



Araştırma makalesi

Tuz Stresi Altındaki Domates Bitkilerine Yapılan Mikrobiyal (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* ve *Trichoderma Harzianum* T78) Uygulamaların Morfolojik ve Fizyolojik Özellikler Üzerine Etkileri ^a

Alim AYDIN¹, Ayşe Nur ÇETİN^{1*}, Hakan BAŞAK²,
Ayşe BAŞPINAR¹

¹ Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Rektörlük, Pilot Tarım ve Jeotermal Proje Koordinatörlüğü 40100, Bağbaşı, Kırşehir, Türkiye

² Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 40100, Bağbaşı, Kırşehir, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author): ayse.cetin@ahievran.edu.tr

Makale almış (Received): 20.06.2022 / Kabul (Accepted): 25.06.2022 /Yayınlanma (Published): 30.06.2022

ÖZ

Bitki büyümesi ve gelişmesi, tarımsal üretimi sınırlayan önemli bir çevresel stres olan tuzluluktan olumsuz etkilenir. Mikoriza ve rizobakterilerin tuzlu koşullarda bitki büyüme ve gelişmesi üzerindeki etkileri göz önüne alındığında, bunların sinerjik etki oluşturdukları ve bitki büyüme ve gelişmesini artıracakları düşünüldüğünden bu çalışma yapılmıştır. Çalışmada tuz stresi altındaki H2274 ve SC2121 domates çeşitlerine uygulanan mikoriza (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) ve bakteri (*Trichoderma harzianum* T78) uygulamalarının morfolojik ve fizyolojik parametreler üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme tam otomasyonlu, iklim kontrollü venlo tip cam serada saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Çalışma kapsamında domates bitkileri 8 farklı uygulamaya tabi tutulmuştur. Çalışma konuları; 1) Kontrol (Mikrobiyal uygulama yapılmamış), 2) Mikrobiyal uygulama yapılmamış+Tuz stresi (100Mm NaCl), 3) Mikoriza uygulanmış, 4) Mikoriza+Tuz stresi, 5) Trichoderma uygulanmış, 6) Trichoderma+Tuz, 7) Mikoriza+Trichoderma uygulanmış 8) Mikoriza+Trichoderma+Tuz stresi uygulamalarından oluşmuştur. Çalışmada iki domates çeşidinde farklı uygulamaların etkilerini belirlemek amacıyla incelenen kriterler; bitki boyu, gövde çapı, bitki yeşil aksamı (yaprak ve gövde) ve kökün taze ve kuru ağırlıkları ve SPAD değeri (klorofil indeksi) gibi parametreler incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre her iki domates çeşidinde de tuz stresi uygulanmamış bitkilerde mikrobiyal uygulamalar incelenen parametreler çerçevesinde istatistiki anlamda önemli düzeyde olumlu etki göstermiştir. Tuz stresi uygulanan bitkiler biyomas gelişimi olarak olumsuz etkilenmiştir. Mikoriza (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum*) ve bakteri (*Trichoderma harzianum* T78) uygulamaları kontrol ve tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde bitki boyu, gövde taze

^a **Atf bilgisi / Citation info:** Aydın A, Çetin A N, Başak H, Başpınar A (2022 Tuz Stresi Altındaki Domates Bitkilerine Yapılan Mikrobiyal (*Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* ve *Trichoderma Harzianum* T78) Uygulamaların Morfolojik ve Fizyolojik Özellikler Üzerine Etkileri. Ahi Ziraat Der/J Ahi Agri 2(1): 32-42

ve kuru ağırlık, kök taze ve kuru ağırlık, kök morfolojik özelliklerini ve SPAD değerlerinin artışına neden olmuştur. Tuz stresinin domates bitkisinin büyümesi üzerindeki olumsuz etkilerinin mikoriza ve *Trichoderma* uygulamaları ile önemli ölçüde azaltılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bakteri, Mikoriza, Tuz stresi, Domates

© Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Research article

Effects of Microbial (*Glomus iranicum var. tenuihypharum* and *Trichoderma Harzianum* T78) Applications on Morphological and Physiological Properties of Tomato Plants Under Salt Stress

