



Kuraklık Stresi Koşullarında Bakteri Uygulamasının Domates Bitkileri Üzerine Etkileri

Sultan DERE^{1*}

¹ Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye
 Sultan DERE ORCID No: 0000-0001-5928-1060

*Sorumlu yazar: sultan.dere@siirt.edu.tr

(Alınış: 05.10.2020, Kabul: 23.12.2020, Online Yayınlanma: 25.06.2021)

Anahtar Kelimeler

Kuraklık stresi,
 Bakteri
 uygulaması,
 Morfolojik etki,
 Fizyolojik etki

Öz: Kuraklık stresi bitkisel üretimi etkileyen en önemli stres faktörlerindedir. Bu çalışma kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azaltmada bakteri uygulamasının etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. İklim odasında katı ortam kültüründe yapılan çalışmada Falcon domates çeşidi ve Tom-29 yerel domates genotipi kullanılmıştır. Bitkileri 16/8 saat aydınlık/karanlık, 25±2°C gündüz ve 20±2°C gece olan iklim odasında yetiştirilmiştir. Uygulamalar kontrol, kuraklık stresi, bakteri, kuraklık stresi+bakteri şeklinde planlanmıştır. Çalışma sonunda bitki boyu, bitki çapı, yaprak sayısı, koltuk sayısı, bitki yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı, kök ağırlığı, yaprak alanı, yaprak oransal su içeriği, yaprak su potansiyeli, SPAD metre ölçümü gibi morfolojik ve fizyolojik parametreler incelenmiştir. Kontrol grubuna kıyasla, kuraklık stresi uygulamasında, Tom-29 genotipi incelendiğinde, bitki boyu (%3,07), bitki çapı (%5,75), bitki yaş ağırlığı (%55,92), gövde yaş ağırlığı (%33,50), kök ağırlığı (%38,20) ve yaprak sayısı (%16,37), yüzde değişimdeki azalışın Falcon çeşidinden daha az olduğu belirlenmiştir. Falcon çeşidine kıyasla Tom-29 genotipinde bakteri uygulamasına göre kuraklık stresi+bakteri uygulamasında bitki boyu (%34,83), bitki yaş ağırlığı (%50,62), gövde yaş ağırlığı (%53,36), yaprak yaş ağırlığı (%51,43), koltuk sayısı (%31,55) ve turgor potansiyeli (%3,84) yüzde değişim azalışının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak kuraklık stresinin domates üzerindeki olumsuz etkisini azaltmada kullanılan yöntem ve uygulamaların etkisi belirlenmiştir.

Effects Of Bacteria Application on Tomato Plants Under Drought Stress Conditions

Keywords

Drought stress,
 Bacteria
 application,
 Morphological
 effect,
 Physiological
 effect

Abstract: Drought stress is one of the most important stress factors affecting crop production. This study was conducted to determine the effect of bacterial application on reducing the negative effects of drought stress. Falcon tomato variety and Tom-29 local tomato genotype were used in the study performed in solid medium culture in the climate chamber. The plants were grown in a climate chamber with 16/8 hours light/dark, 25±2°C day and 20 ± 2°C night. Applications are planned as control, drought stress, bacteria, drought stress+bacteria. At the end of the study, morphological and physiological parameters such as plant height, plant diameter, leaf number, branch number, plant fresh weight, shoot weight, leaf fresh weight, root fresh weight, leaf area, leaf proportional water content, leaf water potential, SPAD meter measurement were examined. Compared to the control group, in drought stress application, when Tom-29 genotype was examined, plant height (3,07%), plant diameter (5,75%), plant fresh weight (55,92%), stem fresh weight (33,50%), root fresh weight (38,20%) and leave number (16,37%), it was determined that the decrease in percentage change was less than Falcon variety. Compared to the Falcon variety, in Tom-29 genotype, it is seen that drought stress+bacteria applications resulted in lower values than bacteria application alone from the aspects of plant weight (50,62%), stem fresh weight (53,36%), leaf fresh weight (51,43%), branch number (31,55%) and the turgor potential (3,84%). As a result, the effects of the methods and practices used in reducing the negative effects of drought stress on tomatoes were determined.

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada hızlı nüfus artışı gıdaya olan talebi her geçen gün arttırmaktadır. Hızlı nüfus artışına karşın tarım alanlarının ve su kaynaklarının azalması tarımsal üretimin yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca son yıllarda tarımsal üretimde verim artışını sağlamak için kullanılan kimyasallar nedeniyle topraklarımız kirlenmekte ve verimsizleşmektedir. Bu nedenle toprak kirliliğinin ve üretimde yaşanan sorunların önüne geçilebilmesi için organik kökenli ürünlerin kullanımı gündeme gelmiştir. Organik kökenli ürünlerden vermikompost, mikoriza, bakteri, sığır, koyun, keçi, kaz, ördek, tavuk, yarası gübreleri, humik ve fulvik asit gibi gübreler ve biostimulantlar son yıllarda yoğun şekilde araştırılmaktadır.

Abiyotik stresler faktörlerinin üretimi sınırlandırması ve verim kayıplarındaki artışı tetikleme önemli bir sorundur. Bu nedenle abiyotik streslerin olumsuz etkisini hafifletmede kullanılan biostimulantların ve organik gübrelerin kullanımının araştırılması ve etki mekanizmasının ortaya çıkarılması önem taşımaktadır.

Domates tüm dünyada geniş alanlarda üretimi yapılan ve diğer sebzelere kıyasla üretim potansiyeli yüksek popüler bir sebzedir [1, 2]. Domates hem taze olarak hem de işlenerek kullanılması ve tüketilmesi nedeniyle önemli bir üründür [3]. Domates kuraklık, tuzluluk, ağır metal, düşük veya yüksek sıcaklık gibi abiyotik stres faktörlerinden olumsuz etkilenmektedir [4, 5].

Kuraklık, bitki büyümesini ve gelişmesini engelleyen ve bitki verimliliğini genotip, süre ve yoğunluğa ve bitki gelişim aşamasına bağlı olarak diğer ekolojik bileşenlerden daha fazla sınırlayan en etkin ve olumsuz etkileyen abiyotik stres faktörlerinden biridir [6, 7]. Kısıtlı sulama ise bitkilerin belirli süre veya tüm büyüme mevsimi boyunca kuraklık stresine maruz kaldığı bir tarımsal su yönetimi stratejisi olarak bilinmektedir [8]. Bitkilerde kuraklık stresi morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal birçok değişikliğe neden olur [4, 9]. Kuraklık, fotosentez, solunum, su ve besin elementlerinin alımı, enzimatik aktiviteler, organik maddelerin metabolizması ve stres proteinlerini ve transkripsiyon faktörlerini kodlayan genlerin baskılanması veya aşırı ekspresyonu gibi genetik ve moleküler düzeyde karmaşık fizyo-biyokimyasal ve metabolik prosedürlerin ilerlemesini etkilemektedir [10, 11, 12]. Kuraklık stresinde vejetatif büyümede gerileme fotosentez oranındaki düşüşten kaynaklanmaktadır. Bitki kök ve gövde gelişimi kuraklık stresi uzun süre devam ettiğinde durduğu bazı yaprakların sarardığı bunun yanı sıra yaprak alanı ve yaprak sayısının azaldığı bilinmektedir. Ayrıca kuraklık stresinin bitki hacmini azaltıcı etkisinin olduğu da bilinmektedir [13, 14, 15, 16]. Bitkilerde su kullanım etkinliği kısa süreli su stresi koşullarında stoma açıklığının ve terlemenin azalmasıyla artmaktadır [17].

Su stresinde bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGB), fizyolojik yanıtı modüle edebildiği böylece stresli koşullar altında bitkinin hayatta kalmasını

sağlayan yaygın endofitik bakterilerdir [18, 19, 20]. Bitkilerin köklerinde gelişen ve kolonize olan Rhizobakteriler su stresinden etkilenirler. *Acetobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Herbaspirillum*, *Pseudomonas* ve *Rhizobium* gibi bakteri türlerinin bitki büyümesini teşvik edici bakteriler (PGPB) olduğu bilinmektedir [21, 22, 23, 24]. *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas* ve *Enterobacter* gibi bakterileri içeren farklı PGPR, bitki büyümesi ve metabolizması üzerindeki yararlı etkilerinden dolayı stres koşulları altında kullanılmaktadır [25, 26]. Kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletmek için bitkilere bakteri aşılmasının yapılması su stresi nedeniyle oluşan verim kayıplarını azaltacağı ve su stresine toleransı arttıracığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir [24, 27, 28].

