

Araştırma Makalesi

Ticari Mikrobiyal Gübre Sim Derma® (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) Uygulamasının Ispanakta Çimlenme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi

Nusret ÖZBAY^{1*}, Muharrem ERGUN¹, Ali Rıza DEMİRKIRAN²

¹Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 12000, Bingöl, TÜRKİYE

²Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü 12000, Bingöl, TÜRKİYE

*Sorumlu yazar: oznusret@yahoo.com

Geliş Tarihi: 31.05.2018

Düzeltilme Geliş Tarihi: 27.09.2018

Kabul Tarihi: 29.09.2018

Özet

Bu çalışma, *Trichoderma harzianum* suşusu içeren bir ticari mikrobiyal gübre olan Sim Derma®'nın farklı dozlarının (0, 5, 10, 15 ve 20 g.L⁻¹) topraksız ortamda yetiştirilen ıspanak (*Spinacia oleracea* L.)'ta çimlenme, gelişim ve verim üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Birinci aşamada, mikrobiyal gübre uygulanan ıspanak tohumları 20 °C'de çimlenme ve çıkış testlerine tabi tutulmuştur. Araştırmanın ikinci aşamasında, mikrobiyal gübrenin ıspanakta gelişim ve verim üzerine etkisini ortaya koymak amacıyla hasat aşamasına gelmiş bitkilerde yaprak boyu, yaprak eni, yaprak sayısı, yaprak alanı, bitki boyu, göreceli yaprak klorofil içeriği (SPAD), suda çözünen kuru madde miktarı, gövde yaş ve kuru ağırlıkları, kök yaş ve kuru ağırlıkları ve verim değerleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, mikrobiyal gübre uygulamalarının ıspanakta topraksız koşullarda bitki gelişimi ve verimini olumlu olarak etkilediği ortaya koymuştur. Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular *T. harzianum* uygulamalarının (10, 15 ve 20 g.L⁻¹) kontrole göre ıspanakta çimlenme ve çıkış oranı, bitki boyu, yaprak alanı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı, klorofil içeriği (10 g.L⁻¹ hariç) ve verimi arttırdığını göstermiştir. Genel olarak 15 g.L⁻¹ dozunun öne çıktığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ispanak, *Trichoderma harzianum*, mikrobiyal gübre, bitki gelişimi, verim.

Effect of a Commercial Microbial Fertilizer Sim Derma® (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) on Germination, Growth and Yield of Spinach

Abstract

This study was carried out to investigate effects of a commercial microbial fertilizer Sim Derma® containing *Trichoderma harzianum* (0, 5, 10, 15, and 20 g.L⁻¹) on germination, growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.) grown in soilless mixture. In the first stage of the research, spinach seeds applied with microbial fertilizer were subjected to germination and emergence tests at 20 °C. In the second stage of the research (at harvest), leaf length, leaf width, number of leaves, leaf area, plant height, leaf relative chlorophyll content (SPAD), water soluble solids content, leaf fresh and dry weights, root fresh and dry weights, and yield values were determined to reveal the effects microbial fertilizer on the growth and yield of spinach. Overall results showed that microbial fertilizer positively affected plant growth and yield of spinach grown in soilless mixture. The results of the current study showed that *T. harzianum* applications (10, 15 ve 20 g.L⁻¹) increased germination and emergence percentages, plant height, leaf area, root length, root fresh weight, root dry weight, stem fresh weight, stem dry weight, chlorophyll content (except for 10 g.L⁻¹), and yield of spinach in respect to the control. In general, 15 g.L⁻¹ dose was prominent.

Key words: Spinach, *Trichoderma harzianum*, microbial fertilizer, plant growth, yield.

Giriş

Sınırlı miktardaki verimli tarım arazileri; kentleşme, sanayii ve turizm gibi tarım dışı kullanılması nedeniyle giderek azalmaktadır. Diğer taraftan, tarım arazileri artan nüfusa bağlı olarak da azalmaktadır. Dünya nüfusunun sürekli artması, insanların tarım ürünlerine talebini de aynı oranda arttırmakta ancak mevcut tarım alanlarının genişletilmesi imkânlarının sınırlı olması kaynak talebinin karşılanmasını güçleştirmektedir. Artan talebin karşılanması için üreticiler birim alandan alınan verimin artırılmasına yönelik birtakım uygulamalar yapmaktadırlar (Midmore, 1993). Birim alandan daha fazla ürün almak için 20. yüzyılın başından itibaren yoğun olarak kimyasal gübre, bitki büyüme düzenleyicileri ve tarım ilaçları kullanılmaktadır (Aksoy, 1999). Konvansiyonel tarımda gübreleme yapılırken çoğu zaman bitkilerden alınacak maksimum verim amaçlanmakta ancak bu gübrelerin çevreye vereceği zarar göz ardı edilmektedir. Halbuki aşırı miktarlarda kullanılan bu sentetik gübreler her ne kadar bitkilerde kalite ve verimi artırsa da toprak yapısında bozulmalara, toprakta bulunan mikroorganizmaların faaliyetlerinin azalmasına ve daha önemlisi de mevcut biyolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Chen ve ark., 2001; Vessey, 2003; Sönmez ve ark., 2008). Hatalı gübre uygulamaları sonucu bozulan doğal dengenin yeniden tesis edilebilmesi için, insan ve çevre dostu üretim sistemlerini içeren uygulamaların tarımsal üretimde kullanılmasına ihtiyaç vardır (Zengin, 2007). Çevre dostu üretim tekniklerinde gübreleme programlarında kullanılan alternatiflerden birisi de mikrobiyal gübrelemedir. Mikrobiyal gübreler bitkiler için gerekli olan bitki besin maddelerinin sağlanmasında ve biyolojik yolla yararışlı hale gelmesinde rol oynayan canlı mikroorganizmaların ticari formülasyonları olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2004). Mikrobiyal gübreler zirai alanda birçok amaçla kullanılmaktadır. Bu çevre dostu gübreler bazı toprak kaynaklı hastalıkların kontrol edilmesi, hastalık ve zararlılara dayanıklılığın artırılması, bitkilerde bitki gelişimi ve veriminin artırılması, bitkilerin besin elementi alımının artırılması, organik artıkların ayrıştırılması, toprak yapısı ve verimliliğinin iyileştirilmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Ozbay ve Newman, 2004; Brewer ve Larkin, 2005). Bir mantar türü olan *Trichoderma spp.* mikrobiyal gübre ve biyokontrol ajanı olarak en yaygın kullanılan ve üzerinde çalışılan mikroorganizmalar arasında yer almaktadır (Özkale, 2017). Birçok araştırmacı *Trichoderma* türlerinin bitki büyümesini teşvik ettiğini (Chang ve ark., 1986; Baker, 1989; Kleifeld ve Chet, 1992; Björkman ve ark., 1998; Lo ve Lin, 2002; Harman ve ark., 2004; Ozbay ve Newman, 2004), besin