ABSTRACT

Plant growth and development are adversely affected by salinity, an important environmental stress that limits agricultural production. Considering the effects of mycorrhiza and rhizobacteria on plant growth and development in saline conditions, this study was carried out because it is thought that they create a synergistic effect and increase plant growth and development. In this study, it was aimed to determine the effects of mycorrhiza (*Glomus iranicum var. tenuihypharum*) and bacteria (*Trichoderma harzianum* T78) applied to H2274 and SC2121 tomato cultivars under salt stress on morphological and physiological parameters. The study was carried out as a pot experiment in a fully automated, climate-controlled venlo type glass greenhouse. Eight different applications were made to tomato plants. The study subjects: 1) Control (No microbial application), 2) No microbial application + Salt stress (100Mm NaCl), 3) Mycorrhiza applied, 4) Mycorrhiza + Salt stress, 5) *Trichoderma* applied, 6) *Trichoderma* + Salt, 7) Mycorrhiza + *Trichoderma* 8) Mycorrhiza + *Trichoderma* + Salt stress applications. In the study, the criteria examined in order to determine the effects of different applications on two tomato cultivars. Parameters such as plant height, stem diameter, plant green parts (leaf and stem) and fresh and dry root weights and SPAD value (chlorophyll index) were investigated. According to the results of the study, microbial applications in both tomato cultivars in plants without salt stress showed a statistically significant positive effect within the framework of the investigated parameters. Plants subjected to salt stress were negatively affected in terms of biomass development. Mycorrhiza (*Glomus iranicum var. tenuihypharum*) and bacteria (*Trichoderma harzianum* T78) treatments caused an increase in plant height, fresh and dry stem weight, fresh and dry root weight, root morphological characteristics and SPAD values in plants grown in control and salty conditions. It has been determined that the negative effects of salt stress on tomato plant growth can be significantly reduced by mycorrhiza and *Trichoderma* applications.

Keywords: Bacteria, Mycorrhiza, Salt stress, Tomato

© Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture

Giriş

Domates, dünyada üretim-tüketim miktarı, ticareti yapılan tarım ürünleri arasında ilk sırada olması, insan beslenmesinde önemi ve gıda sanayinde dondurulmuş, konserve, salça, ketçap, turşu, domates suyu gibi çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle önemli sebzelerin başında gelmektedir. Dünya domates üretiminde 2020 yılı itibarıyla 64.8 milyon tonluk üretimi ile Çin ilk sırada, 20.5 milyon tonluk üretimi ile Hindistan ikinci, Türkiye 13.2 milyon tonluk üretimi ile üçüncü üretimi ile sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Son yıllarda olumsuz etkileri daha çok hissedilen küresel ısınma nedeni ile çevresel ve iklimsel sorunlar yaşanmaktadır. Bitkisel üretim hem biyotik hem de abiyotik stres faktörleri tarafından etkilenmekte olup gelecekte özellikle abiyotik stres faktörlerinin daha etkili olacağı düşünülmektedir. Küresel ısınmanın gelecekteki en önemli olumsuz etkilerinden biriside tuz stresidir. Tuz stresi altındaki topraklarda yetiştirilen bitkisel üretimde verim ve kalite olumsuz etkilenmektedir. Düşük yağış, yüksek evapotranspirasyon, tuz yatakları, tuzlu sulama suyu ve yanlış yapılan sulamalar tarım alanlarında “Tuzluluk probleminin” ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ekonomik öneme sahip bitkilerin pek çoğu tuzluluğa karşı duyarlıdır. Bu bitkilerin tuzlu koşullarda yaşamaları oldukça kısıtlıdır ve verimde önemli düşüşlerle karşılaşmaktadır. Tuzluluğun artışına bağlı olarak sürdürülebilir tarım alanlarının önümüzdeki 25 yıl içerisinde %30’unun, 21. yüzyılın ortalarında ise %50’sinin tahrip olabileceği bildirilmektedir (Ahmadi ve ark., 2009; Bonilla ve ark., 2002; Munns, 2002). Tuz stresi; bitkilerin kök çevresinde düşük su potansiyeline, Na ve Cl iyonlarının artmasına ve beslenmede ortaya çıkan dengesizliklere neden olmaktadır. Bitkisel üretimde tuz stresinin etkisini azaltmak için tuzlu toprakların ıslah edilmesi, tuzlu sulama sularının iyileştirilmesi, tuza tolerant genotiplerin seçimi ve yeni çeşitlerin geliştirilmesi gibi yöntemler kullanılmaktadır (Daşgan ve ark., 2007). Bu yöntemlerin maliyetinin yüksek olması ve uygulanabilirliğinin zor olması sebebiyle tuz stresi ile mücadelede mikrobiyal uygulamaların önemini arttırmıştır. Son zamanlarda, stres koşullarında yetiştirilen bitkilere tolerans kazandırmada bitki gelişimini teşvik eden bakteri ve mikoriza kullanımı yoğun olarak araştırılmaktadır. Bitkilerde toleransın geliştirilmesi için biyotik uyarıcılar (bakteri, fungus, virüs ve nematodlar) ya da abiyotik uyarıcılar (salisilik asit, glisin, jasmonat, etilen ve bazı herbisitler) birçok kültür bitkisinde kullanılmaktadır (Ozeretskorskaya, 1995). Bitki Gelişimini Artıran Kök Bakterileri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria, PGPR) gerek antagonistik ilişki gerekse bitki gelişimi ve veriminde artış sağlamaları nedeniyle önemli bir role sahiptir (Gül ve ark., 2008). PGPR’ler bitki gelişiminde; (1) havadaki serbest azotun bağlanması, (2) farklı bitki hormonlarının sentezi, (3) minerallerin çözülmesi ve (4) bitkilerde hormon seviyelerini ayarlayan enzimlerin sentezi gibi bakteri tarafından üretilen veya çevreden besin maddelerinin alımını kolaylaştıran bir bileşiği bitkiye sağlayarak doğrudan etkilerler (Çelik ve ark., 2020). Ayrıca bitkisel gelişimi teşvik eden bakteriler, fosforun çözünürlüğünü, su kullanım etkinliğini ve bitki besin elementlerinin alımını arttırmaktadır (Samancıoğlu & Yıldırım, 2015). Mikorizaların bitkiler ile mikroorganizmalar arasında görülen önemli simbiyotik ilişkilerden birisi olduğu, bitkilerin yeryüzündeki dağılışında önemli rol oynadıkları düşünülmektedir (Ahmadi ve ark., 2009; Bonilla ve ark., 2002; Munns, 2002). Arbüsküler mikorizal (AM) funguslar bitkinin büyüme ve gelişmesini uyarmasının yanında, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleransın arttırmasına da katkı sağlarlar (Çelik ve ark., 2019). Bununla beraber AM fungusların besin elementi alımını, transferi, suyun etkin