Bitki büyümesi, gelişimi, mahsul verimi ve ürün kalitesi kuraklık stresinde önemli şekilde etkilenmektedir. Kuraklık stresinin olumsuz etkisini azaltmak için yapılan çalışmalar, kullanılan yöntem ve uygulamalar önem arz etmektedir. Bu çalışma dünyada ve ülkemizde en çok üretilen ve tüketilen sebze türlerinden biri olan domateste kuraklık stresinin olumsuzluklarını azaltmada bakteri uygulamasının etkisi araştırılmak amacıyla yapılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışma 2019-2020 yaz sezonunda Çukurova Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait iklim odasında gerçekleştirilmiştir. İklim odası koşulları 16/8 saat aydınlık/karanlık fotoperiyodik düzenin gündüz 25±2°C, gece 20±2°C, ışık şiddetinin 300 µmol m⁻²s⁻¹ olduğu ve nem koşullarının % 65-70 olduğu şekilde ayarlanmıştır. Bitki materyali olarak 1 adet yerel domates genotipi Tom-29 ve 1 adet sanayilik domates çeşidi Falcon kullanılmıştır. Domates tohumları hacimsel olarak 1:3 oranında torf:cocopeat karışımı içeren 2 L'lik saksılara ekilmiştir. Deneme tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve her tekerrürde 8 bitki olacak şekilde planlanmıştır. Her saksıda 1 adet bitki bulunmaktadır. Bitkiler deneme süresinde standart besin çözeltisi ile sulanmıştır (Tablo 1).

Uygulamalar kontrol, kuraklık stresi, bakteri, kuraklık stresi+bakteri şeklindedir. Kuraklık stresinde %100 ve %50 sulama uygulaması yapılmıştır. Bitkiler 4 gerçek yapraklı aşamadan sonra kuraklık stresi uygulamalarına geçilmiştir. Kontrole göre belirlenen su miktarını dikkate alınarak kuraklık stresi için kullanılacak su miktarı hesaplanmıştır. Kuraklık stresi (%50) uygulamasına kontrol uygulamasına verilen suyun %50'si hesaplanarak verilmiştir. Kontrol uygulamasındaki bitkilerden yapılan gözlemlere göre sulama zamanı belirlenmiştir. Su tutma kapasitesi saksılarda farklı olacağı için sulama miktarının ve zamanının belirlenebilmesi için örnek saksılar bulundurulmuştur. Her uygulamanın saksılarına saksı tabakları konularak sulama yapılıp doygunluk noktasına ulaşması sağlanmış ve drene olan su miktarı dikkate alınarak sulama miktarı hesaplanmıştır. Sulamada "drene olan çözelti uygulanan çözelti"⁻¹ oranı esas alınmıştır [29]. Drenaj seviyeleri belirlenmiş ve bu

oran deneme süresince yaklaşık %30 olarak ayarlanmıştır. Drene olan suyun pH ve EC ölçümleri sulama zamanlarında ölçülmüştür. Besin çözeltisinin pH'ı 6.0-6.5 ve EC 1.5-2.5 dS m⁻¹ aralığında tutulmuştur.

Çalışmada ticari adı Medbio olan sıvı bakteri biyogübresi kullanılmıştır. Sıvı bakteri biyogübrenin içeriğinde %50 melas, %3 suda çözülebilir potasyum nitrat (K₂NO₃) ve geriye kalan %47'sinde ise *Bacillus subtilis* (1x10⁹), *Bacillus licheniformis* (2x10⁶), *Bacillus megaterium* (1x10⁹) ve *Pseudomonas putida* (1x10¹⁰) bakteri türleri bulunmaktadır. Bakteri uygulaması sulama zamanlarında kökten ve yapraktan sprey şeklinde uygulanmış olup deneme sonuna kadar uygulamaya devam edilmiştir.

Kökten bakteri uygulamasında 1,5 litre standart besin çözeltisinin içerisine 45 ml bakteri eklenerek çözelti oluşturulmuştur. Bakteri uygulamasındaki her saksıya bu çözeltiden 40 ml uygulanmıştır. Yapraktan bakteri uygulaması için 1 litre standart besin çözeltisine 10 ml bakteri eklenerek çözelti oluşturulmuş ve bu çözelti sprey şeklinde bitkinin tüm yaprakları kuruluk kalmayacak şekilde uygulanmıştır. Bakteri ve kontrol uygulamaları arasında, drenaj sızıntılarından bulaşmalar olmaması için ayrı yerlerde tutulmuş ve saksı tabakları konularak bakterinin diğer bitkilere bulaşmasının önüne geçilmiştir.

Bitkilerde kuraklık stresi semptomları görüldüğünde deneme sonlandırılmıştır. Deneme sonunda aşağıda belirtilen ölçüm ve gözlemler en az 4 bitki de yapılmıştır.

2.1. Bitki Boyunun Belirlenmesi

Deneme sonunda bitkinin kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölge cm (± 0.5) cinsinden metre ile ölçülmüştür [30].

2.2. Bitki Çapının Belirlenmesi

Bitki gövde çapı mekanik kumpas yardımıyla mm (± 0.1) olarak belirlenmiştir [30].

2.3. Bitki Yaş Ağırlığı

Deneme tamamlandığında her parselden 4 bitkide, yeşil aksamın tamamı gram cinsinden hassas terazide tartılmıştır [31, 32].

2.4. Yaprak Yaş Ağırlığı

Deneme tamamlandığında her parselden 4 bitkide, yaprakların tamamı gram cinsinden hassas terazide tartılmıştır [31].

2.5. Gövde Yaş Ağırlığı

Deneme tamamlandığında her parselden 4 bitkide, yaprakların ve kökün tamamı alındıktan sonra kalan kısmı gram cinsinden hassas terazide tartılmıştır [31].

2.6. Kök Yaş Ağırlığı

Deneme tamamlandığında her parselden 4 bitki kök boğazından kesilerek yıkanıp tamamen temizlendikten sonra gram cinsinden hassas terazide tartılmıştır [32, 33].

2.7. Yaprak Sayısının Belirlenmesi

Deneme sonunda bitki üzerindeki tüm yapraklar sayılarak yaprak sayısı belirlenmiştir [31].

2.8. Koltuk Sayısının Belirlenmesi

Deneme sonunda bitki üzerindeki koltuklar sayılarak koltuk sayısı belirlenmiştir [31].

2.9. Yaprak Su Potansiyeli

Deneme sonunda, Soilmoisture marka taşınabilir basınç çemberi bitkilerin büyüme ucundan itibaren 2-3. yapraklarda bar cinsinden su potansiyeli belirlenmiş ve sonra MPa birimine çevrilmiştir [34, 35].

2.10. Klorofil için SPAD Metre ile Ölçüm Yapılması

Deneme sonunda domates bitkilerinde tepeden 5. yaprakta klorofil miktarına bağlı değişen yeşilin tonunu belirlemek amacı ile Minolta SPAD metre cihazı ile okumalar gerçekleştirilmiştir [32, 34, 36].

2.11. Yaprak alan indeksi

Birim alana düşen yaprak alanı (cm²) olarak ifade edilen "Yaprak Alan indeksi" (LAI: Leaf Area Index), deneme sonunda Licor marka LAI-220 (Plant canopy analyser) cihazı ile her tekerrürde en az 6 bitkide ölçülmüştür [34].

2.12. Yaprak Oransal Su içeriği (YOSİ)

Deneme sonunda taze bitki yaprakları tartılıp kaydedilmiş, yapraklar saf su içerisinde 4 saat bekletildikten sonra yapraklar sudan çıkarılıp kurutulduktan sonra turgor ağırlıkları belirlenmiştir. Turgor ağırlığı belirlenen yapraklar 65°C etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlığı gram olarak alınmıştır. Elimizdeki verilere göre aşağıdaki formüle değerler yerleştirilerek yaprak oransal su içeriği (%) hesaplanmıştır [4, 37, 38].

$$(TA - KA)(TuA - KA) - 1x100 \quad (1)$$

TA: Taze Ağırlık KA: Kuru Ağırlık TuA: Turgor Ağırlığı.