maddesi alımını arttırdığını (Altomare ve ark., 1999; Monte, 2001; Li ve ark., 2015), biyotik ve abiyotik streslere karşı bitki savunmasını arttırdığını (Yedidia ve ark., 1999; Howell, 2003), bitki hastalıklarını kontrol ettiğini (Tran, 1998; Elad ve Kapat, 1999; Ozbay ve ark., 2004; Montealegre ve ark., 2005; Sundaramoorthy ve Balabaskar, 2013) rapor etmişlerdir. *Trichoderma harzianum* mikrobiyal gübre olarak birçok bitkide denenmesine rağmen ispanakta çimlenme, gelişim ve verim üzerine etkileri konusunda yeteri kadar çalışma yapılmamıştır. Ispanakta *Trichoderma* ile yürütülen önceki çalışmalar daha çok bazı hastalıkların biyolojik mücadelesi üzerine yoğunlaşmıştır. Bu araştırma, ticari mikrobiyal gübre Sim Derma®'nın farklı dozlarının (0, 5, 10, 15 ve 20 g.L⁻¹) topraksız ortamda yetiştirilen ispanak (*Spinacia oleracea* L.)'ta çimlenme, gelişim ve verim üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu araştırma, Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait laboratuvar ve ısıtmasız plastik seralarda yürütülmüştür. Araştırmada bitkisel materyal olarak ispanak (*Spinacia oleracea* L. cv. Parys F₁, Anadolu Tohumculuk) tohumları kullanılmıştır. Mikrobiyal gübre olarak ise doğal bir *Trichoderma harzianum* suşusu içeren Sim Derma® (Simbiyotek Biyolojik Ürünler Sanayi ve Tic. A.Ş.) kullanılmıştır. Sim Derma® 10⁶ cfu/g *Trichoderma harzianum* KUEN 1585 içermektedir.

Yöntem

Tohum çimlendirme testi

Çimlenme testi tesadüf parselleri deneme desenine göre, 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 50 tohum olacak şekilde 7 cm çapındaki petri kaplarında gerçekleştirilmiştir. *T. harzianum* (0, 5, 10, 15, 20 g.kg⁻¹ dozlarında) uygulanan ispanak tohumları çift kat filtre kâğıdı içeren petri kaplarına yerleştirilmiştir. Her bir petri kutusuna 3 ml saf su ilave edilmiş olup, tohumlar 20°C'de çimlendirme testine tabi tutulmuşlardır. Tohumlarda 1-2 mm uzunluğunda kökçüğün görülmesi çimlenme için yeterli olarak kabul edilmiş; her gün çimlenen tohumlar sayılmış ve bu işlem çimlenen tohum sayısı sabit hale gelene kadar devam etmiştir. Sayımlara 21 gün süreyle devam edilmiştir. Çimlendirme testi sonunda toplam çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (G₅₀) ve çimlenme üniformitesi (G₁₀₋₉₀) belirlenmiştir. Çimlenme oranı (ÇO)'nın hesaplanmasında, ÇO = [Çimlenen tohum sayısı/Toplam tohum sayısı] x 100 formülü kullanılmıştır. Çimlenme hızı (G₅₀), çimlenen

tohumların %50'sinin çimlenmesi için geçen süre olarak hesaplanmıştır. Çimlenme üniformitesi (G_{10-90}), tohumların % 10 ile % 90'unun çimlenmesi için geçen süreler arasındaki zaman (gün) olarak tespit edilmiştir.

Fide çıkış testi

Fide çıkış testi için yukarıda belirtilen şekilde mikrobiyal gübre ile muamele edilen ıspanak tohumları, tesadüf parselleri deneme desenine göre, 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 25 tohum olacak şekilde içerisinde 4:1 oranında torf-perlit bulunan 60x83x30 mm ebatlarındaki plastik kaplara ekilmiştir. Plastik kaplar sıcaklığı 20 °C ve nem oranı % 65 olan iklim dolabına yerleştirilmişlerdir. Kaplarda fide çıkışları günlük sayılmış ve her gün toprak yüzeyine çıkan ıspanak fideleri kaydedilmiştir. Çıkış sabitleninceye kadar sayım işlemine devam edilmiştir. Fide çıkış testi sonunda toplam çıkış oranı (%), çıkış hızı (E_{50}) ve çimlenme üniformitesi (E_{10-90}) belirlenmiştir. Çimlenme için yukarıda verilen metot modifiye edilerek çıkış oranı, çıkış hızı (E_{50}) ve çimlenme üniformitesi (E_{10-90})'nin hesaplanmasında da kullanılmıştır.