kullanımı ve klorofil içeriği gibi önemli biyokimyasal ve fizyolojik özellikler üzerinde de önemli rol oynadığı bildirilmektedir (Çelik ve ark., 2019; Kaya ve ark., 2009). Birçok sebze türünde; domates (Al-Karaki ve ark., 2001), biber (Altunlu, 2020; Seymen ve ark., 2015) ve hıyar (Çetin ve ark., 2021) üzerinde mikorizal ve bakteriyel ilişkilerin bitki besin elementi içeriği, bitkinin büyüme ve gelişmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışma, tuz stresi koşullarında yetiştirilen domates bitkilerinde mikoriza, Trichoderma uygulamalarının bazı bitkisel gelişim parametreleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma 2020 yılı ilkbahar-yaz döneminde Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi jeotermal ısıtmalı, tam otomasyonlu, venlo tip, cam AR-GE serasında yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak H2274 ve SC2121 standart domates çeşitleri kullanılmıştır. Denemede Simborg firmasından temin edilen TrichoSym Bio ticari isimli *Trichoderma harzianum* T78 [5×10^8 kob/ml] türü içeren bakteri ve Mycoup ticari isimli *Glomus iranicum* var. *tenuihypharum* [1.2×10^4 (propagül)/100 ml] türü içeren Arbusküler Mikoriza Fungusu (AMF) ürün yetiştirme ortamlarına uygulanmıştır. Denemede bakteri ve AMF'nin uygulama dozu olarak üretici firma Simborg tarafından TrichoSym Bio ve Mycoup için önerilen sırasıyla 200 ml/da, 300g/da uygulama dozları dikkate alınmıştır. Çalışmada 5 kg saksılar içerisine 4.5 kg toprak koyulmuş ve fideler 24.05.2020 tarihinde her saksıda bir bitki olacak şekilde dikilmiştir. Çalışma konularını ve deneme deseni Tablo 1'de verilmiştir (Tablo 1). Bitkilere mikoriza ve Trichoderma aşılama dikimden üç gün sonra fide köklerine toz ve sıvı formülasyondaki AMF ve Trichoderma suda çözülerek bitki başına 250 ml çözelti olacak şekilde uygulanmıştır. Tuz uygulamalarına dikim tarihinden 10 gün sonra 10 mM NaCl ile başlanmıştır. Kademeli olarak tuz konsantrasyonu her iki güne 10 mM artırılarak 20. günde son doz olan 100 mM NaCl'e ulaşılmıştır. Bitkiler dikimden itibaren 40 günlük iken denemeye son verilmiştir.

