020 tarihinde kurulmuştur ve 8 hafta sonra deneme değerlendirilmiştir. Tohum ekiminden sonraki 14 gün çıkışları takip edilerek

çimlenen tohum sayısı kaydedilmiş ve çimlenme oranı (%) hesaplanmıştır.

Çizelge 2 incelendiğinde, saksılara ekilen tohumların çimlenme oranı K(-)'de %64 iken, AMp-2 ile inokule edilen K(+)'de bu oran %56 olmuştur. Seyreltme işlemi sonrasında bitkiler deneme süresince 0–3 skalasına göre değerlendirildiğinde K(+)'de fide ölümü gözlenirken, diğer uygulamalarda ise herhangi bir fide ölümü gözlenmemiştir. AMp-2 ile inokule edilen bitkilerde Tr28 *Trichoderma* izolatı uygulaması K(+)'de gerek fide yaş ağırlığı gerekse kök gelişimi açısından diğer uygulamalara göre olumlu katkıları olmuştur. Tr28 %154.5 (4.81 g) ve Tr138B %49.7 (2.83 g) oranlarında kök ağırlığında kontrole göre (1.89 g) en fazla artış sağlayan izolatlar olmuştur. Karşılaştırma ilacı olarak kullanılan 12.5 g/l Fludioxonil + 5 g/l Metalaxyl (C) (C+Mp15) 1.87 g ile kontrolden daha az kök oluşumu meydana gelirken, *T. asprellum* ırk ICC012+*T. gamsii* ırk ICC080 (R+Mp15) uygulamasında %15.8 olarak kök ağırlığında artış meydana gelmiştir (Çizelge 2). Kök ve kök boğazı çürüklüğü etmenleri ile mücadelede kök biyomasının artırılması bitki dayanıklılığında önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca fide yaş ağırlığı dikkate alındığında 14.56 g ile Tr28 izolatı

Çizelge 2. *Trichoderma* uygulamalarının *in-vivo* koşullarda *M. phaseolina*'ya etkisi

Karakter	Skala değeri**	Tohum çimlenme oranı (%)	Yeşil aksam yaş ağırlık (g)*	Kök ağırlık (g)*	Bitki yaş ağırlık (g)**	Bitki kuru ağırlık (g)**
Tr28+Mp15	0 b	58	9.75	4.81	14.56 a	2.00 a
R+Mp15	0 b	56	8.46	2.19	10.65 ab	1.21 b
K (-)	0 b	64	8.60	2.05	10.65 ab	1.04 b
Tr138B+Mp15	0 b	58	7.57	2.83	10.40 ab	1.46 ab
K (+)	0.6 a	56	7.63	1.89	9.52 b	1.02 b
C+Mp15	0 b	72	6.99	1.87	8.86 b	0.95 b
Tr55+Mp15	0 b	68	6.51	2.17	8.68 b	1.00 b
Tr49+Mp15	0 b	70	6.09	1.95	8.04 b	1.15 b
Tr48+Mp15	0 b	62	6.30	1.36	7.66 b	1.19 b
Tr124+Mp15	0 b	68	5.83	1.18	7.01 b	0.79 b
F değeri	6.0 (p<0.05)	–	–	–	2.36 (p<0.05)	2.74 (p<0.05)

* Değerler 5 tekrerrör ortalamasıdır.

** Aynı sütunda Duncan testine göre aynı harfle ifade edilen değerler arasında istatistiki açıdan fark yoktur.

K(+) (9.52 g) göre %52.94, ağırlık artışı sağlamıştır. Yaş ağırlığa paralel olarak fidelerin kuru ağırlığında da Tr28 izolatu (2 g) diğer *Trichoderma* uygulamaları arasında yüksek olarak saptanmıştır. Ancak diğer uygulamalarda beklenen olumlu etki görülmemiştir (Çizelge 2). Bu da *M. phaseolina*'nın mücadelesinin ne kadar güç olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Konu ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde *Trichoderma* türleri ile kavunda *M. phaseolina*'ya karşı yürütülen çalışma sayısının az olduğu görülmektedir. Sera koşullarında kavunda *T. harzianum*'un etkisinin değerlendirildiği çalışmada %37–%37.5 oranında hastalığın gelişimini engellediği belirlenmiştir (Elad ve ark., 1986). Yapılan bir diğer çalışmada ise Etebarian (2006) sakı koşullarında *M. phaseolina*'ya olan etkisi değerlendirildiğinde canlı kalan bitki oranları; *T. virens* %64.25, *T. harzianum* %75.25, *T. harzianum* %47.55 ve ticari preparat olan Trichodermin B'nin %96.70 olduğu belirtilmiştir.