Tablo 1. Domateste Kullanılan Standart besin çözeltisi

Besin Elmenti	Konsntrasyonları
NO ₃ -N	180 ppm
NH ₄ -N	20 ppm
P	60 ppm
K	350 ppm
Ca	175 ppm
Mg	60 ppm
Fe	5 ppm
Mn	0.8 ppm
Zn	0.5 ppm
Cu	0.1 ppm
Mo	0.05 ppm

İstatistiksel Analizler

Deneme de her uygulama kendi arasında JUMP 5.0.1 yazılımı (SAS Institute Inc.) kullanılarak analiz edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıkların gruplandırılması 'LSD' çoklu karşılaştırma testi' ile %1 ve %5 düzeyinde yapılmıştır. İki uygulama arasındaki istatistiksel fark t testi ile ortaya konulmuştur. Bağımsız Ayrıca uygulamaların kontrolüne kıyasla yüzde değişimleri de hesaplanmıştır [39].

3. BULGULAR

Kuraklık stresi kültür bitkilerinde morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal birçok özelliği olumsuz etkilediğinden verim ve kalite kayıplarında artışa neden olmaktadır. Bu nedenle verim ve kalite kayıplarının azaltılabilmesi için bitkilerdeki morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimlerin bilinmesi ve bu değişimlere etki eden faktörlerin ortaya çıkarılması önemlidir.

Falcon çeşit ve Tom-29 genotipinde bitki boyunun kuraklık stresinde istatistiksel olarak önemli seviyede etkilendiği belirlenmiştir (Tablo 2). En düşük bitki boyunun 52 cm ile kuraklık stresi+bakteri uygulamasında Falcon çeşidinde görülmüştür (Tablo 3). Kuraklık stresinin bitki boyunu olumsuz etkilediği kontrole kıyasla Falcon çeşidinde %34,83 azalışa, Tom-29 genotipinde %3,07 azalışa sebep olduğu belirlenmiştir. Bakteri uygulamasının bitki boyuna etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Bakteri uygulaması kontrole kıyasla bitki boyunu Falcon çeşidinde %6,42 azaltırken, Tom-29 genotipinde %17,11 artış sağlamıştır. Kuraklık stresi+bakteri uygulamasının bitki boyunu olumsuz etkilediği kuraklık stresine kıyasla Falcon çeşidinde %6,86 azalışa, Tom-29 genotipinde %21,27 azalışa sebep olduğu görülmüştür. Kuraklık stresinde bakteri uygulamasının kuraklık stresinin olumsuz etkisini hafifletmede etkisiz kaldığı belirlenmiştir. Domateste ve biberde bakteri aşılmasının olumlu etki ettiği belirtilmiştir. İki türde de bitki boyunun bakteri aşılmasıyla arttığı belirtilmiştir [40]. Kuraklık stresinde PGPR'ın uygulanmasının bitki büyüme ve gelişimi etkilemede önemli olduğu, fitohormon ve vitamin sentezini arttırdığı, bitki etilen sentezini inhibe ettiği, besin birikimini iyileştirdiği, inorganik fosfatın çözüldürdüğü ve organik fosfatın mineralize edildiği belirtilmiştir. Hücre bölünmesi, hücre genişlemesi ve farklılaşması sonucunda bitkiler genellikle büyür. Bitki büyümesi çeşitli genetik, fizyolojik, ekolojik ve morfolojik süreçleri ve bunların etkileşimlerini içerir [41]. Domateste kuraklık stresinin (alan kapasitesinin %60 ve %40'ı sulamada) bitki boyunu kontrole kıyasla azalttığı belirtilmiştir [25]. Farklı domates genotiplerinde kuraklık stresi uygulanmasında en fazla bitki boyu azalışının %37,121 ile Ahlat, en az azalışın ise %9,348 ile Lice çeşidinde olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Falcon çeşidinde boy azalışının %10,472 olduğu belirtilmiştir [42].

Uygulamalar arasında en düşük bitki çapının kuraklık stresi+bakteri uygulamasında Tom-29 genotipinde

görülmüştür (Tablo 3). Uygulamalar arasında bitki çapı bakımından çeşit ve genotip arasında istatistiksel farkın önemli olmadığı görülmüştür (Tablo 2, 3). Kuraklık stresi altında Falcon domates çeşidinde bitki çapının azaldığı ve bu azalışın kontrole kıyasla %18,21 olduğu, Tom-29 genotipinde ise bu azalışın kontrole kıyasla %5,75 olduğu görülmüştür (Tablo 2). Kuraklık stresi+bakteri uygulamasında Falcon çeşidinde bitki çapında azalış %16,66 iken, Tom-29 genotipinde %17,21 olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Farklı domates genotiplerinde kuraklık stresi uygulanmasında gövde çapı azalışının en fazla %37,35 ile H2274 çeşidinde olduğu, en az azalışın ise %5,394 ile 986 çeşidinde olduğu belirtilmiştir. Falcon çeşidinde çap azalışının %19,963 olduğu belirtilmiştir [42]. Domateste kuraklık stresinin (alan kapasitesinin %60 ve %40'ı sulamada) bitki çapını kontrole kıyasla azalttığı belirtilmiştir [25].

Yaprak sayısı bakımından çeşit ve genotip arasında farklılıkların olduğu ancak bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Yaprak sayısının Falcon çeşidinde kuraklık stresinde azaldığı ve bu azalışın kontrole kıyasla %35,74 olduğu, kuraklık stresinde bakteri uygulamasının yaprak sayısındaki azalışı geriletmediği ve yaprak sayısındaki azalışın %31,97 olduğu belirlenmiştir (Tablo 2, 3). Tom-29 genotipinde yaprak sayısının kuraklık stresinde kontrole kıyasla %16,37 olduğu, bakteri uygulamasıyla bunun %35,67'e çıktığı yani bakteri uygulamasının yaprak sayısındaki azalışı tetiklediği görülmüştür (Tablo 2, 3). Farklı domates genotiplerinde kuraklık stresi uygulanmasının bitki de birçok parametreyi olumsuz etkilediği ve kuraklık stresinde yaprak sayısı bakımından en fazla etkilenen çeşidin Ahlat (%37,26) olduğu, en az etkilenen ise Tokat çeşidi (% 13,33) olduğu bildirilmiştir [42].

Koltuk sayısı Falcon çeşidinde kontrolde 2,83 adet bitki⁻¹ iken, Tom-29 genotipinde 2,33 adet bitki⁻¹ olduğu belirtilmiştir. Kuraklık stresinde Falcon çeşidinin koltuk sayısının 1,83 adet iken Tom-29 genotipinde 1,5 adet bitki⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Bakteri uygulamasında Falcon çeşidinde koltuk sayısı 2,83 adet bitki⁻¹ iken Tom-29 genotipinde 3,17 adet bitki⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Kuraklık stresinde bakteri uygulamasında koltuk sayısı Falcon çeşidinde 1,6 adet bitki⁻¹ olduğu, Tom-29 genotipinde 2,17 adet bitki⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Tom-29 genotipinde koltuk sayısı bakımından bakteri uygulamasının kontrol ve kuraklık stresi koşullarında etkili olduğu belirlenmiştir. Koltuk sayısı bakımından çeşit ve genotip arasında farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür.

