



Effects of *Trichoderma harzianum* Strains on Seedling Quality of Tomato

Orkun İkiz^{1,a}, Gölgen Bahar Öztekin^{2,b,*}, Yüksel Tüzel^{2,c}, Şevket Karacancı^{3,d}, Mahmut Tepecik^{4,e}

¹Department of Horticulture, Ege University Institute of Science, 35040 Bornova, İzmir, Turkey

²Department of Horticulture, Ege University Faculty of Agriculture, 35040 Bornova, İzmir, Turkey

³Department of Bioengineering, Ege University Faculty of Engineering, 35040 Bornova, İzmir, Turkey

⁴Department of Soil Science and Plant Nutrition, Ege University Faculty of Agriculture, 35040 Bornova, İzmir, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 08/11/2021 Accepted : 03/01/2022</p> <p>Keywords: <i>T. harzianum</i> Strain Foliar fertilizer Biomass Quality index</p>	<p>This study was conducted to determine the effects of <i>Trichoderma harzianum</i> on seedling growth and quality as two consecutive experiments during the spring months of 2018. In the first experiment, four different <i>T. harzianum</i> strains and a commercial preparate were used by adding into seed sowing substrate and compared with control group which had no treatment. The most promising strain (strain2), was used with and without foliar fertilizer (20:20:20) and foliar fertilizer itself was considered as control. Emergence period and rate were determined to observe the effects of treatments of germination of seeds. Regarding the seedling growth and quality, seedling length, root length, hypocotyl diameter, leaf thickness, fresh and dry weights of root and shoots, dry matter content, color, chlorophyll index, leaf macro and micro plant nutrient contents and seedling quality index were determined at the planting stage. Data obtained from the first experiment showed that the effects of <i>T. harzianum</i> strains on seedling morphology, physiology and nutrient content were different. Among the tested strains, strain2 showed better performance on seedling length, root and shoot dry matter contents, total fresh weight, chlorophyll, a color value and P, Ca, Mn, Cu and Zn contents of leaves and improved seedling quality. The second experiment result showed that the foliar fertilizer application increased the efficiency of <i>T. harzianum</i> strain2. <i>T. harzianum</i> strain2 without foliar fertilizer remained below the control treatment in all measured parameters. When all the data were evaluated together, it was concluded that <i>T. harzianum</i> could be used to increase seedling quality due to its positive effects on seedling biomass, plant nutrition uptake and quality index. Moreover, it can be used in organic seedling production as alternative biostimulant.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(1): 54-65, 2022

Trichoderma harzianum Suşlarının Domates Fide Kalitesine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 08/11/2021 Kabul : 03/01/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: <i>T. harzianum</i> Suş Yaprak gübresi Biyokütle Kalite indeksi</p>	<p>Bu çalışma, <i>Trichoderma harzianum</i>'un fide gelişimine ve kalitesine olan etkilerini belirlemek amacıyla 2018 yılı bahar aylarında ardışık iki deneme olarak yürütülmüştür. I. denemede dört farklı <i>T. harzianum</i> suşu ve bir adet ticari <i>T. harzianum</i> preparatı tohum ekim ortamına eklenerek kullanılmış ve uygulamaya yapılmayan kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. En ümitvar sonuçları gösteren suş (Suş2) II. denemede yaprak gübresi (20:20:20) ile ve gübresiz olarak uygulanmış, yaprak gübresi sadece gübresi uygulaması kontrol olarak alınmıştır. Uygulamaların tohum çimlenmesine etkilerini ortaya koymak amacıyla tohumların çıkış süresi ve oranı saptanmıştır. Fide gelişimine ve kalitesi ile ilgili olarak dikim büyüklüğüne gelen fidelerde fide boyu, kök boyu, hipokotil çapı, yaprak kalınlığı, kök ve vejetatif aksam yaş ve kuru ağırlıkları, kuru madde içeriği, renk, klorofil indeksi, yaprak makro ve mikro element içerikleri ve kalite indeksi saptanmıştır. I. denemeden elde edilen veriler fide morfolojisi, fizyolojisi ve besin element içeriği üzerine <i>T. harzianum</i> suşlarının etkilerinin farklı olduğunu göstermiştir. Suş2 fide boyu, kök ve yeşil aksam kuru madde içeriği, toplam yaş ağırlık, klorofil, a renk değeri ve P, Ca, Mn, Cu ve Zn içerikleri bakımından diğer suşlardan ve ticari preparat uygulamasından daha iyi performans göstermiş ve fide kalitesini artırmıştır. II. denemeden elde edilen sonuçlar kullanılan yaprak gübresinin <i>T. harzianum</i> Suş2'nin etkinliğini artırdığını ortaya koymuştur. Gübresiz Suş2 uygulaması ölçülen tüm parametrelerde kontrol uygulamasından daha düşük değerler sergilemiştir. Elde edilen tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde, fide biyokütlesi, bitki besin elementi alımı ve kalite indeksine olan olumlu etkileri nedeni ile <i>T. harzianum</i>'un fide kalitesini artırmada kullanılabileceği, organik fide üretimi için de alternatif bir biyostimülant olabileceği sonucuna varılmıştır.</p>

^a orkunikiz1@gmail.com

^c yuksel.tuzel@ege.edu.tr

^e mahmut.tepecik@ege.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0003-0989-826X>

^d <https://orcid.org/0000-0001-7825-9379>

^e <https://orcid.org/0000-0001-6609-4538>

^b golgen.oztekin@ege.edu.tr

^d sevket.karacanci@ege.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0001-6023-013X>

^e <https://orcid.org/0000-0001-8001-6202>



Giriş

Kültür bitkilerinde bitki gelişimi, verim ve kaliteyi arttırmak için kullanılan kimyasal gübrelerin ve bitki hastalık ve zararlılarını ekonomik zarar eşliğinin altında tutabilmek amacıyla uygulanan çeşitli tarım ilaçlarının (pestisit) bilinçsiz ve aşırı kullanımı çevreyi kirletmekte, insan ve hayvan sağlığını tehdit etmekte, dayanıklılık ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Bu olumsuz etkiler, son yıllarda sentetik kimyasal kullanımına hassasiyeti artırmıştır. Ekolojik sistemde hatalı uygulamalar sonucu bozulan doğal dengeyi yeniden kurmak amacıyla, insana ve çevreye dost sürdürülebilir üretim sistemlerinin kullanılmasına, kimyasal tarım ilaçları ve gübrelerin kullanımını en aza indiren yeni ve etkili alternatif yöntemlerin tarımsal üretimde geliştirilmesine ve kullanılmasına gereksinim vardır (Chet, 1987; Yücel, 1995; Pal, 2006; Wahane ve ark., 2020).

Çevreye duyarlı üretim sistemlerinde gübreleme ve ilaçlama programlarında kullanılan alternatiflerden birisi de “ faydalı mikroorganizmalar”ın kullanımınıdır. “Mikrobiyolojik Bitki Koruma Ürünleri” (Biyopestisit) ve/veya “Mikrobiyolojik Gübre” olarak ruhsatlandırılabilen ve genellikle *Pseudomonas* spp., *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Rhizobium* spp., *Azotobacter* spp., *Azospirillum* spp. ve *Saccharomyces* spp.’den seçilen faydalı mikroorganizmalar, yoğun olarak toprağın rizosfer kısmında bulunurlar ve topraktaki fizyokimyasal aktiviteler tamamen bu mikroorganizmalara bağlı olarak gerçekleşmektedir (Saharan ve Nehra, 2011).

Rizosferde çok sayıda faydalı mikroorganizma (bakteri, fungus, alg ve protozoa) bulunur. Ancak bu gruplar içerisinde bakteriler büyük çoğunluğu oluşturmaktadır (İmriz ve ark., 2014). Bu faydalı bakteriler Kloepper ve ark. (1980) tarafından “Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler (Plant Growth Promoting Rhizobacteria: PGPR)” olarak adlandırılmıştır. *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Burkholderia*, *Bacillus* ve *Serratia* türleri PGPR olarak sayılmaktadır (Saharan ve Nehra, 2011). Somers ve ark. (2004) ise PGPR’leri etki özelliklerine göre biyofertilizer (besin elementlerinin bitki kullanımına hazır hale getirenler), bitki stimülatörü (bitki gelişimini teşvik edenler), rizoremediatör (organik kirleticileri parçalayarak indirgeyenler) ve biyopestisit (bitki koruyucular) olarak dört grupta toplamıştır.

Yapılan çalışmalar PGPR’lerin atmosferdeki serbest azotu bağlaması, fosforu çözmesi, enzim [1-aminoklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz] ve fitohormon [indol-3-asetik asit (IAA) ve türevleri] üretmesi gibi doğrudan etkileri yanında biyotik ve abiyotik stres faktörlerine dayanım sağlaması, kök gelişimini teşvik etmesi, bitki besin elementi alınımını arttırması, organik artıkların ayrışmasını sağlaması, toprak yapısı ve verimliliğinin iyileştirilmesi, yer ve besin yarışı ile patojen gelişimini baskılaması, ürettiği bazı sekonder metabolitler ile patojenin gelişimini baskılaması gibi dolaylı etkileri sayesinde bitki gelişimi ve verimini arttırdığını göstermiştir (Fallik ve ark., 1989; Glick, 1995; Mayak ve ark., 2004; Çakmakçı, 2005; Zahir ve ark., 2009; Şevik, 2010; Yıldız ve ark., 2012; Ram ve ark., 2013; İmriz ve ark., 2014; Gül ve ark., 2018). Bitkisel üretimde

PGPR’lerin ilk uygulamaları bitki gelişimini teşvik amaçlı olsa da sonraki yıllarda yapılan çalışmalar PGPR’lerin bitkisel üretimde biyolojik kontrol ajanı olarak kullanılmasını da kapsamıştır. En çok *Pseudomonas* ve *Bacillus* türlerine ait olan PGPR’lerin toprak kökenli patojenlerin antagonisti olarak kullanıldıkları görülmektedir (İmriz ve ark., 2014).

Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler gibi *Trichoderma* benzeri mantarların da sera ve tarla koşullarında etkili bir biyokontrol ajanı, biyofertilizer ve bitki stimülatörü olarak kullanıldığı belirtilmektedir (Inbar ve ark., 1994; Yedida ve ark., 2001; Harman ve ark., 2004; Harman, 2006). *Hypoceaceae* familyasında yer alan *Trichoderma*’lar başlangıçta saydam daha sonrasında ise yeşile yakın renklere gözlenmekte ve hızlı çoğalma kabiliyetindedirler (Aydın, 2015). *Trichoderma* türleri dünyanın her tarafında geniş bir şekilde yayılmış olup, hemen hemen tüm toprak ve doğal habitatlarda varlıklarını göstermektedir. *Trichoderma* türleri çeşitli bitkilerin kök yüzeylerinden, çürüyen kabuktan, sklerotlardan veya fungusların diğer üreme organlarının üzerinden izole edilebilmektedir (Papavizas, 1985). *Trichoderma*’lar genellikle köklerde serbest yaşayan bir toprak mantarı cinsi olarak kabul edilmekle beraber, istisnai bazı durumlarda bitki gövdelerinde diğer mantarların parazitleri olarak da hayatlarını sürdürebilmektedirler (Samuels, 2006).

Trichoderma mantarı 1794 yılında Almanya’da genus düzeyinde Persoon tarafından teşhis edilmiş ve 4 türü belirlenmiştir. 1960’lı yıllarda Rifai, *Trichoderma*’lar üzerinde yoğun bir çalışma yapmış ve *Trichoderma harzianum* dâhil toplam 9 tür belirlemiştir. 1984-92 yılları arasında Bissett, Rifai’den sonra onun çalışmalarına kaldığı yerden devam etmiş ve 9 türü daha belirlemiştir (Lieckfeldt ve ark., 1998). Moleküler yöntemlerin fungusların teşhisinde kullanılmasıyla birlikte 1990’lı yılların başından günümüze kadar 90’ının üzerinde *Trichoderma* türü teşhis edilmiştir (Druzhinina ve Kubicek., 2005; Samuels, 2006). *T. harzianum* bilinen *Trichoderma* türleri arasında en yaygın olması ile beraber, *T. strigosum*, *T. sporellum*, *T. viride*, *T. spirale* gibi türler de tasnif edilmiştir (Druzhinina ve ark., 2011).

Trichoderma genusunun tarım açısından önemi biyolojik mücadele ajanı olma potansiyelinden kaynaklanmaktadır (Whipps ve Davies, 2000; Lewis ve Lumsden, 2001; Singh ve ark., 2007; Jangir ve ark., 2017). Nitekim Harman (2006), *Trichoderma* türlerinin 1930’lu yıllardan beri biyopestisit olarak kullanıldığını belirtmiştir. *Trichoderma* spp. içerisinde *T. harzianum*’un biyolojik mücadelede en çok kullanılan tür olduğu ortaya konulmuştur (Sivan ve Chet, 1986; Michrina ve ark., 1995; Bora ve Özaktan, 1998; Küçük ve Kıvanç, 2003). *T. harzianum*’dan sonra *T. viride* türünün de kullanım oranının yüksek olduğu görülmektedir (Harman, 2006). Yapılan çalışmalar bazı *Trichoderma* türlerinin *Fusarium*, *Verticillium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Botrytis*, *Aspergillus* ve *Sclerotinia* türleri gibi bitki patojenlerine karşı iyi bir antagonistik yeteneğe sahip olduğunu ortaya koymuştur (Cook ve Baker, 1983). Antagonistik etki *Trichoderma*’lar tarafından antifungal metabolitlerin üretimi, besin ve yer için rekabet ve mikoparazitlik gibi farklı mekanizmalar tarafından

sağlanmaktadır (Cook ve Baker, 1983; Kredics ve ark., 2003). Birçok *Trichoderma* izolatının sera ve tarla koşullarında toprak kaynaklı hastalıkları kontrol etmede başarılı olduğu belirlenmiştir (Chet, 1990; Sivan ve Chet, 1986; Basım ve ark., 1999; Küçük ve Kıvanç, 2001). Son yıllarda tarımda patojen öldürücü olarak *Trichoderma* izolatlarından hazırlanan ticari preparatların [Bio-Fungus: Supresivit (BioPlant, Danimarka), Binab T (Binap, İsviçre), Root Pro (EfalAgri, İsrail), Trichodex (Makhteshim Chemical, İsrail), Trichopel (AgrimmTechnologies, Yeni Zelanda), Trieco (EcosenseLabs, Hindistan), RootShield, PlantShield, T-22G, T22 Planterbox (Bioworks, USA; Bioglobal, Türkiye)] oldukça yaygın bir şekilde satıldığı görülmektedir (Yiğit, 2005).

Kökte kolonize olan *Trichoderma* spp.'nin bitki savunma mekanizmalarını stimüle ederek ve çeşitli antibiyotik bileşikler üreterek (Schirmböck ve ark., 1994) bitkileri toprak kaynaklı patojenlere karşı dirençli hale getirmesi yanında bitki gelişimini hızlandırdığı, sürgün ve kök gelişimini teşvik ettiği; fotosentezi, verimi ve abiyotik stres koşullarına dayanıklılığı arttırdığı, besin alınımı ve kullanımını teşvik ettiği bildirilmektedir (Inbar ve ark., 1994; Yedidia ve ark., 2001; Harman ve ark., 2004; Harman, 2006). *Trichoderma*'nın bilinen diğer bir özelliği de toprakta bulunan fosfor, mangan, bakır, demir gibi elementleri çözünür bir forma dönüştürerek topraktan kolaylıkla alınabilir forma getirmesidir. Böylelikle bitkinin element alımı ve dolayısıyla büyüme hızı artmaktadır (Harman ve Kubicek, 1998).

Fide bitkisel üretimin başlangıç materyali olduğu için, üretime sağlıklı ve kaliteli bir fide ile başlamak oldukça önemlidir. Sağlıklı ve kaliteli bir fide tür ve çeşide göre değişmekle birlikte 10-15 cm boyda, yaklaşık 0.5 mm hipokotil kalınlığına sahip, kotiledon ve 4-5 gerçek yapraklı, esnek, vegetatif aksam ve kök gelişimi dengeli, beyaz-krem renkte kök ortamını çepeçevre çevreleyen bol saçak köklü, büyüme ucu zarar görmemiş, hastalık ve zararlılardan arı, yapraklarında sararma ve nekroz içermeyen, çiçeklenmemiş, türe özgü koku ve renge sahip pişkinleşmiş ve kuvvetli olmalıdır. Sağlıklı ve kaliteli fide eldesi için koruma amaçlı ve/veya bulaşma durumunda aşırı pestisit uygulaması, pişkinleştirme için fide gelişimini arttırıcı/durdurucu kimyasalların uygulaması pratikte yaygın uygulamalardandır. Ancak hatalı uygulamalar fide kalitesinde olumsuzluklara (bodurlaşma, sararma, aşırı uzama, cılız kalma vs) yol açabilmektedir. Fide üretiminde kullanılacak pestisit miktarını azaltmak ve/veya koruyucu etki sağlamak ve fide gelişimini teşvik etmek amacıyla *Trichoderma* spp. gibi faydalı mikroorganizmaların kullanımı ile gerek ekolojik dengenin korunması, gerekse kaliteli fide elde edilmesi açısından önemlidir. Nitekim farklı türlerde yapılan çalışmalar *T. harzianum* uygulamasının kontrole göre tohumlarının çıkışı ve çimlenme oranını (Windham ve ark., 1986; Yedidia ve ark., 2001; Pöldma ve ark., 2008), fidelerde kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlığını (Windham ve ark., 1986; Inbar ve ark., 1994, Yedidia ve ark., 2001; Ozbay ve Newman, 2004; Bal ve Altıntaş, 2006), fide boyu ve yaprak alanını (Inbar ve ark., 1994; Yedidia ve ark., 2001), yaprak sayısını (Pöldma ve ark., 2008), kök uzunluğunu (Yedidia ve ark., 2001), kök ve yeşil aksamda bazı makro ve mikro element içeriğini (Yedidia ve ark., 2001) arttırdığını, hastalık

kontrolü sağladığını (Inbar ve ark., 1994) ortaya koymuştur.

Yürütülen bu çalışmada, *T. harzianum*'un patojenlere karşı antagonistik etkisinden yararlanılarak pestisit kullanmadan kaliteli fide üretimi yapabilme olanağının araştırılması ve farklı yerel suşların etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ardışık iki deneme şeklinde yürütülen çalışmada yerel *T. harzianum* suşları (0, 1, 2, 4), ticari bir *T. harzianum* preparatı ile karşılaştırılarak domates fide yetiştiriciliğinde denenmiş; fide kalitesinde en ümitvar sonucu veren suş, kök ortamına uygulanarak fideler yapraklı gübreli ve gübresiz beslenerek fide sektöründe doğrudan kullanılacak uygulamaların geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2018 yılının ilkbahar yetiştirme döneminde Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde art arda iki deneme olarak yürütülmüştür. I. denemede *T. harzianum* suşları (0, 1, 2, 4) ve ticari *T. harzianum* preparatı domates fidelerinde denenmiş; I. denemede en ümitvar sonucu veren suş, II. deneme fidelerinde yapraklı gübreli ve gübresiz koşullarda denenmiştir.

Denemelerde kullanılmış olan *T. harzianum* suşlarından Suş0 özel bir firma tarafından (Duru Yeşil Tarım İlaçları Gübre Ürt. San. ve Tic. Ltd. Şti., İzmir) izole edilmiş ve üretilmiştir. Suş 1, 2 ve 4 ise Adana Biyolojik Araştırma İstasyonu'nda "*Organik Bitkisel Üretimde Değerlendirilmek Üzere Girdi Üretim Yöntemlerinin Geliştirilmesi*" isimli TÜBİTAK 111G055 numaralı proje kapsamında geliştirilmiş formülasyonlar olup, aynı firma tarafından üretilmiştir. Çizelge 1'de I. denemede kullanılan *T. harzianum* suşlarına ait bilgiler verilmiştir.

Denemelerde yukarıda belirtilen suşlara ilave olarak, *T. harzianum* Rifai KRL-AG2 ırkını (1×10^6) içeren toz halinde suda çözünür (WP) ticari bir preparat kontrol uygulaması olarak denemeye dahil edilmiştir. Tüm *T. harzianum* suşlarının toz hali (yeşil) sıvılaştırılmış ve konsantre hali denemede kullanılmıştır.