Gava ve Menezes (2012) tarafından San Francisco bölgesinde kavunda toprak kaynaklı patojenlerin kontrolüne yönelik dört farklı *Trichoderma* izolatlarının arazi koşullarında hastalığın görülme oranı *T. koningii* LCB49 ve *T. polysporum* LCB50 uygulamalarında en az olarak (sırasıyla %28.6 ve %24.7) belirlenmiştir. *T. viride* ve *T. harzianum* izolatlarının *in-vivo* koşullarda kavunda *M. phaseolina* (Mp1 ve Mp2)'nin neden olduğu kök kuru ağırlığında meydana gelen kaybı *T. viride* %35.41–48.18 oranında, *T. harzianum* %37.23–50.68 oranında azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca yine aynı çalışmada sürgün kuru ağırlığında meydana gelen kaybı *T. viride* %29.09–30.56 oranında, *T. harzianum* %27.80–29.52 oranında azalttığı bildirilmiştir (Boughalleb-M'Hamdi ve ark., 2018).

Bitkisel üretimde tohum veya bitkiye yapılan uygulamaların biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılığın oluşturulması önemli yer tutmaktadır (Harman ve ark., 2004; Mastouri ark., 2010). Konya ili Çumra ilçesinde Edalı çeşidi kavun yetiştirilen alanda toprak kaynaklı patojenlerin (*Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, *Macrophomina phaseolina*) mücadelesine yönelik yürütülen kemigasyon yönteminin değerlendirildiği çalışmada dikimle ve dikimden 15 gün sonra Fludioxonil + Metalaxyl-M uygulamasının etkili uygulama olduğu belirtilmiştir (Özbahçe ve ark., 2014). Ancak bizim çalışmamızda *in-vivo*'da elde edilen veriler hastalığın mücadelesinde 12.5 g/l Fludioxonil + 5 g/l Metalaxyl (Cebir) uygulamasının *Trichoderma* uygulamalarına nazaran etkisi daha düşük olmuştur.

Sonuç olarak bu çalışmada Tr28 izolatu, kavunda önemli kayıplara neden olan *Macrophomina phaseolina*'nın kontrolünde ve bitki gelişiminde olumlu etkileri saptanmıştır. Ayrıca bitki gelişimine olumlu katkısı ile verim artışının meydana gelmesi, mücadelesi güç ve pahalı olan toprak kaynaklı hastalıkların kontrolünde başarı şansımızı arttırılabileceği görülmektedir. *Trichoderma* izolatları, bitki patojenlerini doğrudan