Bitki yaş ağırlığının Falcon çeşidinde kuraklık stresinde azaldığı ve bu azalışın kontrole kıyasla %59,21 olduğu, kuraklık stresinde bakteri uygulamasının azalışı az da olsa hafiflettiği ve azalış %57,70'e düştüğü belirlenmiştir (Tablo 2 ve 3). Tom-29 genotipinde bitki yaş ağırlığının kuraklık stresinde azaldığı ve bu azalış kontrole kıyasla %55,92'dir. Tom-29 genotipinde bakteri uygulamasının bitki yaş ağırlığındaki azalışı hafiflettiği ve azalış %50,62 olduğu belirlenmiştir (Tablo 2 ve 3). Bitki yaş ağırlığı bakımından çeşit ve genotip arasında farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı

görülmüştür. Yapılan çalışmada kuraklık stresinde toplam yaş ağırlığının olumsuz etkilendiği, kontrolde toplam yaş ağırlığının 46,96 gr olduğu, alan kapasitesine göre %60 sulama seviyesinde 28,69 gr ve % 40 sulama seviyesinde 18,62 gr olduğu belirtilmiştir. Alan kapasitesine göre %60 sulama seviyesinde bakteri aşılmasının toplam yaş ağırlığı kuraklık stresine kıyasla arttırdığı ve ağırlığın 35,79 gr olduğu, alan kapasitesine göre %40 sulama seviyesinde bakteri aşılmasında ise toplam yaş ağırlığın 30,16 gr olduğu belirtilmiştir [25]. Kuraklık stresi altında kuraklık stresine hassas olan genotiplerde yaş ve kuru ağırlığın tolerant genotiplere kıyasla daha fazla azaldığı belirtilmiştir [43, 44, 45]. Kuraklık stresinde domates (*Solanum lycopersicum* L.) ve biber (*Capsicum annuum* L.)'e *Achromobacter piechaduii* ARV8'in ortama eklenmesinin bitki büyümesi üzerine kuraklık stresinin olumsuz etkisinin 1-aminosiklopropan-1-karboksilik (ACC) deaminaz enzimi sayesinde azaldığı ayrıca kontrole kıyasla bitki yaş ve kuru ağırlığın arttığı bildirilmiştir [46].

Yaprak yaş ağırlığının Falcon çeşidinde kuraklık stresinde azalış gösterdiği ve bu azalışın kontrole kıyasla %59,00 olduğu, kuraklık stresinde bakteri uygulamasında bu azalışın %58,32 olduğu görülmüştür. Tom-29 genotipinde yaprak yaş ağırlığının kuraklık stresinde azaldığı ve bu azalışın kontrole kıyasla %64,72 olduğu, kuraklık stresinde bakteri uygulamasının bu azalışı hafifleterek %51,43'e düşürdüğü görülmüştür. Tom-29 genotipinde bakteri uygulamasında yaprak sayısında azalış görülmesi ile yaprak yaş ağırlığındaki artış arasında ilişki olabileceği düşünülmektedir. Çünkü yaprak sayısının az olması bitkinin bu yapıları daha fazla besleme durumunu oluşturabileceği düşünülmektedir. Kuraklık stresine hassas olan domates genotiplerinin kuraklık stresine tolerant domates genotiplerine ve kontrole kıyasla bitki yaş ve kuru ağırlığının daha düşük olduğu belirtilmiştir [47].

Falcon çeşit ve Tom-29 genotipinde gövde yaş ağırlığı bakımından kuraklık stresindeki istatistiksel farklılık %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 2). Gövde yaş ağırlığı Falcon çeşidinde kontrolde 79,33 g iken, Tom-29 genotipinde 67,67 g olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresinde Falcon çeşidinin gövde yaş ağırlığı 29,67 gr iken, Tom-29 genotipinde 45 gr olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Kuraklık stresi koşullarında bakteri uygulamasının domateste gövde yaş ağırlığına etkisi olduğu görülmüştür. Bakteri uygulamasında gövde yaş ağırlığı Falcon çeşidinde 71,67 gr iken, Tom-29 genotipinde 74,33 gr olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Kuraklık stresi+bakteri uygulamasında gövde yaş ağırlığı Falcon çeşidinde 29,33 gr olduğu, Tom-29 genotipinde 34,67 gr olduğu belirlenmiştir. Falcon çeşidinde gövde yaş ağırlığının kontrole kıyasla kuraklık stresinde %62,60 azaldığı, bakteri uygulamasına kıyasla kuraklık stresi+bakteri uygulamasında ise % 59,08 azaldığı belirlenmiştir (Tablo 2, 3). Gövde yaş ağırlığının kontrole kıyasla kuraklık stresi uygulamasında Tom-29 genotipinde %33,50 azalış gösterdiği, bu azalışın bakteri uygulamasına kıyasla kuraklık stresi+bakteri uygulamasında %53,36 olduğu belirlenmiştir (Tablo 3). Kuraklık stresinde (%60 alan

kapasitesinde sulamada) bakteri uygulamasının kontrole kıyasla domateste sürgün ağırlığını, kök ağırlığını, toplam yaş ağırlığını azalttığı belirtilmiştir. Kuraklık stresinin sürgün ağırlığı, kök ağırlığı, toplam yaş ağırlığı üzerine olumsuz etkisini azaltmada bakteri uygulamasının etkili olduğu belirtilmiştir [25].

Falcon çeşit ve Tom-29 genotipinde, kök yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (Tablo 2, 3). Kök yaş ağırlığı Falcon çeşidinde kontrolde 37,33 gr iken, kuraklık stresinde 22,67 olduğu belirlenmiştir. Tom-29 genotipinde kök yaş ağırlığı kontrolde 31,83 gr, kuraklık stresinde 16,67 gr olduğu belirtilmiştir. Bakteri uygulamasında Falcon çeşidinde kök yaş ağırlığı 26,33 gr iken, kuraklık stresi+bakteri uygulamasında 30 gr olduğu belirlenmiştir. Tom-29 genotipinde kök yaş ağırlığı 31,17 gr iken, kuraklık stresi+bakteri uygulamasında 24 gr olduğu belirlenmiştir. Pirinç bitkisine kurak koşullarda PGPB (Plant Growth-Promoting Bacteria) uygulamasının prolin, glisinbetain gibi ozmolit birikiminin kök büyümesini ve saçak kök oluşumu artışıyla bağlantılı olabileceği belirtilmiştir [48]. Bitkilerde kök gelişiminin bakteriler tarafında üretilen IAA'dan kaynaklanabileceği belirtilmiştir [20]. Kurak koşullarda marul bitkisine yapılan *P. mendocina* uygulamasının kurak koşulların olumsuz etkisini hafiflettiği böylece kök gelişiminin teşvik edildiği belirlenmiştir. Kökteki bu gelişim sayesinde su ve besin alınımında artış sağlanacağı belirtilmiştir [26]. Kuraklık stresinde (%40 alan kapasitesinde sulamada) bakteri uygulamasının domateste kök ağırlığını azalttığı bildirilmiştir [25].

Falcon çeşidinde yaprak alanının kuraklık stresiyile azaldığı, bu azalışın kontrole kıyasla %42,33 olduğu görülmüştür. Bakteri uygulamasının bu azalışı %25,09'a düşürdüğü görülmüştür. Tom-29 genotipinde kuraklık stresinde yaprak alanının azaldığı ve bu azalışın kontrole kıyasla %67,63 olduğu görülmüştür. Kuraklık stresi altında bakteri uygulamasının yaprak alanını kontrole kıyasla %52,90 azalttığı belirlenmiştir. Bakteri uygulamasının yaprak alanını Falcon çeşidinde ve Tom-29 genotipini olumlu etkilediği ve kuraklık stresinin olumsuz etkisini hafiflettiği belirlenmiştir. Yaprak alanı bakımından Falcon çeşit ve Tom-29 genotipi arasında istatistiksel farklılığın önemli olduğu belirlenmiştir. Domateste yaprak alanının kuraklık stresine toleransı belirlemede önemli olduğu belirtilmiştir [49]. Domateste ve biberde bakteri aşılmasının olumlu etki ettiği belirtilmiştir. İki türde de yaprak alanının arttığı belirtilmiştir [40]. Kuraklık stresinin yaprak alanını, gövde uzamasını ve kök artışı azaltabileceğini, bitki su ilişkilerini bozduğunu ve daha sonra bitki büyümesini ve verimini azaltabileceğini belirtmişlerdir [50]. Bezelyede kurak ve sulu koşullarda PGPB uygulamasının kök ve gövde ağırlığının bakteri uygulamasında daha yüksek olduğu, transpirasyon ve yaprak alanı üzerinde de etkili olduğu belirtilmiştir [51].