Bitki gelişimi ve verim

Araştırmanın bu aşaması ısıtmasız bir yüksek plastik tünelde tesadüf parselleri deneme desenine göre, 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. ıspanak tohumları içerisinde 4:1 oranında torf ve perlit karışımı bulunan 80 x 19 x 16 cm (en, boy, yükseklik) ebatlarındaki plastik saksılara ekilmiştir. İki hafta sonra her saksıda 8 adet bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Daha sonra bitki başına 20 ml mikrobiyal gübre (0, 5, 10, 15 ve 20 g.L⁻¹ dozlarında) içeren solüsyon sulama şeklinde topraktan uygulanmıştır. Deneme süresince, bitkilerin suya ihtiyaç duydukları zamanlarda sulama yapılmıştır. Bitkiler hasat dönemine kadar haftada bir kez 200 mg.L⁻¹ N dozunda, 18-18-18 TE gübresi (SOIL MASTER 18-18-18 TE, Toros Tarım) ile gübrelenmiştir. ıspanak bitkileri gerekli kültürel işlemler yapılarak yetiştirilmiş ve tohum ekiminden yaklaşık 60 gün sonra toprak üzerinden kesilerek bir defada hasat edilmiştir. Mikrobiyal gübrenin ıspanak bitkilerinin gelişimi ve verimi üzerine etkisini ortaya koymak için her saksıdan hasat uygunluğuna gelmiş 5 bitki üzerinde yaprak boyu, yaprak eni, yaprak sayısı, yaprak alanı, bitki boyu, göreceli yaprak klorofil içeriği (SPAD), suda çözünen kuru madde miktarı, gövde yaş ve kuru ağırlıkları, kök yaş ve kuru ağırlıkları ve verim değerleri belirlenmiştir. ıspanak bitkilerinde toprak yüzeyinden en yüksek yaprak ucuna kadar olan uzunluk ± 0.1 cm sapmalı bir cetvel yardımı ile ölçülüp ortalama bitki boyu (cm) hesaplanmıştır

(Chitwood ve ark., 2016). Bitkilerde kök boğazının hemen üzerinden gövde çapları bir dijital kumpas yardımı ile ölçülerek ortalaması alınmış ve mm olarak ifade edilmiştir. Yaprak boyu ve yaprak eni yine aynı şekilde ± 0.1 cm sapmalı bir cetvel yardımı ile ölçülmüştür. Toprak seviyesinden bitki büyüme ucuna kadar olan kısımda bulunan ve gelişimini tamamlamış tüm gerçek yapraklar sayılarak bitki başına düşen yaprak sayısı belirlenmiştir. ıspanak bitkileri arasından tesadüfen seçilen 5 bitkide en son tam olarak gelişmiş yapraklarda portatif klorofilmetre (Minolta SPAD-502) kullanılarak göreceli klorofil içeriği ölçülmüş ve değerler SPAD değerleri olarak ifade edilmiştir. Hasat edilen ıspanak bitkilerinde yaprak sayısı adet/bitki olarak, yaprak alanı ise LI-3100C portatif alan ölçer (LI-COR Inc., USA) ile cm²/bitki olarak belirlenmiştir. Suda çözünür kuru madde tayini el refraktometresi ile yapılmıştır. ıspanak örneklerinden alınan berrak süzütüden prizmaya damlatılıp, 20 °C'de okuma yapılmıştır (Cemeroğlu, 1992). ıspanak bitkileri kök boğazından kesilerek toprak üstü kısmı ile toprak altı kısmı birbirinden ayrılmış ve daha sonra kökler temizlenip yıkadıktan sonra toprak hizasından başlayıp kökün en uç kısmına kadar olan uzunluk bir cetvel ile ölçülerek kök uzunluğu (cm) belirlenmiştir. Bitkilerin toprak üstü aksamı ve kökler hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra aynı örnekler 70 °C etüvde 72 saat süreyle kurutulduktan sonra yine hassas terazide tartılarak kuru ağırlıkları alınmıştır.

Araştırmada elde edilen bulgulara varyans analizi uygulanmış, konular arası farklılıklar Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır. İstatistikî analizler SAS V9.1.3 bilgisayar paket programı (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çimlenme oranı, çimlenme hızı (G_{50}) ve çimlenme üniformitesi (G_{10-90})

Farklı dozlarda uygulanan mikrobiyal gübrenin ıspanak tohumlarında çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (G_{50}) ve çimlenme üniformitesi (G_{10-90}) üzerine etkisi ile ilgili bulgular Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde mikrobiyal gübre uygulamalarının ıspanak tohumlarında çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (G_{50}) üzerine etkisi istatistikî açıdan önemli ($P < 0.01$ ve $P < 0.05$) bulunmuştur. Çimlenme oranı bakımından en yüksek değer (%91) 20 g.L⁻¹ uygulamasından elde edilmiş olup, bunu % 90 çimlenme oranı ile aynı istatistiksel grupta yer alan 15 g.L⁻¹ uygulaması takip etmiştir. Aynı durum çimlenme hızı parametresinde de görülmektedir. Mikrobiyal gübrelemenin çimlenme üniformitesi (G_{10-90})

üzerindeki etkisi ise istatistikî olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 1. Farklı dozlarda uygulanan *T. harzianum*'un ıspanak tohumlarında çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (G_{50}) ve çimlenme üniformitesi (G_{10-90}) üzerine etkisi

Uygulamalar (g.L ⁻¹)	Çimlenme Oranı (%)	Çimlenme Hızı (gün) (G_{50})	Çimlenme Üniformitesi (gün) (G_{10-90})
<i>T. harzianum</i>	0	79 [62.75] c ^Y	10.50 a
	5	82 [64.94] bc	9.50 ab
	10	85 [67.22] b	10.00 a
	15	90 [71.65] a	8.25 c
	20	91 [72.57] a	8.75 bc
Önemlilik	**	*	ö.d.

^Y Köşeli parantez içindeki değerler arcsin transformasyonu değerleri olup, istatistiksel analizler bu verilere göre yapılmıştır. Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

* p<0.05 seviyesinde önemli, ** p<0.01 seviyesinde önemli, ö.d. önemli değil.