Tablo 1: Deneme deseni

Çeşit	Kontrol (2 EC)	Stres (10 EC)
H2274	Kontrol	Kontrol
	Mikoriza	Mikoriza
	Trichoderma	Trichoderma
	Mikoriza*Trichoderma	Mikoriza*Trichoderma
SC2121	Kontrol	Kontrol
	Mikoriza	Mikoriza
	Trichoderma	Trichoderma
	Mikoriza*Trichoderma	Mikoriza*Trichoderma

Çalışmada ölçülen parametreler;

Bitki boyu (cm): Deneme sonunda bitkilerde bitki boyları metre yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir.

Gövde çapı (mm): Deneme sonunda bitkilerde gövde çapı bir kumpas yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir.

Klorofil indeksi (SPAD): Konica Minolta SPAD-502 cihazı ile ölçülmüştür.

Kök ve Gövde taze ve kuru ağırlıkları (g): Deneme sonunda bitkiler kök, gövde ve yaprak olmak üzere organlarına ayrıldı, taze ağırlıkları bir terazi yardımıyla ölçüldü ve sonrasında 65°C'lik etüvde üç gün bekletildikten sonra kuru ağırlıkları belirlendi.

Veri Analizi: Araştırma “faktöriyel deneme” deneme desenine uygun olarak 3 faktörlü (mikrobiyal uygulama ve tuz stresi ve çeşit) ve 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmadan elde edilen veriler, SPSS (sürüm 16.0) istatistik paket programında değerlendirilmiş; uygulamalar arasındaki farklılıkları belirlemek için çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Tuz stresi sebze üretimini olumsuz yönde etkileyen stres faktörlerinden birisi olup, bitki büyümesini ve verimliliğini önemli ölçüde düşürmektedir. Kontrol ve tuz stresi koşullarında yetiştirilen bitkilere yapılan mikrobiyal uygulamalar çeşitler arasında oldukça farklılık göstermiştir. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen çeşitlerin, bitki boyu ve gövde çapı olumsuz yönde etkilenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2 : Tuz stresi koşullarında mikrobiyal aşılamanın bitki boyu ve gövde çapı üzerine etkisi

Çeşit	Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)		% Değişim	Gövde Çapı (mm)		% Değişim
		Kontrol	Tuz Stresi		Kontrol	Tuz Stresi	
H2274	A	40.67 ^c	27.67 ^g	31.97	8.48 ^{bc}	6.95 ^{ef}	18.00
	B	43.00 ^{bc}	30.00 ^{fg}	30.23	9.32 ^a	7.17 ^e	23.06
	C	43.00 ^{bc}	30.67 ^{fg}	28.68	9.05 ^{ab}	7.07 ^{ef}	21.85
	D	43.00 ^{bc}	31.00 ^{efg}	27.91	8.20 ^{cd}	6.95 ^{ef}	15.20
SC2121	A	44.67 ^{bc}	37.00 ^d	17.16	7.62 ^{de}	7.49 ^{de}	1.71
	B	49.67 ^a	36.00 ^d	27.52	9.32 ^a	7.07 ^{ef}	24.11
	C	46.33 ^{ab}	33.67 ^{def}	27.34	9.27 ^a	7.10 ^e	23.41
	D	46.00 ^{ab}	34.67 ^{de}	24.64	9.69 ^a	6.29 ^f	35.07
Çeşit		**			Ö.D		
Uygulama		Ö.D			**		
Stres		**			**		
Uyg*Stres		Ö.D			**		
Çeşit* Stres		Ö.D			Ö.D		
Uyg*Çeşit		Ö.D			Ö.D		

F değerleri: p < 0.05 (*), p < 0.01 (**) ve Ö.D. önemli değil

* Uygulamalar: A-(Kontrol), B-(Mikoriza), C-(Trichoderma), D-(Mikoriza*Trichoderma).