Bitkisel materyal olarak sera yetiştiriciliğine uygun beef tipi sırk domates (*Solanum lycopersicon* L.), çeşit olarak ise "Tybif F₁" (AG-Enza Zaden Tohum, Antalya) kullanılmıştır. Konusuna göre bitki sayıları üzerinden hesaplanmış *T. harzianum* suşları ve ticari preparat ithal torf (Klassman TS1, Almanya) ortamına karıştırılmış, torf iyice harmanlanmış ve nemlendirilmiş, 128'lik viyollere (66,5 × 33,5 × 4,9 cm) doldurulmuş ve her göze 1 tohum gelecek şekilde 22.03.2018 tarihinde tohum ekimi yapılmıştır. Denemede her konu için 3 viyol hazırlanmış; her viyol (n=128 / tekerrür) bir tekerrür olarak kabul edilmiştir. Tohum ekiminden sonra ortamlar tekrar nemlendirilip viyoller streç film ile kaplanmış ve çimlendirme odasına konulmuştur. Viyoller çimlendirme odasında (karanlık, gece/gündüz 18-20°C, %80 nem) 3 gün tutulduktan sonra; fide adaptasyon serasına alınıp, dikim büyüklüğüne gelene kadar burada tutulmuştur. Bu süre içerisinde fidelere gerektiğinde seradaki su rampası sistemi ile su ve 300 g/da dozunda Agroleaf Power 20-20-20+TE yaprak gübresi (Altıntaş Tarım, Antalya) verilmiştir. Fideler tohum ekiminden 24 gün sonra dikim büyüklüğüne gelmiş; ölçüm ve analizler yapılmıştır. Elde edilen

sonuçlar değerlendirilip, en uygun *T. harzianum* suşu belirlenmiştir. Belirlenen tek suş ikinci denemede kullanılmıştır. Bu denemede *T. harzianum*'un yaprak gübresi ile uygulanabilirliğinin belirlenmesi için gübreli ve gübresiz fideler denemeye dahil edilmiş, sadece gübre uygulaması kontrol grubu olarak değerlendirmeye alınmıştır.

İkinci denemede tohum ekimi 07.05.2018 tarihinde birinci denemede olduğu şekilde yapılmıştır. Her konu için 2 viyol hazırlanmış olup, her viyol iki tekrarlı olarak (n:64/tekerrür) kabul edilmiştir. Fideler dikim büyüklüğüne gelene kadar fide serasında tutulmuştur. *T. harzianum* + gübre ve kontrol uygulamasındaki fidelere su rampası ile üstten günde 1 kez 20-20-20+TE kompoze gübre; *T. harzianum* + gübresiz uygulamasına ise sadece su verilmiştir.

Her iki denemede de uygulamaların çıkış üzerine etkilerini ortaya koymak amacıyla, tohum ekiminden itibaren %50'sinin çimlenmesine kadar geçen süre çıkış süresi (gün), ekimi yapılan tohum miktarı ile elde edilen fide sayısının oranı çıkış oranı (%) olarak belirlenmiştir. Dikim büyüklüğüne gelen fidelerde hasat günü sabah erken saatlerde her tekerrürden 20 adet fide seçilerek klorofil metre (SPAD-502 Plus, Konica Minolta, Japonya) ile toplam klorofil indeksleri (SPAD) ve yaprak uç bölgesinden mikrometre (Mitutoyo, Japonya) yardımı ile yaprak kalınlığı (mm) ölçülmüştür. Fidelerin yaprak rengi (L, a*, b*) renk ölçer (Konica Minolta CR-300 Chroma Meter, Japonya) ile laboratuvarında ölçülmüş (McGuire, 1992), her tekerrürde tam açmış 3. veya 4. gerçek yaprakta 10 adet okuma yapılmıştır. Seçilen 10 adet fide viyollerden sökülerek kök başlangıcından büyüme ucuna kadar olan uzunluk şerit metre ile ölçülerek fide boyu (cm), kök boğazından kök uç noktasına kadar olan kısım şerit metre ile ölçülerek kök boyu/kök derinliği (cm) ve hipokotilin orta kısmından dijital kumpas (Mitutoyo, Japonya) ile hipokotil çapı (mm) ölçülmüştür. Fidelerin kök ve vejetatif aksamı (yaprak+gövde) ayrılarak temizlenmiş ve hassas terazide kök ve vejetatif aksam yaş ağırlıkları (g) tartılmıştır. Etüvde 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilen bitki kısımları hassas terazide tartılıp kuru ağırlıkları (g) ve kuru madde içerikleri (%) belirlemiştir. Fidelerin Dickson kalite indeksi (DQI) kuru ağırlık, boy ve çap üzerinden Dickson ve ark. (1960)'un kullandığı formüle göre belirlenmiştir.

Denemelere ait kurutulmuş üst aksam (yaprak ve gövde) örnekleri, öğütücü yardımı ile toz haline getirilmiş ve yaş yakma yöntemi ile yakılarak makro (N, P, K, Ca, Mg, Na) ve mikro (Fe, Zn, Mn, Cu) besin elementleri belirlenmiştir.

Yaş yakılan örneklerde toplam N modifiye Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965); P vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemi ile kolorimetrik olarak; K, Ca ve Na alev fotometresinde; Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu atomik absorpsiyon spektrofotometresinde belirlenmiştir. Sonuçlar kuru madde üzerinden hesaplanmıştır (Kacar ve İnal, 2008).

Tesadüf parselleri deneme desenine göre tek faktörlü ve 3 tekrarlı olarak kurulan her iki denemeden elde edilen verilere, bilgisayarda JMP (sürüm 5.0) istatistik paket programı uygulanmıştır ve ortalamalar arasındaki fark TUKEY testine göre belirlenmiştir.

Bulgular

Birinci Denemeye Ait Bulgular

Çıkış Performansı

Çimlenme süresi ve çıkış oranları bakımından uygulamalar arasında farklılık olmamış, uygulamaların hepsinde çimlenme süresi 5 gün, çıkış oranı %100 olarak belirlenmiştir.

Morfolojik Ölçümler

Uygulamaların fide boyu, kök, vejetatif aksam ve toplam fide kuru madde içerikleri ile toplam fide yaş ağırlıkları üzerine etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 2 ve 3).

En uzun fide boyu Suş4 (16,22 cm) ve Suş2'den (16,17 cm) elde edilmiştir. Söz konusu uygulamaları Suş1 ve ticari preparat takip etmiştir. En kısa fide boyu 12,61 cm ile kontrol fidelerinden elde edilirken, Suş0 13,44 cm ile kontrol uygulaması fideleri ile aynı önem grubunda yer almıştır. Kök boyu 7,25 (Suş4) ile 10,04 (Suş0) cm, hipokotil çapı 2,42 (Suş0) ile 2,57 (Suş4) mm ve yaprak kalınlığı 0,30 (Suş2-4) ile 0,36 (ticari) mm arasında değişmiş, ancak bu parametreler üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. I. denemede Dickson kalite indeksi (DQI) 4.70 (kontrol) ile 5.79 (Suş1 ve 2) arasında değişmiş ancak uygulamalar arasında istatistiki açıdan fark tespit edilmemiştir (Çizelge 2).

Uygulamalar arasında kök yaş ağırlığı 1,71 (Suş4) ile 2,37 g (Suş0), kök kuru ağırlığı 0,24 (kontrol ve ticari) ile 0,27 g (Suş0) arasında değişmiş ve uygulamalar arasında istatistiksel bir farklılık görülmemiştir. Kök kuru madde içeriğine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ve en yüksek kök kuru madde içeriği %13,57 ile Suş2'den, en düşük değer ise %12,36 ile kontrol grubu fidelerden elde edilmiştir (Çizelge 3).

Vejetatif aksam (yaprak+gövde) yaş ve kuru ağırlıkları uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmemişlerdir. Fidelerde vejetatif aksam yaş ağırlıkları 10,95 (kontrol)-14,96 (Suş2) g arasında değişmiştir. Suş0 uygulanan fideler %12,09 ile en yüksek vejetatif aksam kuru madde içeriğine sahip olurken, Suş4 (%9,14) ve kontrol (%9,36) en düşük değerleri vermiştir (Çizelge 3).

Fide toplam yaş ağırlığı 16,87 (Suş2) ile 12,91 (kontrol) g arasında değişmiştir. Suş2 hariç diğer Suşlar ve ticari preparat uygulaması kontrol grubu fideler ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Suş2 uygulaması kontrol grubu fidelere göre toplam fide yaş ağırlığını %30,7 oranında arttırmıştır. Ortalamalar arasında önemli bir farklılık olmamakla beraber, toplam fide kuru ağırlığı da toplam yaş ağırlığına benzer bir eğilim göstermiş, en yüksek toplam fide kuru ağırlığı Suş2'den alınmıştır. Suş2 uygulaması kontrol grubu fidelere göre toplam fide kuru ağırlığını %31,3 oranında arttırmıştır. Toplam fide kuru madde içeriği uygulamalardan etkilenmiş ve %9,84 (kontrol) ile %11,99 (Suş0) arasında değişim göstermiştir (Şekil 1).

Klorofil İndeksi

Domates fidelerinin klorofil indeksi değeri 47,73 (Suş2) ile 43,30 (ticari) SPAD arasında değişmiş; ancak uygulamaların fide yapraklarında toplam klorofil içeriği üzerine etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur (Şekil 2).