Çıkış oranı, çıkış hızı (G_{50}) ve çıkış üniformitesi (G_{10-90})

Mikrobiyal gübre uygulamalarının ıspanak fidelerinde çıkış oranı (%), çıkış hızı (E_{50}) ve çıkış üniformitesi (E_{10-90}) üzerine etkisi ile ilgili bulgular Çizelge 2'de verilmiştir. Mikrobiyal gübre uygulamalarının ıspanak fidelerinde çıkış oranı (%), çıkış hızı (E_{50}) üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli ($P<0.01$ ve $P<0.001$, sırasıyla) bulunmuştur. En yüksek çıkış oranı 20 g.L⁻¹ uygulamasından elde edilirken; bunu aynı istatistiksel grupta yer alan 10

ve 15 g.L⁻¹ uygulamaları takip etmiştir. En düşük çıkış oranı (%76) ise kontrol (0 g.L⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. Mikrobiyal gübre uygulamaları (15 ve 20 g.L⁻¹) kontrol (0), 5 ve 10 g.L⁻¹ uygulamalarına göre ıspanak tohumlarında daha erken çıkışa neden olmuştur (Çizelge 2).

Diğer taraftan mikrobiyal gübrelemenin çimlenme üniformitesi (G_{10-90}) üzerindeki etkisi ise istatistikî olarak önemsiz olarak bulunmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı dozlarda uygulanan *T. harzianum*'un ıspanak fidelerinde çıkış oranı (%), çıkış hızı (E_{50}) ve çıkış üniformitesi (E_{10-90}) üzerine etkisi.

Uygulamalar (g.L ⁻¹)	Çıkış Oranı (%)	Çıkış Hızı (E_{50}) (gün)	Çıkış Üniformitesi (E_{10-90}) (gün)
<i>T. harzianum</i>	0	76 [60.75] c ^Y	7.75
	5	80 [63.25] bc	8.50
	10	83 [65.50] ab	11.00 a
	15	87 [69.00] a	8.75 b
	20	88 [70.00] a	9.25 b
Önemlilik	**	***	ö.d.

^Y Köşeli parantez içindeki değerler arcsin transformasyonu değerleri olup, istatistikî analizler bu verilere göre yapılmıştır. Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

** p<0.01 seviyesinde önemli, *** p<0.001 seviyesinde önemli ö.d. önemli değil.

Yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak eni ve yaprak alanı

Farklı dozlarda uygulanan mikrobiyal gübrelemenin ıspanakta yaprak sayısı üzerine etkisi ile ilgili bulgular Çizelge 3'te verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda mikrobiyal gübrenin yaprak sayısı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak ($P>0.05$) önemli bulunmazken; yaprak boyu, yaprak eni ve yaprak alanı üzerine etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 3).

20 g.L⁻¹ mikrobiyal gübreleme uygulaması en uzun (12.28 cm) yaprak boyuna neden olurken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 15 g.L⁻¹ uygulaması (12.18 cm) takip etmiştir. Diğer

yandan en kısa yaprak uzunluğu (9.92 cm), kontrol (0 g.L⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. Aynı şekilde 20 g.L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulaması en yüksek (8.76 cm) yaprak enine sahip olurken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 15 g.L⁻¹ uygulaması (8.55 cm) takip etmiştir. Diğer yandan en küçük yaprak enine (6.04 cm) sahip ıspanak bitkileri kontrol (0 g.L⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. Araştırmaya konu olan mikrobiyal gübre uygulamalarının ıspanak bitkilerinde, yaprak alanı üzerine etkisi ile ilgili bulgular Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde, bitki başına düşen yaprak alanı değerleri 379.24 – 435.81 cm²/bitki arasında değişirken, mikrobiyal gübre

uygulamalarının kontrol uygulamasına oranla, ispanakta yaprak alanını artırdığı görülmektedir.

Çizelge 3. Farklı dozlarda uygulanan *T. harzianum*'un ispanakta yaprak sayısı, yaprak boyu, yaprak eni ve yaprak alanı üzerine etkisi.

Uygulamalar (g.L ⁻¹)	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	Yaprak Boyu (cm)	Yaprak Eni (cm)	Yaprak Alanı (cm ² /bitki)	
<i>T. harzianum</i>	0	10.25	9.92 b ^Y	6.04 c	379.24 b
	5	10.62	10.37 b	6.74 bc	402.23 ab
	10	10.73	11.10 ab	7.76 ab	427.65 ab
	15	11.31	12.18 a	8.55 a	432.48 a
	20	11.26	12.28 a	8.76 a	435.81 a
Önemlilik	ö.d.	***	***	*	

^Y Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

* p<0.05 seviyesinde önemli, *** p<0.001 seviyesinde önemli, ö.d. önemli değil.

Bitki boyu, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve verim

Mikrobiyal gübre uygulamalarının ispanak bitkilerinde, bitki boyu üzerine etkisi ile ilgili bulgular Çizelge 4'te verilmiştir. Mikrobiyal gübrelemenin bitki boyu üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak ($P<0.01$) önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Çizelge 4'te görüldüğü gibi, mikrobiyal gübrenin bitki boyu üzerine etkisi olumlu bulunmuştur. 15 g.L⁻¹ uygulamasında en yüksek (23.95 cm) bitki boyu belirlenirken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 20 ve 10 g.L⁻¹ uygulamaları takip etmiştir. Diğer yandan en düşük bitki boyu değerleri kontrol (20.72 cm) ve 5 g.L⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir.

Gövde yaş ağırlığı açısından yapılan istatistikî değerlendirmede, mikrobiyal gübrenin gövde yaş ve kuru ağırlığı üzerindeki etkisinin

istatistiksel olarak ($P<0.05$) önemli olduğu tespit edilmiştir. Gövde yaş ağırlıkları 29.30 - 35.04 g arasında değişmiştir (Çizelge 4). 15 g.L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulanmış bitkiler en yüksek gövde yaş ve kuru ağırlığı değerlerine (35.04 ve 2.45 g/bitki, sırasıyla) sahip olmuştur. Bunu aynı istatistikî grupta yer alan 5, 10 ve 20 g.L⁻¹ uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4).

Ispanakta verim değerlerine bakıldığında, tüm mikrobiyal gübre dozlarının kontrole göre verimi artırdığı görülmektedir (Çizelge 4). En yüksek verim değeri (2312 g/m²) 15 g.L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulanmış bitkilerden elde edilirken, bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 20 ve 10 ve 5 g.L⁻¹ uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4). Kontrol uygulaması ise 1934 g/m² ile en düşük verim değerlerine sahip olmuştur.