Kuraklık stresi altında Falcon domates çeşidinde turgor potansiyelinin azaldığı ve bu azalışın kontrole kıyasla %3,04 olduğu, Tom-29 genotipinde ise bu azalışın

kontrole kıyasla %4,70 olduğu görülmüştür. Bakteri uygulamasının kuraklık stresinde Falcon çeşidinde turgor potansiyel azalışı %5,61 iken, Tom-29 genotipinde %3,84 olduğu belirlenmiştir. Bitki turgor potansiyoneli bakımından çeşit ve genotip arasında istatistiksel farkın önemli olduğu görülmüştür. Kontrol ve kuraklık stresinde Azospirillum brasilense aşılamanın bitki su durumunun korunmasına yardımcı olabileceği ozmotik stres koşulları ile sorgum bitkilerinde kök hidrolik iletkenliğinde bir artış olduğu belirtilmiştir [52]. Yaprak su içeriğinin, turgor potansiyelinin ve stomatal iletkenliğin kuraklık stresinde azaldığı belirtilmiştir. Kuraklık stresinde yaprak su içeriğinin azalmasının nedeni su alımının azalmasına ve terlemedeki artışa bağlanmıştır [53]. Kuraklık stresinde bitki büyümesinde azalma, kuraklık stresi altında turgor basıncındaki azalmaya bağlanmıştır. Kuraklık stresinde PGPR uygulamasının yaprak su içeriğini arttırdığı ve bu artış bitki su durumunun korunmasına, stoma direncine, su kullanım verimliliği ve terleme oranını düşürmedeki rolüne bağlandığı bildirilmektedir [54]. Bitkilerde bakteri aşılmasının su stresinde fitohormon üretimini, N fiksasyonunu ve mineral alımını teşvik ettiği bilinmektedir [55, 56]. PGPB inokulasyonu yapılan bitkilerin kurak ve yarı kurak ortamda yetiştiriciliğinde kuraklığa toleransı ve su kullanım etkinliğini arttıracığı belirtilmiştir [57, 58, 59]. Dokulardaki metabolik aktivitede yer aldığı için yaprak su içeriği bitki su durumunun önemli bir göstergesi olarak bilinir. Yaprak su içeriğinde düşüş, hücre genişlemesinin sınırlanmasına ve bitkilerde büyüme azalmasına neden olan turgor kaybının belirtisi olduğu belirtilmiştir [55, 60, 61].

Yaprak su potansiyeli Falcon çeşidinde kontrolde -2,9 MPa iken, Tom-29 genotipinde -2,25 MPa olduğu belirtilmiştir. Kuraklık stresinde Falcon çeşidinin yaprak su potansiyeli -3,85 MPa iken, Tom-29 genotipinde -3,1 olduğu belirlenmiştir. Bakteri uygulamasında Falcon çeşidinde yaprak su potansiyeli -2,95 MPa iken, Tom-29 genotipinde -1,95 MPa olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresinde bakteri uygulamasında yaprak su potansiyeli Falcon çeşidinde -3,8 MPa olduğu, Tom-29 genotipinde -2,05 olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresinin yaprak su potansiyelini olumsuz etkilediği kontrole kıyasla Falcon çeşidinde negatif yönde % 32,76 artış olduğu, Tom-29 genotipinde negatif yönde %37,78 artış olduğu görülmüştür. Kuraklık stresinde bakteri uygulamasında yaprak su potansiyeli olumsuz etkilediği kontrole kıyasla Falcon çeşidinde negatif yönde %28,81 artışa, Tom-29 genotipinde negatif yönde %5,13 artışa sebep olduğu görülmüştür. Yaprak su potansiyeli bakımından çeşit ve genotip arasında istatistiksel farklılığın önemli olduğu görülmüştür. Bitkiler kuraklık stresine maruz kaldıklarında su potansiyelinde değişimler meydana gelir ve bu değişimden dolayı birçok fizyolojik olayın (gövde çapı, yaprak büyümesi, yaprak sayısı ve stomaların açılıp kapanması) doğrudan etkilenebildiği belirtilmektedir [13, 62, 63, 64]. Bitkilerde PGPB uygulamasının kök yüzeylerinde biyofilm tabakası oluşumu sağladığı belirtilmiştir [65]. Ayçiçeği fidelerine kurak koşullarda Falcon çeşidinde kontrol ve bakteri uygulamasında istatistiki değerlendirmeye göre (t testi) yaprak alanı ve SPAD parametresi dışında diğer parametrelerde fark

PGPB uygulamasının köklerde biyofilm tabakası oluşturduğu rapor edilmiştir [66]. Bu sayede organik karbon kaynaklarının düzenlenmesi ve su tutma kapasitesinin artmasıyla su stresine karşı savunma sağlandığı belirtilmiştir [67]. Bitki hücrelerindeki bölünme ve büyüme kuraklık stresinde olumsuz etkilenmekte ve azalmaktadır. Bu azalma büyüme hızında düşüş ve yaprak su potansiyelinde azalışa sebep olmaktadır [45, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74]. Su stresi çalışmasında, su stresine tolerant çeşitlerin yaprak su içeriğinin yüksek çıktığı belirtilmiştir [72]. Kontrolde yaprak su içeriğinin %88,4 olduğu, alan kapasitesine göre %60 sulama seviyesinde %70,6 ve %40 sulama seviyesinde %66,8 olduğu belirtilmiştir. Alan kapasitesine göre %60 sulama seviyesinde bakteri aşılmasının yaprak su içeriğini kuraklık stresine kıyasla %76,9 arttırdığı, alan kapasitesine göre %40 sulama seviyesinde bakteri aşılmasında ise %72,8 artış olduğu belirtilmiştir [25]. Kuraklık stresinde domates çeşitlerinde yaprak oransal su içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Falcon çeşidinde yaprak oransal su içeriği azalışı %19,79 olduğu belirtilmiştir [42]. Kuraklık stresine hassas olan domates genotiplerinin kuraklık stresine toleran domates genotiplerine ve kontrole kıyasla yaprak su potansiyelinin daha düşük olduğu belirtilmiştir [47].

SPAD değerinin Falcon çeşidinde kuraklık stresinde arttığı ve bu artışın kontrole kıyasla %13,32 olduğu, bakteri uygulamasının yüzde artışı azalttığı ve %0,92 olduğu görülmüştür. Tom-29 genotipinde SPAD değerinin kuraklık stresinde arttığı ve bu artışın kontrole kıyasla %7,11 olduğu görülmüştür. Tom-29 genotipinde bakteri uygulamasının bitki SPAD değerindeki artışı tetiklediği ve artışın %9,09 olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresinin kloroplastı olumsuz etkilediği ve bu olumsuz etkiyi hafifletmede bakteri aşılmasının etkili olduğu belirtilmiştir [75]. Fotosentez, yüksek bitkilerde meydana gelen ve doğrudan bitki biyokütle üretimiyle bağlantılı önemli bir fiziko-kimyasal süreçtir ve kuraklık stresine karşı çok hassastır [75, 76]. Kuraklık stresinin bitkilerde genellikle fotosentezde azalmaya neden olduğu ve fotosentetik özelliklerini doğrudan etkilediği bunun da fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkilediği belirtilmiştir. Su stresinde fotosentetik parametrelerdeki düşüş, fotosentetik etkinliğin su stresinden güçlü bir şekilde etkilendiğinin göstergesi olabileceği belirtilmiştir. Kuraklık stresinin stomalarda yaptığı değişimlerden dolayı fotosentezi baskıladığı belirtilmiştir [75, 77]. Kuraklık stresi koşullarında stoma iletkenliğini ve terlemeyi azaltırken su kaybını azaltmak için stomalarını kapatırlar. Böylece, fotosentez stoma ile sınırlı kalmaktadır [75, 78, 79]. Kuraklık stresine hassas olan domates genotiplerinin kuraklık stresine toleran domates genotiplerine ve kontrole kıyasla klorofil içeriğinin daha düşük olduğu belirtilmiştir [47].