etkileyebilir, aynı zamanda konukçu bitkisinin fitohormonal değişikliklere de neden olarak bitki büyümesine ve stres koşullarında da bir iyileşmeye yol açtığı bilinmektedir. Çok sayıda *Trichoderma* izolatları ile benzer çalışmalar yapılarak izolatların gerek tek başına gerekse kombinasyon şeklinde etkinliği değerlendirilmelidir. Çalışmamızda ön plana çıkan Tr28 izolatının kavunda kömür çürüklüğü hastalığının kontrolüne yönelik arazi çalışmalarına ve farklı kültür bitkilerinde toprak kaynaklı patojenlere karşı yürütülecek biyolojik mücadele çalışmalarına yer verilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK-BİDEB 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2019/2 projesi ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından desteklenmiştir. Çalışmanın yürütülmesi için destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Aviles, M., Castillo, S., Borrero, C., Castillo, M.L., Zea-Bonilla, T. and Perez-Jimenez, R.M. 2009. Response of Strawberry Cultivars: 'Camarosa', 'Candonga', and 'Ventana' to Inoculation with Isolates of *Macrophomina phaseolina*. Acta Horticulturae, 842: 291–294.
- Blancard, D., Lecoq, H. and Pitrat, M. 1994. A Colour Atlas of Cucurbit Diseases: observation, identification and control. Manson Publishing Ltd.
- Boughalleb-M'Hamdi, N., Salem, I. B. and M'Hamdi, M. 2018. Evaluation of the Efficiency of *Trichoderma*, *Penicillium*, and *Aspergillus* species as Biological Control Agents Against Four Soil-borne Fungi of Melon and Watermelon. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28(1): p. 25.
- Cohen, R., Tyutyunik, J., Fallik, E., Oka, Y., Tadmor, Y. and Edelstein, M. 2016. Phytopathological Evaluation of Exotic Watermelon Germplasm as a Basis for Rootstock Breeding. Scientia Horticulturae, 165: 203–210.
- Dantas, A.M.M., Ambrósio, M.M.Q., Nascimento, S.R.C., Senhor, R.F., César, M.A. and Lima, J.S.S. 2013. Incorporation of Plant Materials in the Control of Root Pathogens in Muskmelon. Revista Agro@ambiente Online, 7(3): 338–344.
- De Sousa Linhares, C.M., Ambrósio, M.M.Q., Castro, G., Torres, S.B., Esteras, C., de Sousa Nunes, G.H. and Pico, B. 2020. Effect of Temperature on Disease Severity of Charcoal Rot of Melons Caused by *Macrophomina phaseolina*: Implications for selection of resistance sources. European Journal of Plant Pathology, 158(2): 431–441.
- Elad, Y. 2000. Biological Control of Foliar Pathogens by Means of *Trichoderma harzianum* and Potential Modes of Action. Crop Prot. 19: 709–714.
- Elad, Y., Zvieli, Y. and Chet, I. 1986. Biological Control of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid by *Trichoderma harzianum*. Crop protection, 5(4): 288–292.