Çizelge 4. Farklı dozlarda uygulanan *T. harzianum*'un ispanakta bitki boyu, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve verim üzerine etkisi.

Uygulamalar (g.L ⁻¹)	Bitki Boyu (cm)	Gövde Yaş Ağırlığı (g/bitki)	Gövde Kuru Ağırlığı (g/bitki)	Verim (g/m ²)	
<i>T. harzianum</i>	0	20.72 b ^Y	29.30 b	2.04 b	1934 b
	5	21.60 b	30.35 ab	2.12 ab	2003 ab
	10	22.61 ab	33.91 ab	2.36 ab	2238 ab
	15	23.95 a	35.04 a	2.45 a	2312 a
	20	23.70 a	34.26 ab	2.41 a	2261 ab
Önemlilik	**	*	*	*	

^Y Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

** p<0.01 seviyesinde önemli.

Kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kök kuru madde oranı

Mikrobiyal gübre uygulamalarının ispanak bitkilerinde kök uzunluğu üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli ($P<0.01$) olduğu çıkmıştır (Çizelge 5). Kök yaş ve kuru ağırlığı bakımından mikrobiyal gübre uygulamalarının etkisi önemli ($P<0.01$, $P<0.001$, sırasıyla) çıkmıştır. Kök yaş ve

kuru ağırlığı bakımından en yüksek değerler 10, 15 ve 20 g.L⁻¹ uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük kök yaş ve kuru ağırlıkları ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Ispanak bitkilerinde kök kuru madde oranı bakımından uygulamalar arasındaki fark önemli ($P>0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı dozlarda uygulanan *T. harzianum*'un ispanakta kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kök kuru madde oranı üzerine etkisi.

Uygulamalar (g.L ⁻¹)	Kök Uzunluğu (cm)	Kök Yaş Ağırlık (g/bitki)	Kök Kuru Ağırlık (mg/bitki)	Kök Kuru Madde (%)	
<i>T. harzianum</i>	0	12.67 b ^Y	3.49 b	416 b	12
	5	13.02 b	3.67 ab	440 b	12
	10	13.82 ab	4.00 a	520 a	13
	15	13.80 ab	4.08 a	570 a	14
	20	14.26 a	4.04 a	563 a	14
Önemlilik	**	**	***	ö.d.	

^Y Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

p<0.01 seviyesinde önemli, * p<0.001 seviyesinde önemli, ö.d. önemli değil.

Suda çözümlü kuru madde ve göreceli klorofil içeriği (SPAD)

Yapılan varyans analizi sonucunda mikrobiyal gübrenin suda çözümlü kuru madde üzerindeki etkisi istatistikî olarak ($P>0.05$) önemli bulunmamıştır (Çizelge 6). Diğer taraftan, göreceli klorofil içeriği (SPAD) bakımından yapılan istatistikî

değerlendirmede, mikrobiyal gübrenin göreceli klorofil içeriği üzerindeki etkisinin istatistikî olarak önemli ($P<0.01$) olduğu ve 15 g.L⁻¹ mikrobiyal gübre uygulamasının (48.72 SPAD), kontrol uygulamasına (43.89 SPAD) oranla, göreceli klorofil içeriğini artırdığı görülmektedir.

Çizelge 6. Farklı dozlarda uygulanan *T. harzianum*'un ispanakta suda çözümlü kuru madde ve göreceli klorofil içeriği (SPAD) üzerine etkisi.

Uygulamalar (g.L ⁻¹)	Suda Çözümlü Kuru Madde (%)	Göreceli Klorofil İçeriği (SPAD)	
<i>T. harzianum</i>	0	2.77	43.89 b ^Y
	5	2.96	45.59 ab
	10	3.03	44.55 b
	15	3.07	48.72 a
	20	3.13	46.42 ab
Önemlilik	ö.d.	**	

^Y Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir.

** p<0.01 seviyesinde önemli, ö.d. önemli değil.

Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında mikrobiyal gübre uygulamaları, özellikle 15 ve 20 g.L⁻¹ uygulamaları ispanak tohumlarında çimlenme ve çıkış oranlarını önemli ölçüde artırmıştır. Elde edilen bu sonuç, önceki bazı çalışmalarla uyum içerisindedir. Kleifeld ve Chet (1992) *T. harzianum* (T-203) uygulamalarının biber, turp, hıyar, fasulye ve domateste çimlenme ve çıkış oranını artırdığını rapor etmişlerdir. Yedidia ve ark. (2001) topraktan *T. harzianum* uygulamasının hıyar tohumlarında çıkış oranını kontrol uygulamasına göre %30 artırdığını bildirmişlerdir. Sera koşullarında yürütülen bir çalışmada (Ozby ve Newman, 2004), *Trichoderma harzianum* içeren bir ticari formülasyonun (PlantShield™) domateste çıkış oranını %17 oranında artırdığı rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada *T. harzianum* IMI-3924332 uygulanan biber tohumlarında çimlenme oranının kontrol uygulamasına göre arttığı ortaya konmuştur (Asaduzzaman ve ark., 2010). Domates tohumlarında yürütülen bir çalışmada (Mastouri ve

ark., 2010), *T. harzianum* ile muamele edilen tohumlarında çimlenme oranı ve çimlenme hızının arttığı, bu artışın stresli koşullarda daha belirgin olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde Kaveh ve ark. (2011) *T. harzianum* uygulamasının kavunlarda çimlenme ve çıkış oranlarını artırdığını rapor etmişlerdir. Son zamanlarda yürütülen bir çalışmada Kumar (2017), *T. harzianum* uygulamasının domates tohumlarında çimlenme oranını kontrol uygulamasına göre artırdığını göstermiştir. Mikrobiyal gübrenin çimlenme ve çıkış üzerindeki bu olumlu etki *Trichoderma* tarafından üretilen bazı sekonder metabolitlerin düşük konsantrasyonlarda oksin benzeri bileşikler (özellikle indol asetik asit, IAA) gibi davranmasından kaynaklanabilir. Hexon ve ark. (2009) *Trichoderma virens*'in tarafından bazı oksin benzeri bileşikler (indol-3-asetic asit, indol-3-asetaldehit ve indol-3-ethanol) ürettiğini bildirmişlerdir.