Ayrıca çalışmamızda uygulamalar arasında istatistiki t testi de yapılarak farklar ortaya konmuştur (Tablo 4, 5).

tespit edilmemiştir. Aynı şekilde Tom-29 genotipinde de yaprak alanı parametresi dışında diğer parametrelerde fark tespit edilmemiştir (Tablo 4). Falcon çeşidinde

kuraklık stresi ve kuraklık stresi+bakteri uygulamasında kök ağırlığında ve yaprak alanında istatistiki değerlendirmeye göre (t testi) fark tespit edilirken, diğer parametrelerde istatistiki değerlendirmeye göre (t testi) farkın önemli olmadığı görülmüştür. Tom-29

genotipinde ise yaprak su potansiyelinde istatistiki değerlendirmeye göre (t testi) fark önemli iken, diğer parametrelerde istatistiki değerlendirmeye göre (t testi) farkın önemli olmadığı belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 2. Domates çeşit ve genotipinde % 100 tam sulama yapılan kontrol ve % 50 su stresi uygulama koşullarında bitki büyüme parametrelerine ve fizyolojik parametrelere etkisi

İncelenen parametreler	Falcon			Tom-29			LSD Kontrol uygulaması	LSD Kuraklık stresi uygulaması
	Kontrol uygulaması	Kuraklık stresi uygulaması	Kontrolle göre % değişim	Kontrol uygulaması	Kuraklık uygulama stresi	Kontrolle göre % değişim		
Bitki boyu (cm)	85,67	55,83 ^b	-34,83	76	73,67 ^a	-3,07	42,96	12,51*
Bitki çapı (mm)	9,61	7,86	-18,21	8,35	7,87	-5,75	1,94	0,91
Bitki yaş ağırlığı (g)	226,33	92,33	-59,21	225,33	99,33	-55,92	64,47	18,81
Gövde yaş ağırlığı (g)	79,33	29,67 ^b	-62,60	67,67	45 ^a	-33,50	36,89	9,26**
Yaprak yaş ağırlığı (g)	146,33	60	-59,00	154	54,33	-64,72	31,81	16,28
Yaprak sayısı (adet bitki ⁻¹)	22,83	14,67	-35,74	18,33	15,33	-16,37	5,5	3,16
Koltuk sayısı (adet bitki ⁻¹)	2,83	1,83	-35,34	2,33	1,5	-35,62	1,59	0,542
Kök ağırlığı (g)	37,33	22,67	-39,27	31,83	19,67	-38,20	13,6	10,52
Yaprak alanı (cm ² bitki ⁻¹)	2325,07	1341 ^a	-42,33	2922,4	946 ^b	-67,63	523,95	30,22*
Turgor (%)	84,99	82,41	-3,04	86,78	82,7	-4,70	26,37	14,77
Yaprak su potansiyeli (MPa)	-2,9 ^b	-3,85 ^b	32,76	-2,25 ^a	-3,1 ^a	37,78	0,54*	0,66*
SPAD	45,43	51,48	13,32	51,65	55,32	7,11	6,45	9,12

* ; P < 0.05, ** ; P < 0.01, *** ; P < 0.001, LSD; Asgari önemli fark, Ö.D; Önemli değil

Tablo 3. Domates çeşit ve genotipinde % 50 su stresi uygulaması ve bakteri uygulamasının bitki büyüme parametrelerine ve fizyolojik parametrelere etkisi

İncelenen parametreler	Falcon			Tom-29			LSD Bakteri uygulaması	LSD Kuraklık stresi +Bakteri uygulaması
	Bakteri uygulaması	Kuraklık stresi+Bakteri uygulaması	Kontrolle göre % değişim	Bakteri uygulaması	Kuraklık stresi+Bakteri uygulaması	Kontrolle göre % değişim		
Bitki boyu (cm)	80,17	52	-35,14	89	58	-34,83	24,75	20,51
Bitki çapı (mm)	10,09	8,41	-16,66	8,975	7,43	-17,21	1,39	1,9
Bitki yaş ağırlığı (g)	214,33	90,33	-57,70	214,67	106	-50,62	42,3	20,71
Gövde yaş ağırlığı (g)	71,67	29,33	-59,08	74,33	34,67	-53,36	28,77	11,32
Yaprak yaş ağırlığı (g)	142,33	59,33	-58,32	140,67	68,33	-51,43	24,99	12,99
Yaprak sayısı (adet bitki ⁻¹)	20,33	13,83	-31,97	21,5	13,83	-35,67	6,24	3,87
Koltuk sayısı (adet bitki ⁻¹)	2,83	1,67	-40,99	3,17	2,17	-31,55	2,06	1,1
Kök ağırlığı (g)	26,33	30	13,92	31,5	24	-23,81	19,06	8,07
Yaprak alanı (cm ² bitki ⁻¹)	3397,44 ^a	2545,13 ^a	-25,09	2399,77 ^b	1130,21 ^b	-52,90	587,66**	313,59***
Turgor (%)	85,86	81,04 ^b	-5,61	86,4	83,08 ^a	-3,84	10,31	5,27*
Yaprak su potansiyeli (MPa)	-2,95 ^a	-3,8 ^b	28,81	-1,95 ^a	-2,05 ^b	5,13	0,800*	0,84**
SPAD	50,78	51,25	0,92	51,9	56,62	9,09	8,081	5,84

* ; P < 0.05, ** ; P < 0.01, *** ; P < 0.001, LSD; Asgari önemli fark, Ö.D; Önemli değil

Tablo 4. Domates çeşit ve genotipinde % 100 tam sulama yapılan kontrol uygulaması ve bakteri uygulamasının bitki büyüme parametrelerine ve fizyolojik parametrelere etkisi

İncelenen parametreler	Falcon				Tom-29			
	Kontrol uygulaması	Bakteri uygulaması	Kontrolle göre % değişim	t-testi	Kontrol uygulaması	Bakteri uygulaması	Kontrolle göre % değişim	t-testi
Bitki boyu (cm)	85,67	80,17	-6,42	0.5177 ö.d	76	89	17,11	0.4285 ö.d
Bitki çapı (mm)	9,61	10,092	5,01	0.4269 ö.d	8,35	8,975	7,49	0.4741 ö.d
Bitki yaş ağırlığı (g)	226,33	214,33	-5,30	0.6512 ö.d	225,33	214,67	-4,73	0.4587 ö.d
Gövde yaş ağırlığı (g)	79,33	71,67	-9,66	0.5270 ö.d	67,67	74,33	9,84	0.5950 ö.d
Yaprak yaş ağırlığı (g)	146,33	142,33	-2,73	0.7994 ö.d	154	140,67	-8,66	0.2253 ö.d
Yaprak sayısı (adet bitki ⁻¹)	22,83	20,33	-10,95	0.1360 ö.d	18,33	21,5	17,29	0.2277 ö.d
Koltuk sayısı (adet bitki ⁻¹)	2,83	2,83	0,00	1.00 ö.d	2,33	3,17	36,05	0.3411 ö.d
Kök ağırlığı (g)	37,33	26,33	-29,46	0.0756 ö.d	31,83	31,5	-1,04	0.9420 ö.d
Yaprak alanı (cm ² bitki ⁻¹)	2325,07	3397,44	46,12	0.0167*	2922,4	2399,77	-17,88	0.0282*
Turgor (%)	84,99	85,86	1,02	0.8934 ö.d	82,7	83,085	0,47	0.9514 ö.d
Yaprak su potansiyeli (MPa)	-2,9	-2,95	1,72	0.8361 ö.d	-2,25	-2,05	-8,89	0.0917 ö.d
SPAD	45,43	50,783	11,78	0.0234*	51,65	51,9	0,48	0.9368 ö.d

* ; P < 0.05, ** ; P < 0.01, *** ; P < 0.01, LSD; Asgari önemli fark, Ö.D; Önemli değil

Tablo 5. Domates çeşit ve genotipinde % 50 su stresi uygulama koşullarında ve bakteri uygulamasının bitki büyüme parametrelerine ve fizyolojik parametrelere etkisi

İncelenen parametreler	Falcon				Tom-29			
	Kuraklık stresi uygulaması	Kuraklık stresi uygulaması+Bakteri uygulaması	Kuraklık stresine göre % değişim	t-testi	Kuraklık stresi uygulaması	Bakteri uygulaması	Kuraklık stresine göre % değişim	t-testi
Bitki boyu (cm)	55,83	52	-6,86	0.5295 ö.d	73,67	58	-21,27	0.2012 ö.d
Bitki çapı (mm)	7,86	8,41	7,00	0.1617 ö.d	7,87	7,43	-5,59	0.2999 ö.d
Bitki yaş ağırlığı (g)	92,33	9,33	-89,89	0.7676 ö.d	99,33	106	6,71	0.4961 ö.d
Gövde yaş ağırlığı (g)	29,67	29,33	-1,15	0.9190 ö.d	45	34,67	-22,96	0.1216 ö.d
Yaprak yaş ağırlığı (g)	60	59,33	-1,12	0.8748 ö.d	54,33	68,33	25,77	0.0979 ö.d
Yaprak sayısı (adet bitki ⁻¹)	14,67	13,83	-5,73	0.5343 ö.d	15,33	13,83	-9,78	0.0913 ö.d
Koltuk sayısı (adet bitki ⁻¹)	1,83	1,67	-8,74	0.6109 ö.d	1,5	2,17	44,67	0.1019 ö.d
Kök ağırlığı (g)	22,67	30	32,33	0.0197*	19,67	24	22,01	0.3724 ö.d
Yaprak alanı (cm ² bitki ⁻¹)	1340,9742	2545,13	89,80	0.0003**	945,9067	1130,21	19,48	0.1780 ö.d
Turgor (%)	82,41	81,04	-1,66	0.7079 ö.d	86,78	86,4	-0,44	0.8232 ö.d
Yaprak su potansiyeli (MPa)	-3,85	-3,8	-1,30	0.7177 ö.d	-3,1	-1,95	-37,10	0.0090**
SPAD	51,48	51,25	-0,45	0.8819 ö.d	55,32	56,62	2,35	0.6810 ö.d