Çizelge 1. Kullanılan suşlar ve özellikleri

Table 1. The strains and their properties

Suş	Mikroorganizma sayısı	İçerik	Hal	İzolat kaynağı	Lokasyon
Suş0	1×10 ⁶	T. harzianum Sıvı	açıkta	üretilen domates bitkisi rizosferinden izole	Torbalı/İzmir
Suş1	1×10 ⁶	T. harzianum Sıvı	sera	domates bitkisi rizosferinden izole	Yüreğir/Adana
Suş2	1×10 ⁶	T. harzianum Sıvı	sera	domates bitkisi rizosferinden izole	Ceyhan/Adana
Suş4	1×10 ⁶	T. harzianum Sıvı	açıkta	üretilen domates bitkisi rizosferinden izole	Yumurtalık/Adana

Mikroorganizma sayısı: (cfu/bitki)

Çizelge 2. Uygulamaların fide morfolojisi üzerine etkileri

Table 2. The effects of treatments on seedling morphology

Uygulamalar	Fide boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Hipokotil çapı (mm)	Yaprak kalınlığı (mm)	Dickson kalite indeksi (DQI)
Suş0	13,44 ^c	10,04	2,42	0,35	5,39
Suş1	15,38 ^{ab}	8,27	2,49	0,33	5,79
Suş2	16,17 ^a	7,54	2,56	0,30	5,79
Suş4	16,22 ^a	7,25	2,57	0,30	5,38
Kontrol	12,61 ^c	9,00	2,51	0,35	4,70
Ticari	14,53 ^b	9,27	2,45	0,36	5,65
P	<0,0001	0,0404	0,4234	0,0471	0,7307

Çizelge 3. Uygulamaların kök ve vejetatif aksam yaş ve kuru ağırlıkları ile kuru maddesi üzerine etkileri

Table 3. The effects of treatments on root and shoot fresh and dry weight and dry matter content

Uygulamalar	Kök			Yaprak +Gövde		
	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık(g)	Kuru madde (%)	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Kuru madde (%)
Suş0	2,37	0,27	11,66 ^{ab}	11,42	1,38	12,09 ^a
Suş1	2,02	0,25	12,59 ^{ab}	13,14	1,40	10,70 ^{ab}
Suş2	1,91	0,26	13,57 ^a	14,96	1,42	9,51 ^{ab}
Suş4	1,71	0,25	14,68 ^{ab}	13,78	1,26	9,14 ^b
Kontrol	1,96	0,24	12,36 ^b	10,95	1,04	9,36 ^b
Ticari	2,04	0,24	11,75 ^{ab}	12,44	1,28	10,32 ^{ab}
P	0,2120	0,8306	0,1652	0,0317	0,1065	0,0262

Çizelge 4. Uygulamaların yaprak renk değerleri üzerine etkileri

Table 4. The effects of treatments on leaf colour

Uygulamalar	L*	a*	b*	a*/b*	h°	C*
Suş0	44,06	-17,19	25,96 ^a	-0,66 ^a	123,51 ^c	31,14 ^a
Suş1	41,13	-15,24	20,93 ^{abc}	-0,73 ^{abc}	126,09 ^{abc}	25,89 ^{abc}
Suş2	39,76	-14,72	19,40 ^{bc}	-0,76 ^c	127,32 ^a	24,36 ^{bc}
Suş4	39,98	-14,59	19,21 ^c	-0,76 ^{bc}	127,21 ^{ab}	24,12 ^c
Kontrol	42,32	-16,93	24,77 ^{ab}	-0,68 ^{abc}	124,39 ^{abc}	30,00 ^{abc}
Ticari	42,37	-16,85	24,92 ^{ab}	-0,68 ^{ab}	124,19 ^{bc}	30,09 ^{ab}
P	0,0550	0,0128	0,0032	0,0040	0,0040	0,0040

L, siyah:0°dan beyaz:100°a olacak şekilde rengin parlaklığını; negatif a* yeşili; pozitif b* sarı; hue açısı (h°) rengin temel bileşenlerini (0°: kırmızı, 90°: sarı, 180°: yeşil ve 270°: mavi); kroma (C*) rengin doyunluğunu ve canlılığını belirler.

Çizelge 5. Uygulamaların yaprak makro element içeriğine etkileri

Table 5. The effects of treatments on leaf macro element content

Uygulamalar	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (mg/kg)
Suş0	3,64 ^{bc}	0,28 ^{bc}	1,65 ^b	1,97 ^a	0,57 ^a	1633,7 ^{ab}
Suş1	3,84 ^a	0,26 ^c	1,62 ^b	1,71 ^{abc}	0,50 ^b	1556,8 ^b
Suş2	3,46 ^c	0,56 ^a	2,86 ^a	1,67 ^{bc}	0,52 ^{ab}	1994,2 ^a
Suş4	3,63 ^{bc}	0,44 ^{abc}	2,18 ^{ab}	1,81 ^{abc}	0,53 ^{ab}	1825,9 ^{ab}
Kontrol	3,48 ^c	0,31 ^{bc}	1,84 ^{ab}	1,53 ^c	0,48 ^b	1778,0 ^{ab}
Ticari	3,74 ^{ab}	0,34 ^{bc}	2,38 ^{ab}	1,54 ^c	0,52 ^{ab}	1826,1 ^{ab}
P	0,0235	0,0629	0,1672	0,0595	0,1439	0,2137

Çizelge 6. Uygulamaların yaprak mikro element içeriğine etkileri

Table 6. The effects of treatments on leaf micro element content

Uygulamalar	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Suş0	54,10	35,21 ^{abc}	2,63 ^b	66,52 ^b
Suş1	53,89	29,91 ^c	2,57 ^b	67,54 ^b
Suş2	74,25	42,55 ^{ab}	4,58 ^a	81,62 ^a
Suş4	65,00	40,67 ^a	4,41 ^a	76,02 ^{ab}
Kontrol	51,96	37,74 ^{abc}	3,82 ^{ab}	70,98 ^{ab}
Ticari	57,70	33,55 ^{bc}	3,64 ^{ab}	70,82 ^{ab}
P	0,4051	0,1217	0,0481	0,1314

Çizelge 7. Uygulamaların çıkış süresi ve oranına etkileri

Table 7. The effects of treatments on seed emergence period and rate

Uygulamalar	Çıkış süresi (gün)	Çıkış oranı (%)
Suş2 (Gübreli)	5 ^b	82,1
Suş2 (Gübresiz)	5 ^b	82,8
Kontrol (Gübreli)	6 ^a	83,2
P	<0,0001	0,9496

Çizelge 8. Uygulamaların fide morfolojisine etkisi

Table 8. The effects of treatments on seedling morphology

Uygulamalar	Fide boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Hipokotil çapı (mm)	Yaprak kalınlığı (mm)	Dickson kalite indeksi (DQI)
Suş2 (Gübreli)	12,23 ^a	8,45 ^{ab}	3,04 ^a	0,376	5,89 ^a
Suş2 (Gübresiz)	10,09 ^b	7,97 ^b	2,85 ^b	0,378	5,25 ^c
Kontrol (Gübreli)	11,10 ^{ab}	9,49 ^a	2,83 ^b	0,377	5,53 ^b
P	0,0946	0,0057	0,0204	0,9917	0,0045

Çizelge 9. Uygulamaların fide vejetatif aksam (yaprak+gövde) yaş ve kuru ağırlıklarına etkisi

Table 9. The effects of treatments on root and shoot fresh and dry weight and dry matter content

Uygulamalar	Yaprak+Gövde			Kök		
	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Kuru madde (%)	Yaş ağırlık (g)	Kuru ağırlık (g)	Kuru madde (%)
Suş2 (Gübreli)	0,80 ^a	0,115	14,61	0,24 ^a	0,023 ^a	9,60 ^a
Suş2 (Gübresiz)	0,61 ^b	0,093	15,36	0,16 ^b	0,015 ^b	9,97 ^a
Kontrol (Gübreli)	0,66 ^b	0,102	15,43	0,22 ^a	0,018 ^b	8,39 ^b
P	0,0099	0,2583	0,2295	0,0006	0,0007	0,0011

Çizelge 10. Uygulamaların yaprak renk değerleri üzerine etkileri

Table 10. The effects of treatments on leaf colour

Uygulamalar	L*	a*	b*	a*/b*	h°	C*
Suş2 (Gübreli)	53,25 ^a	-8,52	31,56 ^a	-0,27	-74,74	32,77 ^a
Suş2 (Gübresiz)	43,10 ^b	-9,88	27,31 ^b	-0,37	-69,92	29,09 ^b
Kontrol (Gübreli)	43,92 ^b	-9,37	26,78 ^b	-0,35	-70,81	28,38 ^b
P	0,0088	0,5135	0,0333	0,1656	0,1581	0,0384

L, siyah:0'dan beyaz:100'a olacak şekilde rengin parlaklığını; negatif a* yeşili; pozitif b* sarı; hue açısı (h°) rengin temel bileşenlerini (0°: kırmızı, 90°: sarı, 180°: yeşil ve 270°: mavi); kroma (C*) rengin doygunluğunu ve canlılığını belirler

Çizelge 11. Yaprak makro element içeriğinin uygulamalara göre değişimi

Table 11. Change of leaf macro element content according to treatments

Uygulamalar	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (mg/kg)
Suş2 (Gübreli)	3,29 ^b	0,19	0,81 ^b	2,19 ^a	0,50 ^a	1273,4
Suş2 (Gübresiz)	3,57 ^a	0,22	1,17 ^a	2,10 ^a	0,40 ^b	1345,5
Kontrol (Gübreli)	3,39 ^b	0,22	0,85 ^b	1,77 ^b	0,43 ^b	1225,3
P	0,0260	0,3536	0,0280	0,0278	0,0215	0,3801

Çizelge 12. Yaprak mikro element içeriğinin uygulamalara göre değişimi

Table 12. Change of leaf macro element content according to treatments

Uygulamalar	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Suş2 (Gübreli)	47,15	21,51	1,77	55,48
Suş2 (Gübresiz)	53,00	22,57	1,87	58,39
Kontrol (Gübreli)	43,39	20,77	1,77	54,15
P	0,7221	0,9549	0,8368	0,3713

Renk Değerleri

Uygulamaların L* ve a* değerleri üzerine etkisi önemsiz bulunurken, b*, a*/b*, h° ve C* değerleri uygulamalardan etkilenmiştir. En koyu ve doymun yeşil renk yüksek a*/b* ve h° değerleri ile Suş2 ve Suş4 uygulanan fidelerden elde edilmiştir (Çizelge 4).