Trichoderma uygulamalarının toprak üstü vejetatif büyümenin örneğin gövde boyu ve çapı, yaprak yüzey alanı, klorofil içeriği ve verimi üzerinde olumlu etkisinin olduğu görülmüştür (Özkale, 2017). Bizim sonuçlarımız da bunu doğrular nitelikte olup, *T. harzianum* uygulamaları ispanakta, bitki boyu, yaprak alanı, gövde yaş ve kuru ağırlığını ve verimi artırmıştır. Bu sonuçlar bazı önceki çalışmalarla (Kleifeld ve Chet, 1992; Hanson, 2000; Ousley ve ark., 2004; Özbay ve ark., 2010) uygunluk göstermektedir. McGovern ve ark. (1992) sera koşulları altında *T. harzianum* uygulamasının domates fidesinde bitki boyu, gövde yaş ve kuru ağırlıklarını artırdığını rapor etmiştir. Arazi ve sera koşullarında yürütülen bir başka araştırmada (Datnoff ve Pernezny, 2001), *Trichoderma* spp.'nin domates bitkilerinde, yaprak alanını %7-21, sürgün taze ağırlığı %25-38 oranında artırdığı bildirilmiştir. Altintas ve Bal (2005) tarafından ısıtmasız sera koşullarında yürütülen bir araştırmada, yetiştirme ortamına uygulanan mikrobiyal gübre Trichoflow WP (10^8 cfu/g *T. harzianum*) hıyarda verimi önemli derecede artırmıştır. *T. harzianum*'un marulda verim ve kalite üzerine etkisinin incelendiği bir başka araştırmada Bal ve Altintas, (2008), mikrobiyal gübre uygulanan marul fidelerinde yaş ağırlığını kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Aynı şekilde son yıllarda yürütülen bazı çalışmalarda *T. harzianum* uygulamasının domates fidesinde bitki boyu, gövde yaş ve kuru ağırlıklarını artırdığını bildirilmiştir (Nzanza ve ark., 2011; Kumar, 2017).

Diğer taraftan, bizim sonuçlarımız bazı önceki çalışmaların sonuçları ile uyum içerisinde değildir. Örneğin, sera ve arazi koşullarında yürütülen çalışmalarda, Bell (1996) *T. harzianum* isolatlarının çilek ve hıyar bitkilerinin büyüme gelişmeleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını saptamıştır. Benzer şekilde, fide yetiştirme ortamına uygulanan *T. harzianum*'un domatesin meyve kalitesi ve verimi etkisini incelemek amacıyla Bal ve Altintas (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada erkenci verim, toplam verim, pazarlanabilir verim üzerine *T. harzianum*'un bir etkisinin olmadığını ortaya koymuşlardır. Bu durum domatesten vejetasyon süresinin ispanak gibi sebzelere nazaran daha uzun olmasından kaynaklanmış olabilir. Mikrobiyal gübreleme ile ilgili çalışmalarda farklı sonuçların ortaya çıkması normal karşılanabilir, çünkü mikrobiyal gübre olarak kullanılan mikroorganizmalar yetiştirme ortamı, yetiştirme sezonu, çevre ve bitki gibi birçok faktörlerden etkilenirler (Buyer ve ark., 2002).

T. harzianum'un bitki büyümesindeki olumlu etkisi onun öncelikle rizosferde yaşayabilmesi ve gelişebilmesine bağlıdır. Nitekim, sera koşullarında

dört yıl süreyle hıyar bitkisinde yürütülen bir çalışmada, kontrol ile karşılaştırıldığında *Trichoderma harzianum* uygulamasının ilk üç yılda verim üzerinde etkisi olmadığı, ancak dördüncü yılda verimi önemli derecede artırdığı ortaya çıkmıştır (Pöldma ve ark., 2002).

Mikrobiyal gübre uygulamaları ispanak bitkilerinde yaprak boyu, yaprak eni ve yaprak alanını artırırken; yaprak sayısı üzerinde etkili olmamıştır. Bu sonuçlar önceki bazı çalışmaların bulguları ile uyum içerisindedir. Rabeendran ve ark. (2000) tarafından yürütülen bir çalışmada bazı *Trichoderma* türlerinin lahanada yaprak alanını %58-71 oranında artırdığı ortaya konmuştur. Benzer şekilde Lo ve Lin (2002), *Trichoderma* izolatlarının kudret narında (*Momordica charantia*) yaprak alanını %27-38 oranında artırdığını bildirmiştir. Diğer taraftan, bazı önceki çalışmalarda bizim sonuçlarımızla çelişen sonuçlar da rapor edilmiştir. Örneğin, sera koşullarında yürütülen bir çalışmada (Pöldma ve ark., 2008), *Trichoderma* uygulaması marul fidelerinde yaprak sayısını artırırken, yaprak alanı üzerinde etkili bulunmamıştır.

Mevcut çalışmada *T. harzianum* uygulamaları ispanakta klorofil içeriğini artırmıştır. Benzer şekilde Lo ve Lin (2002), *Trichoderma* uygulamalarının sünger kabağı, hıyar ve kudret narında klorofil içeriğini artırdığını ortaya koymuşlardır. Jamal Uddin ve ark. (2017), *Trichoderma* uygulamasının (100 g.m^{-2}) çilekte klorofil içeriğini artırdığını rapor etmişlerdir. Nieto-Jacobo ve ark. (2017) tarafından *Arabidopsis thaliana* üzerinde yürütülen bir çalışmada, *Trichoderma* ssp. ile muamele edilen bitkilerde klorofil içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir.