- Erincik, Ö., Özdemir, Z. and Döken, M.T. 2017. Urla Yarımadasında Çeşme Kavununda Kurumalara Neden Olan Fungal Patojenlerin Yaygınlıkları ve Bulunma Oranları. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(2): 57-61.
- Erzurum, K. 2000. Kavunda *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goidanich'nin Patojenisitesi Üzerinde Araştırmalar. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(2): 45-47.
- Etabarian, H.R. 2006. Evaluation of *Trichoderma* Isolates for Biological Control of Charcoal Stem Rot in Melon Caused by *Macrophomina phaseolina*. J. Agric. Sci. Technol. 8: 243-250.
- FAO, 2020. Melon Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (Web page: <http://www.fao.org>), (Erişim tarihi: Ocak 2021).
- Fernando, D., Milagrosa, S., Francisco, C. and Francisco, M. 2018. Biostimulant Activity of *Trichoderma satumisporum* in Melon (*Cucumis melo*). Hortscience, 53(6): 810-815.
- Gava, C.A.T. and Menezes, M.E.L. 2012. Efficiency of *Trichoderma* spp. Isolates on the Control of Soil-borne Pathogens Yellow Melon in Field Conditions. Rev. Ciênc. Agronômica, 43: 633-640.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I. And Lorito, M., 2004. *Trichoderma* Species Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts. Nat. Rev. Microbiol. 2: 34-56.
- Jain, A., Singh, A., Singh, S. and Singh, H.B. 2013. Microbial Consortium-induced Changes in Oxidative Stress Markers in Pea Plants Challenged with *Sclerotinia sclerotiorum*. Journal of Plant Growth Regulation, 32(2): 388-398.
- Karaca, İ. 1974. Sistematik Bitki Hastalıkları (Fungal Hastalıklar). Cilt IV, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir, 272 s.
- Keswani, C., Mishra, S. and Sarma, B.K. 2014. Unraveling the Efficient Application of Secondary Metabolites of Various *Trichoderma*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 98: 533-544.
- Korkom, Y. and Yıldız, A. 2020. Çilek Üretim Alanlarından İzole Edilen *Trichoderma* İzolatlarının Çilekte (cv. Rubygem) *Macrophomina phaseolina*'ya Karşı Etkinliğinin Değerlendirilmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(1): 21-28.
- Kushwaha, C., Rani, N. and Bhagat, A.P. 2017. Nature, Dissemination and Epidemiological Consequences in Charcoal Rot Pathogen *Macrophomina phaseolina*. The Phytopathogen: Evol. Adaptation, Eds: Ghatak, A., and Ansar, M. Apple Academic Press, USA, 13: 978-1.
- Manici, L.M., Caputo, F. and Cerato, C. 1995. Temperature Responses of Isolates of *Macrophomina phaseolina* from Different Climatic Regions of Sunflower Production in Italy. Plant Disease, 79: 934-938.
- Martínez-Medina, A., Alguacil, M.D.M., Pascual, J.A. and Van Wees, S.C. 2014. Phytohormone Profiles Induced by *Trichoderma* Isolates Correspond with Their Biocontrol and Plant Growth-Promoting Activity on Melon Plants. Journal of chemical ecology, 40(7): 804-815.
- Martínez-Medina, A., Roldán, A., Albacete, A. and Pascual, J.A. 2011. The Interaction with Arbuscular Mycorrhizal Fungi or *Trichoderma harzianum* Alters the Shoot Hormonal Profile in Melon Plants. Phytochemistry, 72(2-3): 223-229.
- Mastouri, F., Björkman, T. and Harman, G.E. 2010. Seed Treatment with *Trichoderma harzianum* Alleviates Biotic, Abiotic, and Physiological Stresses in Germinating Seeds and Seedlings. Phytopathology, 100(11): 1213-1221.
- Nascimento, P.G., Ambrósio, M.M., Freitas, F.C., Cruz, B.L., Dantas, A.M., Júnior, R.S. and da Silva, W.L. 2018. Incidence of Root Rot of Muskmelon in Different Soil Management Practices. European Journal of Plant Pathology, 152(2): 433-446.
- Özbaşçe, A., Tarı, A.F., Yücel, S. and Okur, O. 2014. Kavunda Solgunluk ve Kök Çürüklüğü ile Mücadelede Kemigasyon. Bahçe, 43(1-2): 29-39.
- Özbay, N., Ergun, M. and Demirkıran, A.R. 2018. Ticari Mikrobiyal Gübre Sim Derma®(*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) Uygulamasının Ispanakta Çimlenme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5(4): 482-491.
- Shores, M., Yedidia, I. and Chet, I., 2005. Involvement of Jasmonic acid/Ethylene Signaling Pathway in the Systemic Resistance Induced in Cucumber by *Trichoderma asperellum* T203. Biological Control, 95: 76-84.
- Singh, A., Shukla, N., Kabadwal, B.C., Tewari, A.K. and Kumar, J. 2018. Review on Plant-*Trichoderma*-Pathogen Interaction. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(2): 2382-2397.
- Sivritepe, H.Ö., Şentürk, B. and Teoman, S. 2015. Biber Tohumlarında Yapılan Organik Priming ve Kurutma Uygulamaları Fide Kalitesi ve Performansını İyileştirmektedir. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 29(2): 83- 94.
- Su, G., Suh, S.O., Schneider, R.W. and Russin, J.S. 2001. Host Specialization in the Charcoal Rot Fungus, *Macrophomina phaseolina*. Phytopathology, 91: 120-126.
- Tezcan, H. and Yıldız, M. 1993. Investigations on the Collapse of Melon Plants Caused by Soilborne Fungi in Turkey. Proceedings of the 6th International Congress of Plant Pathology, 28 July - 6 August 1993, Montreal, p. 143.
- Tüzel, Y. and Gül, A. 2008. Seracılıkta Yeni Gelişmeler. Ege Tarımsal Araş. Ens. Yayın, 133: 145-160.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Barbetti, M.J., Li, H., Woo, S.L. and Lorito, M. 2008. A Novel Role for *Trichoderma* Secondary Metabolites in the Interactions with Plants. Physiol. Mol. Plant Pathol. 72: 80-86.
- Yıldız, M., Yıldız, F., Kinay, P. and Şenyuz, G. 1994. The Role of *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid in the Diseases of Vine Decline of Melon in Aegean Region of Turkey. In 9th Congress of The Mediterranean Phytopathological Union, September 18-24, 1994, Kuşadası-Aydın, Turkey, 171-173.