Element İçerikleri

Uygulamaların yaprak makro element (N, P, K, Ca, Mg ve Na) içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 5). N içeriği %3,84 (Suş1) ile 3,46 (Suş2), P içeriği %0,56 (Suş2) ile 0,26 (Suş1), K içeriği %2,86 (Suş2) ile 1,62 (Suş1), Ca içeriği %1,97 (Suş0) ile 1,53 (kontrol), Mg içeriği %0,57 (Suş0) ile 0,48 (kontrol) ve Na içeriği 1994,2 mg/kg (Suş2) ile 1556,8 mg/kg (Suş1) arasında değişmiştir. Yaprak makro element içeriklerinin *T. harzianum* Suşlarına göre farklılık gösterdiği, özellikle Ca ve Mg element içeriğinin *T. harzianum* Suşları ile artış gösterdiği belirlenmiştir.

Yaprak mikro element (Fe, Mn, Cu ve Zn) içeriği üzerine uygulamaların etkisi Fe elementi hariç istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 6). Fe içeriği 74,25 mg/kg (Suş2) ile 51,96 mg/kg (kontrol), Mn içeriği 40,67 mg/kg (Suş4) ile 29,91 mg/kg (Suş1), Cu içeriği 4,58 mg/kg (Suş2) ile 2,57 mg/kg (Suş1) ve Zn içeriği 81,62 mg/kg (Suş2) ile 66,52 (Suş0) arasında değişiklik göstermiştir. Suş2 ve Suş4 aynı istatistiksel grupta yer alıp en yüksek mikro element içeriğini vermişlerdir.

İkinci Denemeye Ait Bulgular

Çıkış Performansı

İkinci denemede domates tohumları ortalama 5,5 günde çimlenmiştir. *T. harzianum* Suş2 gübrelili ve gübresiz uygulamalarının çimlenme süresini 1 gün kısalttığı belirlenmiştir. Çimlenme oranı %82,1-83,2 arasında değişmiş, uygulamaların çimlenme oranı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 7).

Morfolojik Ölçümler

Uygulamaların fide ve kök boyu, hipokotil kalınlığı, Dickson kalite indeksi (DQI) üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuş; yaprak kalınlığı uygulamalardan etkilenmemiştir (Çizelge 8). Fide boyu 10,09 (Suş2-Gübresiz) ile 12,23 (Suş2-Gübreli) cm arasında değişmiş ve gübre uygulaması fide boyunu arttırmıştır. Kontrol grubu ise 11,10 cm ile bu iki grubun arasında yer almıştır. Suş2-Gübresiz uygulamasından (7,97 cm) en kısa kök boyu elde edilirken, en uzun kök boyu kontrol grubunda (9,49 cm) ölçülmüştür. Gövde kalınlığı Suş2+gübreli fidelerde en yüksek (3,04 mm) olurken, gübresiz ve kontrol grubu fidelerin hipokotil kalınlıkları aynı önem grubunda yer almış ve Suş2-Gübreli uygulamasına göre %7,9 oranında azalmıştır. DQI 5,25-5,89 arasında değişmiş ve en kaliteli fideler Suş2-Gübreli uygulamasından elde edilmiş ve gübre uygulamasının fide kalitesini arttırdığı belirlenmiştir.

Vejetatif aksam yaş ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 9). Suş2-Gübreli uygulamasındaki bitkiler 0,80 g/bitki ile en yüksek vejetatif aksam ağırlığına sahip olmuşlardır. Söz konusu uygulamayı kontrol grubu fideler izlemiştir. Suş2-Gübresiz uygulamasındaki fideler en düşük vejetatif aksam yaş ağırlığına sahip olmakla birlikte kontrol

grubu fideler ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Fidelerin vejetatif aksam kuru ağırlıkları ve kuru maddeleri uygulamalardan etkilenmemiştir.

Fide kök yaş ve kuru ağırlıkları ile kuru madde içeriği üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Suş2-Gübreli uygulamasındaki bitkiler en yüksek kök yaş ve kuru ağırlığına sahip olurken, kök yaş ağırlığında kontrol grubu fideler Suş2-Gübreli uygulaması ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Domates fidelerinde gübreli ve gübresiz ortamlarda Suş2 kullanımı kök kuru madde içeriğini arttırmıştır (Çizelge 9).

Domates fidelerinin toplam yaş ve kuru ağırlığı ile kuru madde içerikleri uygulamalardan istatistiksel olarak etkilenmiştir. Toplam yaş ağırlık 0,76-1,03 g, toplam kuru ağırlık 0,11 – 0,14 g arasında değişmiştir. En yüksek toplam yaş ağırlık Suş2-Gübreli uygulamasından elde edilirken, bu uygulamayı sırası ile kontrol ve Suş2-Gübresiz uygulamaları izlemiştir. Toplam kuru madde miktarları 13,38-14,26 g arasında değişim göstermiştir. Kuru ağırlık sonucunun tersi bir durumla, en yüksek toplam kuru madde miktarı Suş2-Gübresiz uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 3).

Klorofil İndeksi

Klorofil indeksi 37,08 (Kontrol) ile 42,56 (Suş2-Gübresiz) arasında değişmiş ve uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Gübre uygulanmayan *T. harzianum* Suş2 uygulaması en yüksek klorofil indeksi değerini vermiştir (Şekil 4).

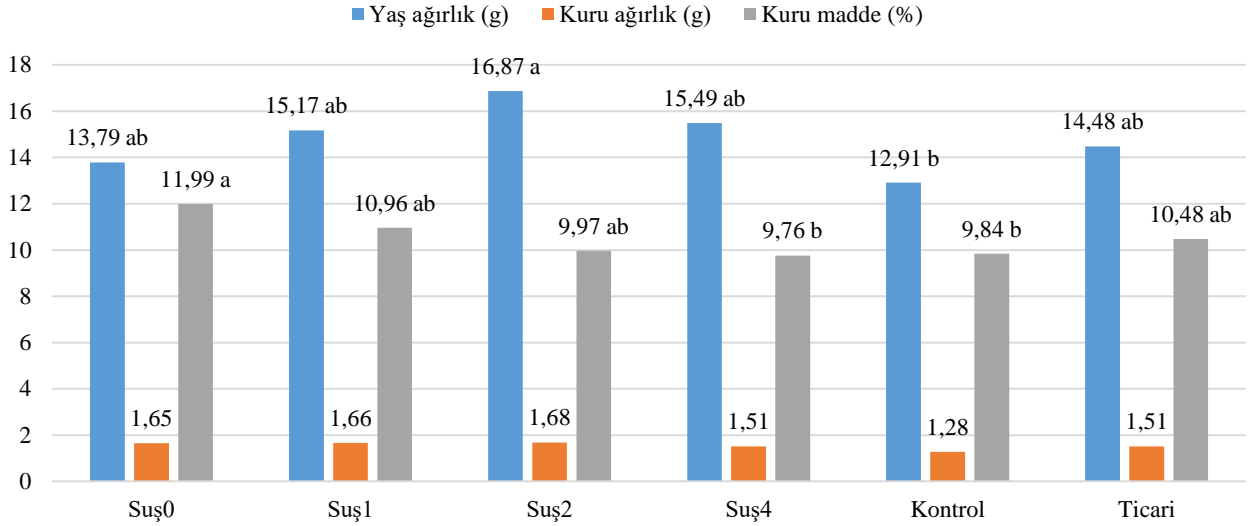
Renk Değerleri

Uygulamaların domates fide yapraklarının L*, b* ve C* değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Domates fidelerinde en yüksek L* değeri ile en parlak fideler Suş2-Gübre uygulanmış fidelerden elde edilmiştir. Kontrol ve Suş2-Gübresiz grubunun fidelerinde L* değeri istatistiksel açıdan farklılık göstermemiş ancak Suş2-Gübreli uygulamasından düşük olmuştur. En koyu yeşil renkli fideler yüksek a* değeri ile Suş2-Gübresiz uygulamalardan elde edilirken, en açık ve yapraklarında sarımtırak renk barındıran fideler yüksek b değeri ile Suş2-Gübreli fidelerden alınmıştır. Yeşil rengin en doymun olduğu uygulama yüksek C* değeri ile Suş2-Gübre uygulaması olmuştur. Uygulamaların yaprak a*, a*/b* ve h° renk değeri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 10).

Element İçerikleri

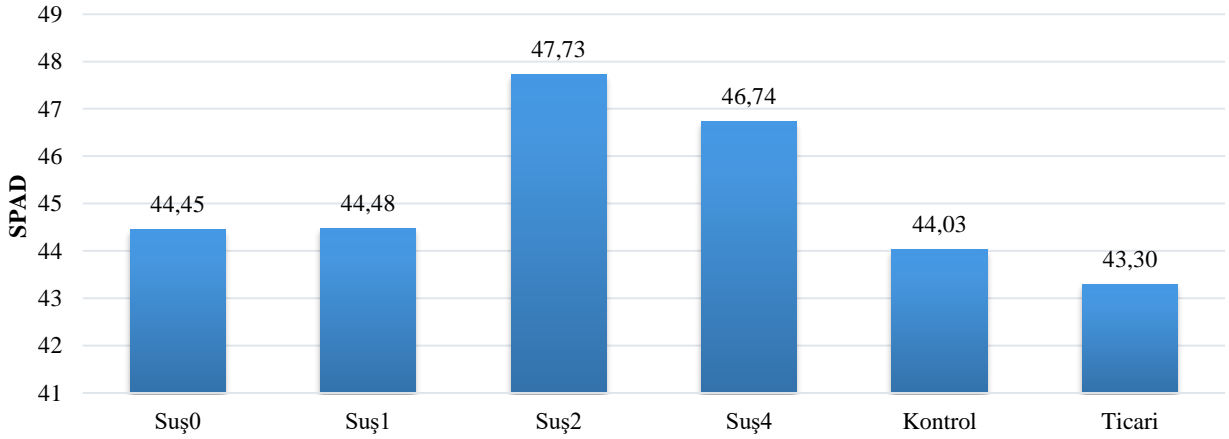
Domates fidesi yaprak makro element içeriği %3,29-3,57 N, %0,19-0,22 P, %0,81-1,17 K, %1,77-2,10 Ca, %0,40-0,50 Mg ve 1273,4-1345,5 mg/kg Na olarak belirlenmiştir. Domateste yaprak P ve Na içeriği uygulamalardan etkilenmezken, N, K, Ca ve Mg içeriğinin etkilendiği görülmüştür. Suş2-Gübresiz uygulamasında yaprak N, K ve Ca içeriği kontrol uygulamasına göre artış göstermiştir. Mg içeriğinde ise Suş2-Gübreli uygulamasının en yüksek içeriğe sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 11).