* ; P < 0.05, ** ; P < 0.01, *** ; P < 0.01, LSD; Asgari önemli fark, Ö.D; Önemli değil

4. SONUÇ

Bakteri uygulamasının Falcon çeşidinde ve Tom-29 genotipinde bazı parametreler üzerine kontrol ve stres koşullarında olumlu etki yaparken bazı parametrelerde

azalışa neden olduğu görülmüştür. Kontrol koşullarında Falcon çeşidinde bakteri uygulanmasının bitki uzunluğunu, bitki çapını, bitki yaş ağırlığını, gövde yaş ağırlığını, yaprak yaş ağırlığını, kök yaş ağırlığını ve yaprak sayısını düşürdüğü, yaprak alanını, turgor

potansiyelini ve SPAD değerini arttırdığı belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında Falcon çeşidine bakteri uygulanmasının bitki çapı, kök yaş ağırlığı ve yaprak alanı parametrelerini olumlu etkilediği, kuraklık stresinin bu parametrelere olan olumsuz etkisini azalttığı belirlenmiştir. Kontrol koşullarında Tom-29 genotipinde bakteri uygulanmasının bitki boyu, bitki çapı, gövde yaş ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak su potansiyeli ve SPAD değerinde artış sağladığı diğer parametrelerde ise azalışa neden olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında Tom-29 genotipine bakteri uygulamasının bitki yaş ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, yaprak alanı, yaprak su potansiyeli, turgor ve SPAD değerinde artış sağladığı kuraklık stresinin bu parametrelere olan olumsuz etkisini bakteri uygulamasının azalttığı görülmüştür. Kontrol koşullarında Tom-29 genotipinde bakteri uygulamasının bitki boyu, bitki çapı, gövde yaş ağırlığı, yaprak sayısı, turgor potansiyeli, yaprak su potansiyeli ve SPAD değerini arttırdığı görülmüştür. Yapılan bu çalışma ile bakteri uygulamasının kuraklık stresinin olumsuz etkisini azaltmada kullanılabilme olanaklarının daha ayrıntılı araştırılması, farklı bakteri türlerinin, domates çeşit ve genotiplerinin denenmesinin daha sonraki yapılacak çalışmalar için faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Cui J, Shao G, Lu J, Keabetswe L, Hoogenboom G. Yield, quality and drought sensitivity of tomato to water deficit during different growth stages. *Sci. agric.* 2020;7(2):e20180390.
- [2] Nangare DD, Singh Y, Kumar PS, Minhas PS. Growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological basis. *Agric Water Manag.* 2016;171:73-79.
- [3] Shi J, LeMaguer M. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Crit. Rev. Food Sci. Technol.* 2000;40(1):1-42.
- [4] Dere S, Daşgan HY. Effect of waterlogging on three different tomato genotypes. 2th International Mersin symposium, 2019. Mersin;2003.p.145-158.
- [5] Shao GC, Deng S, Liu, N, Wang MH, She, DL. Fruit quality and yield of tomato as influenced by rain shelters and deficit irrigation. *J Agr Sci Tech-Iran.* 2015;17:691-704.
- [6] Shao HB, Chu LY, Jaleel CA, Manivannan P, Panneerselvam R, Shao MA. Understanding water deficit stress-induced changes in the basic metabolism of higher plants-biotechnologically and sustainably improving agriculture and the ecoenvironment in arid regions of the globe. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2009;29(2):131-151.
- [7] Anjum SA, Wang LC, Farooq M, Hussain M, Xue LL, Zou CM. Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. *J Agron and Crop Sci.* 2011a;97(3):177-185.
- [8] Topcu S, Kirda C, Dasgan Y, Kaman H, Cetin M, Yazici A, Bacon MA. Yield response and N-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *Eur J Agron.* 2007;26(1):64-70.
- [9] Anjum SA, Xie XY, Wang LC, Saleem MF, Man C, Lei W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *Afr. J. Agric. Res.* 2011b;6(9):2026-2032.
- [10] Saba J, Moghaddam M, Ghassemi K, Nishabouri MR. Genetic properties of drought resistance indices. *J Agr Sci Tech-Iran.* 2001;3(1): 43-49.
- [11] Villalobos MA, Bartels D, Iturryinga G. Stress tolerance and glucose insensitive phenotypes in Arabidopsis overexpressing the CpMYB10 transcription factor gene. *J Plant Physiol.* 2004;135(1):309-324.
- [12] Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 2009;29:185-212.
- [13] Asraf M, Foolad MR. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.* 2007;59(2):206-216.
- [14] Nam M. Patates çeşitlerinin yüksek sıcaklık stresine toleranslarının büyüme ve verim parametreleri ile hücre zarı stabilitesi yöntemine göre 52 belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Hatay: Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2010.
- [15] Amira MS, Qados A. Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* L. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2011;10:7-15.
- [16] Ors S, Ekinci M. Kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim.* 2015;32(2);237-250.
- [17] Li Y, Li H, Li Y, Zhang S. Improving water-use efficiency by decreasing stomatal conductance and transpiration rate to maintain higher ear photosynthetic rate in drought-resistant wheat. *Crop J.* 2017;5(3):231-239.
- [18] Marasco R, Rolli E, Ettoumi B, Vigani G, Mapelli F, Borin S, Zocchi G. A drought resistance-promoting microbiome is selected by root system under desert farming. *Plos.* 2012;7(10):e48479.
- [19] Marulanda A, Azcón R, Chaumont F, Ruiz-Lozano JM, Aroca R. Regulation of plasma membrane aquaporins by inoculation with a *Bacillus megaterium* strain in maize (*Zea mays* L.) plants under unstressed and salt-stressed conditions. *Planta.* 2010;232(2):533-543.
- [20] Marulanda A, Barea JM, Azcón R. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *J Plant Growth Regul.* 2009;28(2):115-124.
- [21] Weller DM, Thomashow LS. Current challenges in introducing beneficial microorganisms into the rhizosphere. In: o0 gara f, dowling d, boesten n (eds) molecular ecology of rhizosphere microorganisms biotech and release of GMOs. New York:Wiley Digital Archives; 1994. p. 1-18.
- [22] Glick BR. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can J Microbiol.* 1995;41(2):109-117.