Kontrol koşullarında yetiştirilen bitkilerde en yüksek bitki boyu mikoriza uygulanan SC2121 çeşidinde (49.67 cm) ölçülmüştür. Tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde ise en yüksek bitki boyu, SC2121 çeşidinde mikoriza ve Trichoderma uygulaması yapılmayan bitkilerinde (37.00 cm) elde edilmiştir. Tuzlu koşullarda yetiştirilen H2274 çeşidinde en yüksek bitki boyu mikoriza*Trichoderma uygulaması yapılan bitkilerde (31.00 cm) ölçülmüştür. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen bitkilerde mikrobiyal uygulaması SC2121 çeşidinde bitki boyuna olumlu etkisi yok iken H2274 çeşidinde mikrobiyal uygulama ile birlikte bitki boyu artmıştır. Bulgularımızdaki bitki boyu değerlerinde çeşit ve stresin etkisi istatistiki olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Gövde çapı değerlerine bakıldığında her iki çeşit içinde kontrollü koşullarda yapılan mikrobiyal uygulamalarının olumlu etkisi olmuş ve en yüksek gövde çapı SC2121 çeşidinde mikoriza*Trichoderma uygulaması yapılan bitkilerinde (9.69 mm) ölçülmüştür. Tuzlu koşullarda en yüksek gövde çapı ise H2274 çeşidinde mikoriza uygulanan bitkilerde 7.17 mm olarak belirlenmiştir. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen bitkilerde mikrobiyal uygulaması SC2121 çeşidinde gövde çapına olumlu etkisi yok iken H2274 çeşidinde mikrobiyal uygulamasıyla birlikte gövde çapı üzerinde olumlu yönde etkilemiştir. Gövde çapı üzerinde stres, uygulama ve bunların ikili interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2). Bitki boy ve gövde çapı parametrelerinde mikrobiyal uygulamaların tuz stresinin olumsuz etkisini hafifletmesinde en yüksek olumlu etkisi H2274 çeşidinde mikoriza*Trichoderma kombinasyonunda belirlenmiştir. Kontrol uygulamalarına kıyasla daha düşük oranda (bitki boyu %27.91; gövde çapı %15.2) azalma olduğu saptanmıştır.

Tuz stresi uygulanmamış bitkilerde en yüksek yaprak yaş ağırlığı her iki çeşitte de Trichoderma uygulaması yapılan bitkilerde tespit edilmiştir. Stres koşullarında ise en yüksek yaprak yaş ağırlığı SC2121 çeşidinde mikoriza uygulaması yapılan bitkilerde (64,94 gr) ölçülmüştür. Yaprak yaş ağırlığı parametrelerinde tuz stresi koşullarındaki bitkilerde mikrobiyal uygulamanın SC2121 çeşidinde sadece Trichoderma uygulamasında olumlu etkisi var iken, H2274 çeşidinde tüm mikrobiyal uygulamaların olumlu yönde etkisi tespit edilmiştir. Yaprak kuru ağırlığında ise tuz stresi uygulanmayan bitkilerde her iki çeşit üzerinde de tüm mikrobiyal uygulamaların etkisi olumlu olarak belirlenirken, en yüksek yaprak kuru ağırlığı H2274 çeşidinde mikoriza*Trichoderma uygulamasında tespit edilmiştir. Tuz stresi koşullarında en yüksek yaprak kuru ağırlığı SC2121 çeşidinde mikoriza uygulaması yapılan bitkilerde (8.37 gr) ölçülmüştür. Tuzlu koşullarda bitkilere yapılan mikrobiyal uygulamanın SC2121 çeşidinde sadece Trichoderma uygulamasında olumlu etkisi var iken, H2274 çeşidinde tüm mikrobiyal uygulamaların etkisi olumlu yönde olmuştur. Yaprak yaş ve kuru ağırlıkları değerlerinde ise uygulama, stres, uygulama*stres ve uygulama*çeşit interaksiyonlarının etkisi istatistiki olarak $p<0.01$ önemli olduğu belirlenmiştir. (Tablo 3).

Tablo 3. Tuz stresi koşullarında mikrobiyal aşılamanın yaprak yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi

Çeşit	Uygulamalar	Yaprak Yaş Ağırlığı (gr)		% Değişim	Yaprak Kuru Ağırlığı (gr)		% Değişim
		Kontrol	Tuz Stresi		Kontrol	Tuz Stresi	
H2274	A	71.75 ^{ef}	51.03 ^{hi}	28.87	11.28 ^e	6.72 ^{gh}	40.38
	B	80.55 ^{bcd}	60.03 ^g	25.47	13.36 ^{cd}	8.04 ^{fg}	39.80
	C	91.46 ^a	59.47 ^g	34.97	15.40 ^{ab}	7.29 ^{fgh}	52.68
	D	82.85 ^{bc}	57.47 ^{gh}	30.63	16.23 ^a	7.48 ^{fgh}	53.93
SC2121	A	75.52 ^{cde}	57.65 ^{gh}	23.66	12.13 ^{de}	7.44 ^{fgh}	38.65
	B	85.46 ^{ab}	64.94 ^{fg}	24.01	13.10 ^{cd}	8.37 ^f	36.10
	C	90.99 ^a	49.37 ⁱ	45.74	14.41 ^{bc}	6.02 ^h	58.25
	D	74.35 ^{de}	48.65 ⁱ	34.56	13.30 ^{cd}	6.62 ^{gh}	50.23
Çeşit		Ö.D			Ö.D		
Uygulama		**			**		
Stres		**			**		
Uyg*Stres		**			**		
Çeşit*Stres		Ö.D			Ö.D		
Uyg*Çeşit		**			**		