Yaprakların mikro element içeriği Fe 43,39-47,15 mg/kg, Mn 20,77-22,57 mg/kg, Cu 1,77-1,87 mg/kg ve Zn 54,15-58,39 mg/kg arasında değişmiş, ancak uygulamaların mikro element içeriği üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 12).



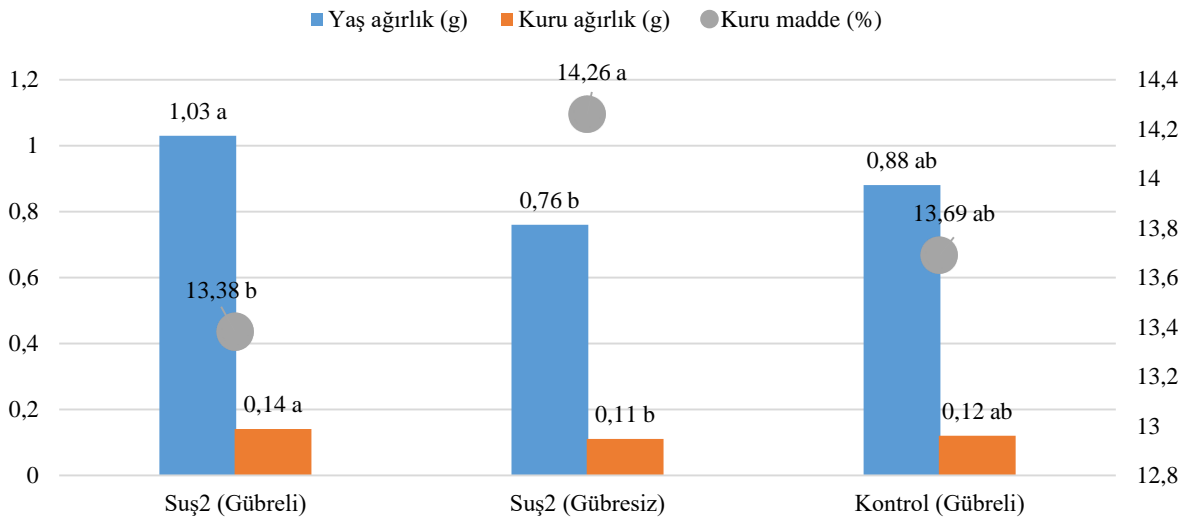
Şekil 1. *T. harzianum* suşlarının ve ticari preparat uygulamasının toplam yaş ve kuru ağırlık ile kuru madde miktarı üzerine etkisi

Figure 1. The effect of *T. harzianum* strains and commercial preparation application on total fresh and dry weight and dry matter content



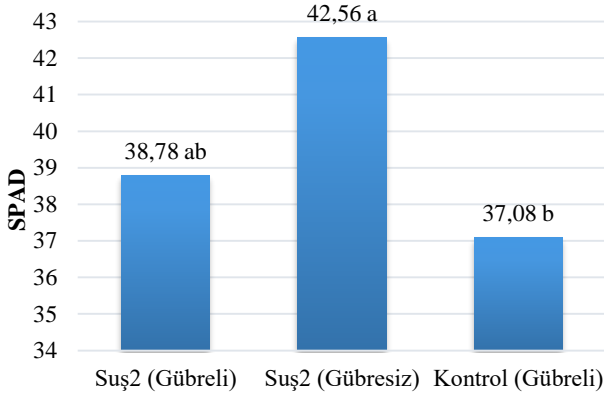
Şekil 2. Farklı *T. harzianum* suşları ve ticari preparat uygulamasının klorofil indeksi üzerine etkisi

Figure 2. The effect of different *T. harzianum* strains and commercial preparation application on chlorophyll index



Şekil 3. Uygulamaların toplam fide yaş ve kuru ağırlıkları ile kuru madde içeriği üzerine etkileri

Figure 3. The effect of treatments on total fresh and dry weight and dry matter content



Şekil 4. Uygulamaların klorofil indeksi üzerine etkileri

Figure 4. The effect of treatments on chlorophyll index

Tartışma

T. harzianum'un fide gelişimine etkilerini belirlemek ve yerel suşların etkinliğini ortaya koymak amacıyla yürütülen çalışmada, domates tohumlarının çıkış oranı I. denemede tüm uygulamalarda %100, çıkış süresi 5 gün olarak belirlenmiş ve uygulamaların Azarmi ve ark. (2011)'nin domatesde yürüttüğü çalışmanın sonuçlarına paralel şekilde çıkış oranı ve hızına herhangi bir etkisi olmamıştır. Bazı kışlık sebze tohumlarında *T. harzianum* uygulamalarının çimlenme gücü ve çimlenme hızı üzerine etkilerini araştıran Uslu (2009)'nun yürüttüğü çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. II. denemede ortalama çıkış oranı ise %82,7 olmuştur. Denemeler arasında çıkış oranındaki değişimin yetiştirme dönemleri arasındaki farklılıktan, dolayısıyla sıcaklık ve ortam neminin etkisinden kaynaklandığı düşünülmüştür. II. denemede çıkış süresinin *T. harzianum* uygulamasından etkilendiği, gübreli ve gübresiz uygulamalar arasında fark olmadığı ve kontrol uygulamasına göre *T. harzianum* uygulamasının 1 gün erkencilik sağladığı görülmüştür. Bu sonuçlar *T. harzianum* uygulamasının tohum çimlenmesinde erkencilik sağladığı önceki çalışmalar ile (Mastouri ve ark., 2010; Özbay ve ark., 2015) uyumlu bulunmuştur. Ancak *Trichoderma* uygulanan tohumların çimlenme ve çıkış performanslarının türlere göre değişebileceği belirtilmiştir (İkiz, 2019). Nitekim, Okoth ve ark. (2011), *Trichoderma* uygulamasının mısır tohumunun çimlenme oranını önemli ölçüde arttırdığını ancak fasulye tohumlarının çimlenmesi üzerine bir etkisi olmadığını bildirmiştir.

I. Denemeden elde edilen bulgular *T. harzianum* suşlarının kullanımı ile fide boyunun, toplam fide yaş ve kuru ağırlığı ile kuru madde içeriğinin, kalite indeksinin, klorofil içeriğinin, a* renk değerinin, özellikle yaprak Ca, Mg ve Fe element içeriklerinin kontrole göre artış sağladığını göstermiştir. *T. harzianum*'un Rifai KRL-AG2 ırkını içeren ticari preparat uygulamasının ise ölçülen bazı parametrelerde kontrol uygulaması ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı ancak özellikle fide boyu, kalite indeksi ile kök ve yeşil aksam yaş ağırlıklarını kontrole göre arttırdığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, fidelere *T. harzianum* uygulaması ile kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlığının (Windham ve ark., 1986; Inbar ve ark., 1994; Björkman ve ark., 1998; Yedidia ve ark., 2001; Ozbay ve Newman, 2004; Bal ve Altıntaş, 2006).

Newman, 2004; Bal ve Altıntaş, 2006), fide boyunun (Inbar ve ark., 1994; Yedidia ve ark., 2001; Azarmi ve ark., 2011) yeşil aksamda bazı makro ve mikro element içeriğinin (Yedidia ve ark., 2001) arttığını bildiren önceki çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur.

Fide morfolojisi ve kalitesini üzerine kullanılan ticari preparat dahil *T. harzianum* ırklarının etkileri farklılık göstermiştir. Adana'nın Ceyhan ilçesinde serada domates bitkisinin rizosferinden izole edilen Suş2'nin fide boyu, kök ve sürgün kuru madde içeriği, toplam yaş ağırlık, klorofil, a* renk değeri ve P, Ca, Mn, Cu ve Zn element içeriklerinde diğer suşlardan ve ticari preparat uygulamasından daha iyi performans gösterdiği ve fide kalitesini arttırdığı belirlenmiştir. Azarmi ve ark. (2011) tarafından domates fidelerinde fide kalitesi ve besin elementi alınımı üzerine farklı *T. harzianum* izolatlarının (izolat T969, T447 ve T) etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, fide kalitesi üzerine izolatların etkilerinin farklı olabileceği belirtilmiştir. Tohum çimlenme oranı izolatlardan etkilenmezken; fide boyu, gövde çapı, sürgün yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak alanı ve klorofil içeriği kontrol uygulamalarına kıyasla izolat T ve T969 ile güçlendirilmiş toprakta artış göstermiş; fide sürgün ve kök Ca, Mg, P ve K konsantrasyonları toprağa uygulanan T447 izolatı ile önemli ölçüde artarken, Na içeriği toprağa uygulanan T969 izolatı ile azalış göstermiştir.

Fide kalitesini belirlemede önemli bir kriter olan kalite indeksi üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel anlamda önemsiz çıkmasına rağmen en düşük kalite değeri kontrol uygulamasından, en yüksek Suş2 ve Suş4 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2). Fide kalitesi fidelerin fizyolojik ve morfolojik özelliklerine göre değişebilir de en doğru ölçü ikisinin birlikte değerlendirilmesidir. Ancak, morfolojik görünüm fide fizyolojisinden daha kolay ölçülebilir ve pratik olması nedeni ile tercih edilmektedir. Fide kalitesinin morfolojik olarak belirlenmesinde fide boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, kök ve sürgün yaş ve kuru ağırlığı, sürgün-kök oranı ve yaprak sayısı gibi parametreler yer almaktadır. Morfolojik derecelendirmeleri iyi olan fideler, daha sonra tarlaya dikildiklerinde tutma ve hayatta kalmada belirgin farklılıklar ve pozitif ilişkiler göstermektedirler. Dickson ve ark., (1960) tarafından fidanlar için geliştirilen ve formülize edilen kalite indeksi (DQI), fide kalitesi ile ilgili daha önceki çalışmalarda belirtilen bazı morfolojik özelliklere dayandırılan entegre bir indekstir. Bu nedenle fide üretiminde de kullanılabileceği düşünülmüştür. DQI kalite gruplarına göre iyi, orta ve kötü olarak gruplanmaktadır ve bu kalite grupları değer aralığının türlere, bakım işlerine (sulama, gübreleme vs) ve çevresel koşullara göre değişeceği kabul edilmektedir. Yürütülen çalışmada elde edilen tüm fidelerin kalitesi DQI indeksine göre iyi sınıfta yer almış ancak en yüksek değer Suş2 ve Suş4 uygulamalarından elde edilmiştir. Suş2, Suş4'e göre daha çok parametrede üstün olması nedeni ile II. denemede kullanılmak üzere seçilmiştir.