Mikrobiyal gübre olarak kullanılan *Trichoderma* spp. bitkilerde kök miktarını artırır. Buna bağlı olarak bitkiler su ve besin almak için daha fazla toprak yüzey alanına sahip olurlar. Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular *T. harzianum* uygulamalarının (15 ve 20 g.L^{-1}) kontrole göre kök uzunluğunu, kök yaş ağırlığını, kök kuru ağırlığını artırdığını göstermiştir. Benzer şekilde, tatlı mısır bitkisi ile yürütülen bir çalışmada (Björkman ve ark., 1998), *T. harzianum* uygulamasının kök gelişimini kontrol uygulamasına oranla %66 oranında artırdığı bildirilmiştir. Yakın zamanlarda yayımlanan bir çalışmada da *T. harzianum* uygulamasının domates fidelerinde kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlıklarını kontrol uygulamasına göre artırdığını rapor edilmiştir (Kumar, 2017; Reddy ve ark., 2017). Kök gelişimindeki bu olumlu etki *Trichoderma*'nın toprakta bulunan besin elementlerini çözünür bir forma dönüştürebilme özelliği ile de açıklanabilir. Böylece bitki kökleri ihtiyaç duyulan besin

maddelerini topraktan kolaylıkla alabilir ve buna bağlı olarak da bitkinin büyüme ve gelişme hızı artar (Altomare ve ark., 1999; Yedidia ve ark., 2001).

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, bu araştırma mikrobiyal gübre uygulamasının uygulama oranlarındaki artışa bağlı olarak ıspanakta tohum çimlenme ve çıkış oranlarının artırılmasında, bitki gelişimi ve verimin iyileştirilmesinde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir. Çalışmada artan oranlardaki *T. harzianum* uygulamalarının etkisi dikkate alındığında, dozun artması ile ıspanak bitkisinde ölçülen çimlenme, bitki büyüme ve verim parametrelerinde pozitif yönde değişimler olduğu ortaya çıkmıştır. Bu etki çoğu zaman *T. harzianum*'un 15 g.L⁻¹ olarak uygulaması ile maksimum düzeye ulaşmıştır. Bununla birlikte ıspanakta görülen bitki gelişimi ve verimindeki artışın arkasındaki mekanizma ya da mekanizmaları daha anlayabilmek için bu konuda detaylı çalışmaya ihtiyaç vardır.

Teşekkür

Bu araştırma, Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 'BÜBAP-2010/11' numaralı proje ile desteklenmiştir. Mali destek için teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aksoy, U. 1999. Ekolojik Tarımdaki Gelişmeler. Ekolojik tarım. Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği, Emre Basımevi, İzmir, 35s.
- Altintas, S., Bal, U. 2005. *Trichoderma harzianum* application increases cucumber (*Cucumis sativus*) yield in unheated greenhouse. Journal of Applied Horticulture, 7(1): 25-28.
- Altomare, C., Norvell, W.A., Björkman, J., Harman, G.E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Applied Environmental Microbiology, 65(7): 2926-2933.
- Anonim. 2004. Tarımda Kullanılan Organik, Organomineral, Özel, Mikrobiyal ve Enzim İçerikli Organik Gübreler ile Toprak Düzenleyicilerin Üretimi, İthalatı, İhracatı, Piyasaya Arzı ve Denetimine Dair Yönetmelik. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Resmi Gazete No: 25452.
- Asaduzzaman, M., Alam, M.J., Islam, M.M. 2010. Effect of *Trichoderma* on seed germination and seedling parameters of chili. Journal of Science Foundation, 8(1&2): 141-150.

- Baker, R. 1989. Improved *Trichoderma spp.* for promoting crop productivity. Trends in Biotechnology, 7: 34-38.
- Bal, U., Altintas, S. 2006. Effect of *Trichoderma harzianum* on the yield and fruit quality of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in an unheated greenhouse. Australian Journal of Experimental Agriculture, 46(1): 131-136.
- Bal, U., Altintas, S. 2008. Effects of *Trichoderma harzianum* on lettuce in protected cultivation. Journal of Central European Agriculture, 9(1): 63-70.
- Bell JV 1996. Plant Growth Promotion by *Trichoderma* Species MSc., Lincoln University, Christchurch, Canterbury, New Zealand, 149s.
- Björkman, T., Blanchard, L.M., Harman, G.E. 1998. Growth enhancement of shrunken-2 (sh2) sweet corn by *Trichoderma harzianum* 1295-22: Effect of environmental stress. HortScience, 123(1): 35-40.
- Brewer, M.T., Larkin, R.P. 2005. Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. Crop Protection, 24: 939-950.
- Buyer, J.S., Roberts, D.P., Russek-Cohen, E. 2002. Soil and plant effects on microbial community structure. Canadian Journal of Microbiology, 48: 955-964.
- Cemeroğlu, B. 1992. Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları. Biltav Üniversite Kitapları Serisi, No:02-2, s. 381, Ankara.
- Chang, Y.C., Baker, R., Kleifeld, O., Chet, I. 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. Plant Disease, 70: 145-148.
- Chen, S.K., Edwards, C.A., Subler, S. 2001. Effects of the fungicides benzomyl, captan and chlorothalonil on soil microbial activity and nitrogen dynamics in laboratory incubations. Soil Biology & Biochemistry, 33: 1971-1980.
- Chitwood, J., Shi, A., Mou, B., Evans, M., Clark, J., Motes, D., Chen, P., Hensley, D. 2016. Population structure and association analysis of bolting, plant height, and leaf erectness in spinach. Hortscience, 51(5): 481-486. 2016.
- Datnoff, L.E., Pernezny, K.L. 2001. *Paenibacillus macerans* and *Trichoderma harzianum* enhance transplant growth and suppress fusarium crown and root rot in Florida tomato production. 2001 Caribbean Division Meeting Abstracts, June 11-15, 2001 / La