F değerleri: p < 0.05 (*), p < 0.01 (**) ve Ö.D. önemli değil

Uygulamalar: A-(Kontrol), B-(Mikoriza), C-(Trichoderma), D-(Mikoriza*Trichoderma)

Gövde yaş ve kuru ağırlıklarında tuz stresi uygulamamış bitkilerde her iki çeşitte de en yüksek değerler mikoriza*Trichoderma uygulamalarında tespit edilmiştir. Tuz stresi uygulanmış bitkilerde ise, mikrobiyal uygulamaların etkisi SC2121 çeşidinde sınırlı düzeyde olurken, H2274 çeşidinde hem gövde yaş ağırlığı hem de gövde kuru ağırlığı kontrol bitkilerine kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Gövde yaş ve kuru ağırlıklarında mikrobiyal uygulamaların tuz stresinin olumsuz etkisini hafifletmesinde, boy ve gövde çapında olduğu gibi, en yüksek olumlu etkisi H2274 çeşidinde mikoriza*Trichoderma kombinasyonunda belirlenmiştir. Kontrol uygulamalarına kıyasla daha düşük oranda (gövde yaş- %33.96; gövde kuru- %41) azalma saptanmıştır. Gövde yaş ve kuru ağırlıklarına bakıldığında ise uygulama, stres ve çeşidin etkisi istatistiki olarak p<0.01 önemli belirlenmiştir. Gövde yaş ağırlığında ayrıca çeşit*stres interaksiyonu da istatistiki olarak p<0.01 önemli tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Tuz stresi koşullarında mikrobiyal aşılamanın gövde yaş ve kuru ağırlıklarına etkisi

Çeşit	Uygulamalar	Gövde Yaş Ağırlığı(gr)		% Değişim	Gövde Kuru Ağırlığı(gr)		% Değişim
		Kontrol	Tuz Stresi		Kontrol	Tuz Stresi	
H2274	A	25.25 ^d	12.38 ^f	50.96	5.03 ^c	2.24 ^g	55.40
	B	26.94 ^{cd}	14.08 ^{ef}	47.74	5.20 ^c	2.36 ^{fg}	54.68
	C	26.62 ^{cd}	14.69 ^{ef}	44.81	5.14 ^c	2.55 ^{efg}	50.42
	D	26.24 ^{cd}	17.33 ^e	33.96	5.55 ^{bc}	3.28 ^{de}	41.00
SC2121	A	32.41 ^{ab}	16.61 ^e	48.75	6.00 ^{ab}	3.40 ^d	43.42
	B	29.74 ^{bc}	15.22 ^{ef}	48.84	5.69 ^{abc}	2.77 ^{d-g}	51.35
	C	31.50 ^b	17.43 ^e	44.67	5.94 ^{ab}	3.20 ^{de}	46.13
	D	35.43 ^a	17.36 ^e	51.00	6.38 ^a	3.00 ^{def}	52.93
Çeşit		**		**		**	
Uygulama		**		**		**	
Stres		**		**		**	
Uyg*Stres		Ö.D		Ö.D		Ö.D	
Çeşit* Stres		**		**		Ö.D	
Uyg*Çeşit		Ö.D		Ö.D		Ö.D	

F değerleri: p < 0.05 (*), p < 0.01 (**) ve Ö.D. önemli değil

Uygulamalar: A-(Kontrol), B-(Mikoriza), C-(Trichoderma), D-(Mikoriza*Trichoderma).

Kök yaş ağırlığı her iki çeşitte de tuz stresi uygulanan ve uygulanmayan bitkilerde (Tuz stresi uygulanmış SC2121 çeşidine yapılan Trichoderma uygulaması hariç) kontrol bitkilerine kıyasla istatistiksel olarak da önemli düzeyde artış göstermiştir. Ancak bu olumlu etki H2274 çeşidinde SC2121 çeşidine kıyasla daha yüksek oranda belirlenmiştir. En yüksek kök yaş ağırlığı tuz stresi uygulanmamış H2274 çeşidinde mikoriza*Trichoderma (105.34 gr) ve Trichoderma (95.75 gr) uygulamalarında tespit edilmiştir. Tuz stresi uygulanmış bitkilerde ise aynı çeşitte 29.11 gr olarak mikoriza uygulamasında belirlenmiştir. Kök kuru ağırlığında da benzer durum belirlenmiş olup, en yüksek kök kuru ağırlığı tuz stresi uygulanmamış H2274 çeşidine yapılan mikoriza*Trichoderma uygulamasında (17.96 gr) belirlenirken, tuz stresi uygulanmış bitkilerde ise H2274 çeşidinde mikoriza uygulanmış (3.83 gr) bitkilerde belirlenmiştir. Kök yaş ve kuru ağırlıklarında; stres, çeşit, uygulama, uygulama*stres, çeşit*stres ve uygulama*çeşit interaksiyonlarının etkisi istatistiki olarak p<0.01 önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Tuz stresi koşullarında mikrobiyal aşılamanın gövde yaş ve kuru ağırlıklarına etkisi