T. harzianum uygulamasının fide biyomasını arttırdığını belirten çok sayıda çalışma vardır (Windham ve ark., 1986; Inbar ve ark., 1994; Björkman ve ark., 1998; Yedidia ve ark., 2001; Ozbay ve Newman, 2004; Bal ve Altıntaş, 2006).

uygulanmasının bazı parametrelerde kontrole göre farklılık yaratmadığını ve etkisinin türlere göre değiştiğini belirten araştırmalar da mevcuttur. Ozbay ve Newman (2004) domates fidelerine uyguladıkları *T. harzianum* suş Plantshield™, T22 ve T95'i kontrol grubu ile kıyaslandığında, suşların domates fidesi büyümesini iyileştirdiğini ancak kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etki etmediklerini belirtmiştir. *T. harzianum* suş T22'nin fide performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığını ancak stres koşulu altında T22'nin toksik reaktif oksijen türlerinin (ROS) birikmesinden kaynaklanan hasarları azalttığı saptanmıştır (Mastouri ve ark., 2010). Belirtilen araştırmalardan elde edilen sonuçlar araştırma sonuçlarımız ile paralellik göstermektedir. Nitekim II. denemede fide morfolojisi uygulamalardan etkilenmiştir. Kontrol uygulaması ile aynı istatistiksel grupta yer almalarına rağmen Suş2-Gübreli uygulaması ile fide boyu daha uzun, hipokotil çapı daha kalın ve kök boyu daha kısa olmuştur. Vejetatif aksam yaş ağırlığı Suş2-Gübreli uygulaması ile artış göstermiş, ancak kuru ağırlıklarda önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Kök yaş ağırlığı Suş2-Gübreli ve kontrol uygulamalarında Suş2-Gübresiz uygulamasına göre daha yüksek çıkarken, kuru ağırlığı Suş2-Gübreli uygulaması ile artış sağlanmıştır. Toplam fide yaş ve kuru ağırlığı da kontrol uygulaması ile aynı istatistiksel grupta yer alan Suş2-Gübreli uygulamasında en yüksek olmuştur. Fide morfolojisi ile ilgili elde ettiğimiz bu sonuçlar yürütülen önceki çalışmalar ile kısmen uyum göstermektedir. Nitekim Yedidia ve ark., (2001), *T. harzianum* uygulanmış toprakta hıyar fidelerinin kontrol bitkilerine kıyasla kök alanında, kümülatif kök uzunluğunda, kuru ağırlığında, sürgün uzunluğunda, yaprak alanında, kök kuru ağırlığında ve sürgün kuru ağırlığında önemli artışlar meydana getirdiğini belirtmiştir. Azarmi ve ark. (2011), *T. harzianum* izolat T969, *T. harzianum* izolat T447'nin domates fidelerinde fide boyunu arttırdığını tespit etmişlerdir. Björkman ve ark. (1998), *T. harzianum* uygulamasının kök uzunluğunu kontrole kıyasla %66 oranında arttırdığını; Özbay ve ark. (2018), *T. harzianum* uygulamalarının (15 ve 20 g/L) kontrole göre kök uzunluğunu, kök yaş ağırlığını, kök kuru ağırlığını arttırdığını belirtmiştir. Kumar ve Dey (2011)'de benzer şekilde domates fidelerinde kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlıklarının kontrol uygulamasına göre artırdığını rapor etmiştir. *T. harzianum*'un bitkilerin kök yaş ağırlığını dolayısı ile fide/bitki biyomasını artırmasının ürettikleri bitki büyümesini teşvik eden etmenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Gübre uygulamasının ise gerek Suş2 ve gerekse kontrol uygulamasında önemli etki yaptığı, kontrol uygulamasının bu nedenle Suş2 ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı saptanmıştır.

T. harzianum uygulaması ile klorofil içeriğinin arttığını (Inbar ve ark., 1994; Azarmi ve ark., 2011; Mei ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2019) gösteren çalışmalar mevcuttur. Yürütülen araştırmada literatür ile uyumlu olarak klorofil indeksinin Suş2 uygulaması ile arttığı, gübre uygulaması ile azaldığı saptanmıştır. *T. harzianum* uygulanmış fideler kontrol grubu fidelere göre biraz daha açık renkli olmuştur. Ancak gözle görülebilir bir renk açılması olmamıştır. Renk indeksi olan a*/b* değeri uygulamalara göre önemi bir farklılık göstermemiştir. Rengin doygunluğunu belirleyen C* değeri Suş2-Gübreli uygulaması ile artış göstermiştir.

Yararlı mikroorganizmaların kullanımının bitkide element içeriğini arttırdığını belirten çalışmalar mevcuttur (Yedidia ve ark., 2001; Lucy ve ark., 2004; Türkmen ve ark., 2004; Küçük ve ark., 2008; Altunlu ve ark., 2019). Yürütülen bu çalışmada yaprak makro (N, P, K, Ca, Mg, Na) ve mikro (Fe, Mn, Cu, Zn) element içeriğinin uygulamalara göre değiştiği görülmüştür. *T. harzianum* Suş2 uygulaması ile kontrole göre Ca ve Mg, içeriği artış göstermiştir. Yaprak mikro element içeriği üzerine uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmasına rağmen Fe, Mn ve Zn, içeriği *T. harzianum* Suş2 uygulaması ile artış göstermiştir. Yedidia ve ark. (2001) hıyarda, Azarmi ve ark. (2011) domateste yaptıkları çalışmalarda *T. harzianum* uygulamasının yaprak besin element içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir. Bu etki (Harman ve Kubicek, 1998)'in belirttiği üzere *Trichoderma*'nın toprakta elementleri çözünür bir forma dönüştürmesi ve dolaylı olarak bitki tarafından alınımını artırmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte P, Mn içeriğinin *T. harzianum* Suş2 uygulamasında kontrole göre düşük olduğu belirlenmiştir.

Fide üretiminde yaprak yapılı gübreleme uygulaması fide kalitesini ve *T. harzianum* suşunun çalışmasını etkilemiştir. Gübreli uygulamalar birçok parametrede iyi sonuç vermiştir. Tek başına *T. harzianum* Suş2 kullanımı (Suş2-Gübresiz) beklenen performansı vermemiş, gübre uygulanan kontrol grubu fidelere daha düşük fide kalitesine sahip olmuştur. DQI kalite indeksi, II. denemede uygulamara göre önemli bulunmuş; fideler iyi kalite grubunda yer almıştır. En kaliteli fideler Suş2-Gübreli uygulamasından elde edilmiştir.

Sonuç

Yürütülen bu çalışma sonucunda fide biyokütlesi, element alımı ve kalite indeksine olan olumlu etkileri nedeni ile *T. harzianum*'un fide üretiminde özellikle patojen zararına karşı koruyucu olarak kullanılması önerilmektedir. Fide kalitesine olan etkileri yanında uygulamanın insan ve çevre sağlığına duyarlı olması ayrıca organik fide üretiminde de kullanılabilir olması *T. harzianum*'un önemini daha da arttırmaktadır. Test edilen suşlar içerisinde Suş2 performansı ile ilk denemede öne çıkmış ancak II. denemede bazı parametrelerde kontrol uygulaması ile benzer sonuçlar vermiştir. Ancak fide kalite indeksi yüksek olmuştur. Bu nedenle *T. harzianum* Suş2'nin farklı üretim dönemlerinde, farklı dozlarının yine farklı türlerde denenmesi ve elde edilen bu sonuçların desteklenmesi için önerilmektedir.

Kaynaklar

- Altunlu H, Demiral O, Dursun O, Sönmez M, Ergün K. 2019. Mikrobiyal gübre uygulamasının tatlı mısır (*Zea mays* L. var. saccharata) yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve verim üzerine etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 50 (1):32-39.
- Aydın MH. 2015. Bitki fungal hastalıklarıyla biyolojik savaşta *Trichoderma*'lar. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2:135-148.
- Azarmi R, Hajieghrari B, Giglou A. 2011. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. African Journal of Biotechnology, 10(31):5850-5855.
- Bal U, Altıntaş S. 2006. Effects 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.