- Habana, Cuba. Publication No. P-2002-0025-Cra.
- Elad, Y., Kapat, A. 1999. The role of *Trichoderma harzianum* protease in the biocontrol of *Botrytis cinerea*. European journal of Plant Pathology, 105: 177-189.
- Hanson, L.E. 2000. Reduction of *Verticillium wilt*s symptoms in cotton following seed treatment with *Trichoderma virens*. The Journal of Cotton Science, 4: 224-231.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., Lorito, M. 2004. *Trichoderma* Species: Opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiology, 2: 43-56.
- Hexon, A.C., Lourdes, M.R., Carlos, C.P., Jose, L.B. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. Plant Physiology, 149: 1579-1592.
- 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.
- Jamal Uddin, A.F.M., Hussain, M.S., Rahman, S., Ahmad, H., Roni, M.Z.K. 2017. Potential of *Trichoderma* as consistent plant growth stimulators of strawberry. International Journal of Business, Social and Scientific Research, 5(2): 155-158.
- Kaveh, H., Jartoodeh, S.V., Aruee, H., Mazhabi, M. 2011. Would *Trichoderma* affect seed germination and seedling quality of two muskmelon cultivars, khatooni and qasri and increase their transplanting success? Journal of Biological & Environmental Sciences, 5(15): 169-175.
- Kleifeld, O., Chet, I. 1992. *Trichoderma harzianum* interaction with plants and effects on growth response. Plant and Soil, 144: 267-272.
- Kumar, N. 2017. Occurrence and distribution of tomato diseases and evaluation of bio-efficacy of *Trichoderma harzianum* on growth and yield components of tomato. Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment, 13(2): 37-44.
- Li, R-X., Cai, F., Pang, G., Shen, Q-R., Li, R., Chen, W. 2015. Solubilisation of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. PLoS ONE, 10(6): e0130081.
- Lo, C.T., Lin, C.Y. 2002. Screening strains of *Trichoderma spp.* for plant growth enhancement in Taiwan. Plant Pathology Bulletin, 11: 215-220.
- Mastouri, F., Bjorkman, T., Harman, G.E. 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physio-logical stresses in germinating seeds and seedlings. Phytopathology, 100: 1213-1221.
- McGovern, R.J., Datnoff, L.E., Tripp, L. 1992. Effect of mixed infection and irrigation method on colonization of tomato roots by *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*. Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 105: 361-363.
- Midmore, D.J. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. Field Crops Research, 34: 357-380.
- Monte, E. 2001. Understanding *Trichoderma* between biotechnology and microbial ecology. International Microbiology, 4: 1-4.
- Montealegre, J., Herrera, R., Velásquez, J., Silva, P., Besoain, X., Pérez, L. 2005. Biocontrol of root and crown rot in tomatoes under greenhouse conditions using *Trichoderma harzianum* and *Paenibacillus lentimorbus*. Additional effect of solarization. Electronic Journal of Biotechnology, 8(3): 249-257.
- Nieto-Jacobo, M.F., Steyaert, J.M., Salazar-Badillo, F.B., Nguyen, D.V., Rostás, M., Braithwaite, M., Mendoza-Mendoza, A. 2017. Environmental growth conditions of *Trichoderma spp.* affects indole acetic acid derivatives, volatile organic compounds, and plant growth promotion. Frontiers in Plant Science, 8: 102.
- Nzanza, B., Marais, D., Soundy, P. 2011. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling growth and development as influenced by *Trichoderma harzianum* and arbuscular mycorrhizal fungi. African Journal of Microbiology Research, 5(4): 425-431.
- Ousley, M.A., Lynch, J.M., Whipps, J.M., 2004. Potential of *Trichoderma spp.* as consistent plant growth. Biology and Fertility of Soils, 17(2): 85-90.
- Ozbay, N., Newman, S.E. 2004. Effect of *T. harzianum* strains to colonize tomato roots and improve transplant growth. Pakistan Journal of Biological Sciences, 7: 253-257.
- Ozbay, N., Newman, S.E., Brown, W.M. 2004. Evaluation of *Trichoderma harzianum* strains to control crown and root rot of greenhouse fresh market tomatoes. Acta Horticulturae, 635: 79-85.
- Özbaş, N., Emrebaş, N., Akıncı, S. 2010. Topraksız ortamda roka ve tere yetiştiriciliğinde mikrobiyal gübre (*Trichoderma harzianum*,

- KUEN 1585) uygulamasının bitki gelişimi ve verimi üzerine etkileri. 5. Ulusal Gübre ve Bitki Besleme Kongresi 15-17 Eylül 2010, İzmir.
- Özkale, E. 2017. Tarımsal üretimde yararlanılan *Trichoderma* ürünleri ve metabolitleri. *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(2): 123-136.
- Pöldma, P., Albrecht, A., Merivee, A. 2002. Influence of Fungus *Trichoderma viride* on the yield of cucumber in greenhouse conditions. *Proceedings of the Conference on Scientific Aspects of Organic Farming Jelgava, Latvia 21-22 March 2002*, 176-180.
- Pöldma, P., Vabrit, S., Merivee, A., Suigusaar, K. 2008. Influence of *Trichoderma viride*-inoculated growing substrate on the growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Acta Horticulturae*, 779: 85-90.
- Rabeendran, N., Moot, D.J., Jones, E.E., Stewart, A., 2000. Inconsistent growth promotion of cabbage and lettuce from *Trichoderma* isolates. *New Zealand Plant Protection*, 53: 143-146.
- Reddy, B.N., Saritha, K., Hindumathi, A. 2017. Potential use of *Trichoderma* species as promising plant growth stimulator in tomato (*Lycopersicon esculantum* L.). (*Microbial Biotechnology: Technological Challenges and Developmental Trends*, Apple Academic Press, Canada: Ed. Bhukya, B., Tangutur, A.D.), 185-198.
- Sönmez, İ, Kaplan, M., Sönmez, S. 2008. Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2): 24-34.
- Sundaramoorthy, S., Balabaskar, P. 2013. Biocontrol efficacy of *Trichoderma* spp. against wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Journal of Applied Biotechnology*, 1(3): 36-40.
- Tran, T.T. 1998. Antagonistic effectiveness of *Trichoderma* against plant fungal pathogens. *Plant Protection*, 4: 35-38.
- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as bio fertilizers. *Plant and Soil*, 255: 571-586.
- Yedidia, I., Benhamou, N., Chet, I. 1999. Induction of defense response in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 65: 1061-1070.
- Yedidia, I., Srivastva, A.K., Kapulnik, Y., Chet, I. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil*, 235: 235-242.
- Zengin, M. 2007. *Organik Tarım*. Hasad Yayıncılık Limitet Şirketi, İstanbul 136s.