Çeşit	Uygulamalar	Gövde Yaş Ağırlığı(gr)		% Değişim	Gövde Kuru Ağırlığı(gr)		% Değişim
		Kontrol	Tuz Stresi		Kontrol	Tuz Stresi	
H2274	A	25.25 ^d	12.38 ^f	50.96	5.03 ^c	2.24 ^g	55.40
	B	26.94 ^{cd}	14.08 ^{ef}	47.74	5.20 ^c	2.36 ^{fg}	54.68
	C	26.62 ^{cd}	14.69 ^{ef}	44.81	5.14 ^c	2.55 ^{efg}	50.42
	D	26.24 ^{cd}	17.33 ^e	33.96	5.55 ^{bc}	3.28 ^{de}	41.00
SC2121	A	32.41 ^{ab}	16.61 ^e	48.75	6.00 ^{ab}	3.40 ^d	43.42
	B	29.74 ^{bc}	15.22 ^{ef}	48.84	5.69 ^{abc}	2.77 ^{d-g}	51.35
	C	31.50 ^b	17.43 ^e	44.67	5.94 ^{ab}	3.20 ^{de}	46.13
	D	35.43 ^a	17.36 ^e	51.00	6.38 ^a	3.00 ^{def}	52.93
Çeşit		**			**		
Uygulama		**			**		
Stres		**			**		
Uyg*Stres		Ö.D			Ö.D		
Çeşit* Stres		**			Ö.D		
Uyg*Çeşit		Ö.D			Ö.D		

F değerleri: p < 0.05 (*), p < 0.01 (**), ve Ö.D. önemli değil

Uygulamalar: A-(Kontrol), B-(Mikoriza), C-(Trichoderma), D-(Mikoriza*Trichoderma).

Yaprak klorofil içeriği tuz stresi uygulanmış ve uygulanmamış bitkilerde her iki çeşitte de mikrobiyal uygulamaların etkisi ile artmıştır (Tablo 6). Tuz stresi uygulanmamış H2274 çeşidinde en yüksek SPAD değeri Trichoderma uygulanmış bitkilerde belirlenirken, tuz stresi uygulanmış bitkilerde ise en yüksek değer SC2121 çeşidinde mikoriza*Trichoderma uygulamasında saptanmıştır. Tuz stresinin klorofil (SPAD) değerleri üzerindeki etkisinde; uygulama ve stresin etkisi istatistiki olarak p<0.01 önemli belirlenirken, çeşit, uygulama*stres ve çeşit*stres interaksyonlarının etkisi istatistiki olarak p<0.05 önemli olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyal uygulamalar içerisinde, mikoriza*Trichoderma uygulaması H2274 çeşidinde tuz stresinin klorofil içeriği üzerindeki olumsuz etkisini azaltmış (%14.97) olup, SC2121 çeşidinde ise en düşük oranda (%9.88) azalışa neden olmuştur (Tablo 6).

Tablo 6. Tuz stresi koşullarında mikrobiyal aşılamanın klorofil indeksi (SPAD) üzerine etkisi

Çeşit	Uygulamalar	SPAD		% Değişim
		Kontrol	Tuz Stresi	
H2274	A	49.23 ^{cd}	39.20 ^{fg}	20.38
	B	54.63 ^{ab}	44.07 ^e	19.34
	C	55.17 ^a	41.37 ^{ef}	25.01
	D	51.67 ^{bc}	43.93 ^e	14.97
SC2121	A	48.17 ^d	36.90 ^g	23.39
	B	51.60 ^{bc}	42.03 ^{ef}	18.54
	C	49.60 ^{cd}	44.50 ^e	10.28
	D	49.60 ^{cd}	44.70 ^e	9.88
Çeşit		*		
Uygulama		**		
Stres		**		
Uyg*Stres		*		
Çeşit* Stres		*		
Uyg*Çeşit		Ö.D		

F değerleri: p < 0.05 (*), p < 0.01 (**), ve Ö.D. önemli değil

Uygulamalar: A-(Kontrol), B-(Mikoriza), C-(Trichoderma), D-(Mikoriza*Trichoderma).