- Basım H, Öztürk ŞB, Yeğen O. 1999. Biyolojik bir fungusit in (Planter Box *T. harzianum*, Rıfai T, 22) pamuk fide kök çürüklüğü etmenlerine (*R. solani*, *Fusarium* spp.) karşı etkinliğinin araştırılması. GAP I. Tarım Kongresi, 26-28 Mayıs 1999, Şanlıurfa, pp. 137-144.
- Björkman T, Blanchard LM, Harman GE. 1998. Growth enhancement of shrunken-2 (sh2) sweet corn by *Trichoderma harzianum* 1295-22: Effect of Environmental Stress. Journal of American Society Horticultural Science, 123(1):35-40.
- Bora T, Özaktan H. 1998. Bitki Hastalıklarıyla Biyolojik Savaş. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Fitopatoloji Anabilim Dalı, Prizma Matbaası Alsancak/İzmir, 205 s.
- Bremner JM. 1965. Total Nitrogen. In: Black CA. (editor) Methods of Soil Analysis. Part 2, American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, USA. 1149-1178.
- Chet I. 1987. Trichoderma-Application, mode of action, and potential as a biocontrol agent of soil borne pathogenic fungi. In: Chet I. (editor) Innovative Approaches to Plant Disease Control, Wiley and Sons, New York, pp.137-160.
- Chet I. 1990. Biological control of soil – borne plant pathogens with fungal antagonist in combination with soil treatment. Biological Control of Soilborne Plant Pathogens, 15-25.
- Cook RS, Baker KF. 1983. The Nature and Practice of Biological control of Plant Pathogen. The American Phytopathological Society. 539 p. ISBN: 978-0-8905-4053-4
- Çakmakçı R. 2005. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36(1):97-107.
- Dickson A, Leaf AL, Hosner JF. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. The Forest Chronicle, 36(1):10-13.
- Druzhinina I, Kubicek CP. 2005. Species concepts and biodiversity in Trichoderma and Hypocrea: From aggregate species to species clusters. Journal of Zhejiang University Science B, 6(2): 100-112.
- Druzhinina IS, Seidl-Seiboth V, Herrera-Estrella A, Horwitz BA, Kenerley CM, Monte E, Mukherjee PK, Zeilinger S, Grigoriev I, Kubicek CP. 2011. Trichoderma-The genomics of opportunistic success. Nature Reviews Microbiology, 9:749-759.
- Fallik E, Okon Y, Epistien E, Goldman A, Fisher M. 1989. Identification and quantification of IAA and IBA in *Azospirillum brasilense* inoculated maize roots. Soil Biology and Biochemistry, 21:147-153.
- Glick BR. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal Microbiology, 41:109-117.
- Gül A, Kıdoğlu F, Tüzel Y, Tüzel İH. 2018. Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite. Spanish Journal of Agricultural Research, 6(3):422-429.
- Harman GE, Kubicek CP. 1998. Trichoderma and Gliocladium, Volume 2: Enzymes, Biological Control and commercial applications, London, 393 p.
- Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. 2004. Trichoderma species: opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews Microbiol, 2: 43-56.
- Harman GE. 2006. Overview of mechanisms and uses of Trichoderma spp. Phytopathology, 96: 190-194.
- Inbar J, Abramsky M, Cohen D, Chet I. 1994. Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial condition. European Journal of Plant Pathology, 100:337-346.
- İkiz O. 2019. Bazı Sebze Türlerinde Tohum Ekim Ortamına *Trichoderma harzianum* Uygulamasının Fide Kalitesine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bornova-İzmir, 103 s.
- İmriz G, Özdemir F, Topal İ, Ercan B, Taş MN, Yakışır E, Okur O. 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 12(2): 1-19.
- Jangir M, Pathak R, Sharma S. 2017. Trichoderma and its potential applications. In: Singh DP, Singh HB, Prabh R. (editors). Plant-Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives, Volume 2: Microbial Interactions and Agro-Ecological Impacts, pp. 323-339. ISBN: 978-981-10-6593-4
- Kacar B, İnal A. 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 892 s.
- Kloepper JW, Leong J, Teintze M, Scroth MN. 1980. Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. Nature, 286: 885-886.
- Kredics L, Antal Z, Manczinger L, Szekeres A, Kevei F, Nagy E. 2003. Trichoderma strains with biocontrol potential. Food Technology and Biotechnology, 41(1): 37-42.
- Kumar S, Dey P. 2011. Effects of different mulches and irrigation methods on root growth, nutrient uptake, water-use efficiency and yield of strawberry. Scientia Horticulture, 127:318-324.
- Küçük Ç, Kıvanç M. 2001. Sera ve laboratuvar koşullarında *Trichoderma harzianum*'un toprak kökenli bazı fungal bitki patojenleri üzerine etkisi. Biyoteknoloji, 25(2):85-92.
- Küçük Ç, Kıvanç M. 2003. Isolation of Trichoderma spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. Turkish Journal of Biology, 27:247-253.
- Küçük Ç, Kıvanç M, Kınacı E, Kınacı G. 2008. Determination of the growth and solubilization capabilities of *Trichoderma harzianum* T1. Biologia, 63: 167-170.
- Lewis JA, Lumsden R. 2001. Biocontrol of damping-off of greenhouse-grown crop caused by *Rhizoctonia solani* with a formulation of Trichoderma spp. Crop Protection, 20(1):49-56.
- Lieckfeldt E, Kuhls K, Muthumeenakshi M. 1998. Molecular taxonomy of Trichoderma and Gliocladium and their teleomorphs. In: Kubicek CP, Harman GE (editors). Trichoderma and Gliocladium, Volume 1: Basic Biology, Taxonomy and Genetics. Taylor and Francis, London, 1: 35-74. ISBN 978-0-7484-0572-5
- Lucy M, Reed E, Glick BR. 2004. Application on free living plant growth promoting Rhizobacteria. Antonie van Leeuwenhoek, 86(1):1-25.
- Mastouri F, Björkman T, Harman GE. 2010. Seed treatment with *Trichoderma harzianum* alleviates biotic, abiotic, and physiological stresses in germinating seeds and seedlings. The American Phytopathological Society, 100(11): 1213-1221.
- Mayak S, Tirosh T, Glick BR. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry, 42:565-572.
- McGuire RG. 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27(12): 1254-1255.
- Mei L, Guang-shu MA, Hua L, Xiao-lin SU, Ying T, Wen-kun H, Jie M, Xi-liang J. 2018. The effects of Trichoderma on preventing cucumber fusarium wilt and regulating cucumber physiology. Journal of Integrative Agriculture, 18(3): 607-617.
- Michrina J, Michalikova A, Rohacik T, Kulickova R. 1995. Antibiosis as a possible mechanism of antagonistic action of *Trichoderma harzianum* against *Fusarium culmorum*. Ochrana rostlin, 31(3):177-184.
- Okoth SA, Otadoh JA, Ochanda JO. 2011. Improved seedling emergence and growth of maize and beans by *Trichoderma harzianum*. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 13:65-71.
- Ozbay N, Newman SE. 2004. The effect of the Trichoderma harzianum strains on the growth of tomato seedlings. Acta Horticulture, 635:131-135.
- Özbay N, Demirkıran AR, Ergun M. 2015. Mikrobiyal gübre (*Trichoderma harzianum*, KUEN 1585) uygulamasının marulda çimlenme, gelişme ve verim üzerine etkisi. Doğu Karadeniz II. Organik Tarım Kongresi. 6-9 Ekim 2015, Pazar/Rize.

- Özbay N, Ergun M, Demirkıran AR. 2018. Ticari mikrobiyal gübre (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) Sim Derma uygulamasının ıspanakta çimlenme, gelişme ve verim üzerine etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5(4): 482-491.
- Pal KK, McSpadden Gardener B. 2006. Biological control of plant pathogens. The Plant Health Instructor, Biological Control 1-35.
- Papavizas GC. 1985. Trichoderma and giocladium: Biology, ecology, and potential for biocontrol. Annual Review Phytopathology, 23: 23-54.
- 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.
- Ram RL, Maji C, Bindroo BB. 2013. Role of PGPR in different crops-an overview. Indian Journal of Sericulture, 52(1):1-13.
- Saharan BS, Nehra V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. Life Sciences and Medicine Research, 1-30.
- Samuels GJ. 2006. Trichoderma: Systematics, thesexualstate, andecology. Phytopathology, 96(2): 195-206.
- Schirmböck M, Lorito M, Wang YL, Hayes CK, Arslan-Atac I, Scala F, Harman GE, Kubicek CP. 1994. Parallel formation and synergismof hydrolytic enzymes and peptaibol antibiotics, molecular mechanisms involved in the antagonist action of *T. harzianum* against phyto pathogenic fungi. Applied and Environmental Microbiology, 60: 4364-4370.
- Singh A, Srivastva S, Singh HB. 2007. Effect of substrates on growth and shelf life of *Trichoderma harzianum* and its use in biocontrol of diseases. Bioresource Technology, 98(2):470-473.
- Sivan A, Chet I. 1986. Biological control of Fusarium spp. incotton, wheat and muskmelon by *T. harzianum*. Phytopathology, 116: 39-47.
- Somers E, Vanderleyden J, Srinivasan M. 2004. Rhizosphere bacterial signalling: a love parade benea thour feet. Critical Reviews in Microbiology, 30:205-240.
- Şevik MA. 2010. Bitki virüs hastalıklarına karşı kullanılan bitki gelişimini teşvik eden rhizobakteriler (PGPR). Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi, 8:31-43.
- Türkmen Ö, Bozkurt AM, Yıldız M, Çimrin M. 2004. Effects of nitrogen and humic acid applications on the head weight, nutrient and nitrote contentsin lettuce. Advances in Food Sciences, 5: 61-62.
- Wahane MR, Meshram NA, More SS, Khobragade NH. 2020. Biofertilizer and their role in sustainable agriculture-A review. The Pharma Innovation Journal, 9(7): 127-130.
- Whipps JM, Davies KG. 2000. Biocontrol of Plant Pathogens and Nematods By Microorganisms. In: Gurr G, Wratten SD (editors). Biological Control: Measures of Success. Kluwer, Dordrecht, pp. 231-269. ISBN: 978-1-4020-1052-1
- Windham MT, Elad Y, Baker R. 1986. A mechanism for increased plant-growth induced by Trichoderma spp. Phytopathology, 76(5):5.
- Yedidia I, Srivastva AK, Kapulnik Y, Chet I. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil, 235: 235-242.
- Yıldız HN, Altınok HH, Dikilitas M. 2012. Screening of Rhizobacteria against *Fusarium oxysporum f. sp. melongenae*, the causal agent of wilt disease of eggplant. African Journal of Microbiology Research, 6(15):3700-3706.
- Yiğit F. 2005. Bitki patojenlerinin kontrolünde kullanılan biyokontrol ürünler ve özellikleri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(36): 70-77.
- Yücel S. 1995. A Study on soil solarization and combined with fumigant application to control of phytophthora crown blight (*Phytophthora capsici* Leonian) on peppers in the East Mediterranean Region of Turkey. Crop Protection, 14(8):653-655.
- Zahir ZA, Ghani U, Naveed M, Nadeem SM, Asghar HN. 2009. Comperative effectiveness of Rhizobacteria containing ACC-Deaminase for growth promotion of pea (*Pisum sativum*) under drought conditions. Journal Microbiology Biotechnology, 18: 958-963.
- Zhang F, Wang Y, Liu C, Chen F, Ge F, Ge H, Tian F, Yang T, Ma K, Zhang Y. 2019. *Trichoderma harzianum* mitigates salt stress in cucumber via multiple responses. Ecotoxicology and Environmental Safety, 170: 436-445.