Sonuç

Küresel bir sorun olarak tuzluluk, üretimi kısıtlayan önemli bir faktördür. Özellikle kıyı bölgelerimizde sulama suyunun tuzluluğu yetiştiricilikte temel problemlerden bir tanesidir. Çalışmamızda tuzluluk artışına paralel olarak bitkide gelişimin azaldığı ve fizyolojik olayların olumsuz yönde etkilendiği saptanmıştır. Besin maddesi ve su alınımının devamlılığını sağlayan, klorofil içeriğini koruyan mikoriza ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin tuz stresi koşullarında strese toleransı arttırdığı belirlenmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, mikrobiyal gübrelemenin biyolojik mücadele ve bitki besleme alanlarında olumlu etkisinin olduğu vurgulanmaktadır. Sonuçlarımız tuz stresi altındaki domates bitkilerinde mikoriza ve Trichoderma uygulamalarının tuzun olumsuz etkilerini azaltmada etkili olduğunu göstermektedir. Çevre dostu bu mikrobiyal uygulamaların tarımsal üretimde kullanımının yaygınlaşması, toprak ve çevre kirliliğini azaltmasının yanı sıra verim ve kaliteyi de artırmaktadır.

Çıkar Çatışması

Makalenin hiç bir yazarı için bilinen ya da olası bir çıkar çatışması yoktur. / No known or potential conflict of interest exist for any author.

Kaynaklar

Ahmadi, A., Emam, Y., & Pessaraki, M. (2009). Response of various cultivars of wheat and maize to salinity stress. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(1), 123-128.

Al-Karaki, G. N., Hammad, R., & Rusan, M. (2001). Response of two tomato cultivars differing in salt tolerance to inoculation with mycorrhizal fungi under salt stress. *Mycorrhiza*, 11(1), 43-47.

Altunlu, H. (2020). Tuz Stresi Altındaki Biberde (*Capsicum annuum* L.) Mikoriza ve Rizobakteri Uygulamasının Bitki Gelişimi ve Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(4), 501-510.

Bonilla, P., Mackell, D., Deal, K., & Gregorio, G. (2002). RFLP and SSLP mapping of salinity tolerance genes in chromosome 1 of rice (*Oryza sativa* L.) using recombinant inbred lines. *Philippine Agricultural Scientist (Philippines)*, 85, 68–76.

Çelik, Y., Yarşi, G., & Özarıslandan, A. (2019). Mikorizaların Bitkilerde Stres Mekanizması Üzerine Etkileri. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi (DÜSTAD)*, 2, 1-15.

Çelik, Y., Yarşi, G., & Özarıslandan, A. (2020). Yararlı Bakteri Uygulamalarının Bitkisel Verim ve Dayanıklılık Mekanizmalarına Etkileri. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi (DÜSTAD)*, 2020(1), 75-88.

Çetin, A. N., Başak, H., Aydın, A., & Başpınar, A. (2021). *Farklı Topraksız Yetiştirme Ortamlarına Uygulanan Mikorizanın Hıyar (Cucumis Sativus L.) Yetiştiriciliğinde Verim Ve Kaliteye Etkisi* I. Ahı Evran Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Kırşehir, Türkiye.

Daşgan, H., Aktaş, H., & Abak, K. (2007). *Tuz Gölü Çevresinden Toplanan Bazı Kavun Genotiplerinin Tuzluluğa Tolerans Düzeylerinin Erken Bitki Gelişme Aşamasında İncelenmesi* VI Sebze Tarımı Sempozyumu Kahramanmaraş, Türkiye.

FAO. (2020, 15.03.2022). Dünya ve Türkiye Domates Üretim Verileri. <https://www.fao.org/faostat/en/#compare>

Gül, A., Kidoglu, F., & Tüzel, Y. (2008). Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum*, L.) growing in perlite. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(3), 422-429.

Kaya, C., Ashraf, M., Sonmez, O., Aydemir, S., Tuna, A. L., & Cullu, M. A. (2009). The influence of arbuscular mycorrhizal colonisation on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. *Scientia Horticulturae*, 121(1), 1-6.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250.

Ozeretskovskaya, O. (1995). Induced Resistance in the *Solanaceae*. (R.Hammerschmidt and J. Kuc, eds.) *Induced Resistance to Disease in Plants*. In: Kluwer Academic Publishers, London.

Samancıoğlu, A., & Yıldırım, E. (2015). Bitki gelişimini teşvik eden bakteri uygulamalarının bitkilerde kuraklığa toleransı artırmadaki etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 72-79.

Seymen, M., Türkmen, Ö., & Paksoy, M. (2015). Bacteria inoculation effects on yield, yield components and mineral contents of (*Capsicum annum* L.) bell pepper. *International Journal of Agriculture and Economic Development*, 3(1), 29.