- [23] Probanza A, Lucas JA, Acero N, Gutierrez-Manñero FS. (1996). The influence of native Rhizobacteria on European alder (*Alnus glutinosa* (L.) (Gaerth)) growth. *Plant Soil*. 1996;164:213–219.
- [24] Forchetti G, Masciarelli O, Alemano S, Alvarez D, Abdala G. Endophytic bacteria improve seedling growth of sunflower under water stress, produce salicylic acid, and inhibit growth of pathogenic fungi. *Curr Microbiol*. 2010;61(6):485–493.
- [25] Ullah U, Ashraf M, Shahzad SM, Siddiqui AR, Piracha MA, Suleman M. Growth behavior of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under drought stress in the presence of silicon and plant growth promoting rhizobacteria. *Soil Environ*. 2016;35(1):65–75.
- [26] Kohler J, Hernández JA, Fuensanta Caravaca F, Roldán A. Plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in waterstressed plants. *FPB*. 2008;35(2):141-151.
- [27] Casanovas E, Barassi C, Sueldo R. Azospirillum inoculation mitigates water stress effect in maize seedlings. *Cereal Res Comm*. 2002;30:343–350.
- [28] Creus CM, Sueldo RJ, Barassi CA. Water relations and yield in Azospirillum-inoculated wheat exposed to drought in the field. *Can J Bot*. 2004;82(2):273–281.
- [29] Schröder FG, Lieth JH. Irrigation control in hydroponics. In: Savvas D, Passam P (Eds) hydroponic production of vegetables and ornamentals. Greece: Embryo Publications;2002.p. 263-269.
- [30] Dere S, Coban A, Akhoundnejad Y, Ozsoy S, Daşgan HY. Use of mycorrhiza to reduce mineral fertilizers in soilless melon (*Cucumis melo* L.) cultivation. *Not Bot Horti Agrobo*. 2019;47(4):1331-1336.
- [31] Yılmaz, M. Topraksız biber yetiştiriciliğinde mikoriza ve bakteri biyogübreleri kullanılarak mineral gübrelerin azaltılması [yüksek lisans tezi]. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü; 2020.
- [32] Altuntaş O, Daşgan HY, Akhoundnejad Y, Kutsal IK. Does Silicon Increase The Tolerance Of A Sensitive Pepper Genotype To Salt Stress?. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*. 2020;19(2):87-96.
- [33] Yasemin S, Köksal N, Özkaya A, Yener M. Growth and physiological responses of 'Chrysanthemum paludosum' under salinity stress. *J. Biol. Environ. Sci*. 2017;11(32):59-66.
- [34] Dere S. Domateste besin özellikleri ve kalitenin kuraklığa dayanıklılıkla artırılması [doktora tezi]. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2019.
- [35] Akhoundnejad Y, Daşgan HY. Effect of different irrigation levels on physiological performance of some drought tolerant melon (*Cucumis melo* L.) genotypes. *App Eco Environ Res*. 2019;17(4):9997-10012.
- [36] Daşgan HY, Kuşvuran Ş, Abak K, Sarı N. Screening and saving of local vegege tarımsal araştırma enstitüsübles for their resistance todrought and salinity. UNDP Project Final Report;2010.
- [37] Sanchez FJ, Andres EF, Tenorio JL, Ayerbe L. 2004. Growth of Epicotyls, Turgor Maintenance and Osmotic Adjustment in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) Subjectedto Water Stres. *Field Crops Res*. 2004;86(1):81-90.
- [38] Türkan İ, Bor M, Özdemir F, Koca H. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought- sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. *Plant Sci*. 2005;168(1): 223-231.
- [39] Jump. Version 7.0, Statistical software, 2007.
- [40] Lucas García JA, Probanza A, Ramos B, Ruiz Palomino M, Gutiérrez Mañero FJ. Effect of inoculation of *Bacillus licheniformis* on tomato and pepper. *Agronomie*. 2004;24(4):169–176.
- [41] Lucy M, Reed E, Glick BR. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Anton Leeuw Int J G*. 2004;86(1):1-25.
- [42] Alp Y, Kabay T. Kuraklık stresinin yerli ve ticari domates çeşitlerinde bazı fizyolojik parametreler üzerine etkileri. *YYÜ Tar Bil Derg*. 2017;22 (2):86-96.
- [43] Leskovar DI, Cantliffe DJ (1992). Pepper seedling growth response to drought stress and exogenous abscisic acid. *J Am Soc Hortc Sci*. 1992;117(3):389-393.
- [44] Khan SH, Khan A, Litaf U, Shah AS, Khan MA. Effect of drought stress on tomato cv. Bombino. *J Food Process Technol*. 2015;6(7):1-6.
- [45] Zhou R, Yu X, Ottosen CO, Rosenqvist E, Zhao L, Wang Y, Wu Z. Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress. *BMC Plant Biol*. 2017;17(1):24.
- [46] Mayak S, Tirosh T, Glick BR. Plant Growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and pepper. *Plant Science*. 2004;166(2):525-530.
- [47] Kıran S, Özkay F, Kuşvuran Ş, Ellialtıoğlu ŞŞ. Tuz stresine tolerans seviyesi farklı domates genotiplerinin kuraklık stresi koşullarında bazı özelliklerinde meydana gelen değişimler. *Jafag*.2014;31(3):41-48.
- [48] Yuwono T, Handayani D, Soedarsono J. The role of osmotolerant rhizobacteria in rice growth different drought conditions. *Aust J Agric Res*. 2005;56(7):715-721.
- [49] Kıran S, Kuşvuran Ş, Özkay F, Ellialtıoğlu ŞŞ. Domates, patlıcan ve kavun genotiplerinin kuraklığa dayanım durumlarını belirlemeye yönelik olarak incelenen özellikler arasındaki ilişkiler. *Nevşehir bilim teknol. derg*. 2015;4(2):9-9.
- [50] Earl H, Davis, R.F. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agron. J*. 2003;95(3):688-696.
- [51] Dodd IC, Belimov AA, Sobeih WY, Safronova VI, Grierson D, Davies WJ. Will modifying plant ethylene status improve plant productivity in water-limited environments?. 4th international crop

- science congress; 2004. Australia: Australian Society of Agronomy Inc; 2004. p. 510.
- [52] Sarig S, Okon Y, Blum A. Effect of *Azospirillum brasilense* inoculation on growth dynamics and hydraulic conductivity of Shorgum bicolor roots. *J. Plant Nutr.* 1992;15:805-819.
- [53] Egilla JN, Davies Jr FT, Boutton TW. Drought stress influences leaf water content, photosynthesis, and water-use efficiency of *Hibiscus rosa-sinensis* at three potassium concentrations. *Photosynthetica.* 2005;43:135-140.
- [54] Taiz L, Zeiger E. *Bitki fizyolojisi.* Ankara: Palme Yayıncılık; 2006.
- [55] Castillo P, Escalante M, Gallardo M, Alemano S, Abdala G. Effects of bacterial single inoculation and co-inoculation on growth and phytohormone production of sunflower seedlings under water stress. *Acta Physiol Plant.* 2013;35:2299-2309.
- [56] Dodd IC, Pe'rez-Alfocea F. Microbial amelioration of crops salinity stress. *J Exp Bot.* 2012;63:3415-3428.
- [57] Heidari M, Golpayegani A. Effects of water stress and inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on antioxidant status and photosynthetic pigments in basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 2012;11(1):57-61.
- [58] Gururani MA, Upadhyaya CP, Baskar V, Venkatesh J, Nookaraju A, Park SW. Plant growth-promoting rhizobacteria enhance abiotic stress tolerance in *Solanum tuberosum* through inducing changes in the expression of ROS scavenging enzymes and improved photosynthetic performance. *J. Plant Growth Regul.* 2013;32:245-258.
- [59] Marcinska I, Czyczyło-Mysza I, Skrzypek E, Filek M, Grzesiak S, Grzesiak MT, Janowiak F, Hura T, Dziurka M, Dziurka K, Nowakowska A, Quarrie SA. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in droughtsusceptible and drought-resistant wheat genotypes. *Acta Physiol. Plant.* 2013;35(2):451-461.
- [60] Ashraf M. Inducing drought tolerance in plants: some recent advances. *Biotechnol Adv.* 2010;28:169-183.
- [61] Lu GH, Ren DL, Wang XQ, Wu JK, Zhao MS. Evaluation on drought tolerance of maize hybrids in China. *J. Maize Sci.* 2010;3:20-24.
- [62] Blum K, Lohmann B, Taute E. Angular distribution and polarisation of Auger electrons. *J. Phys. B: At. Mol. Phys.* 1986;19(22):3815.
- [63] Özer H, Karadoğan T, Oral E. Bitkilerde su stresi ve dayanıklılık mekanizması. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 1997;28(3):488-495.
- [64] Güneri Bağcı E. Nohut çeşitlerinde kuraklığa bağlı oksidatif stresin fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerle belirlenmesi [doktora tezi]. Ankara: Ankara üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi; 2010.
- [65] Potts M. Desiccation tolerance of prokaryotes. *Microbi Rev.* 1994;58:755-805.
- [66] Sandhya V, Ali Sk Z, Grover M, Reddy G, Venkateswarlu B. Alleviation of drought stress effects in sunflower seedlings by the exopolysaccharides producing *pseudomonas putida* strain GAP-P45. *Biol Fertil Soils.* 2009;46(1):17-26.
- [67] Chenu C, Roberson EB. Diffusion of glucose in microbial extracellular polysaccharide as affected by water potential. *Soil Biol. Biochem.* 1996;28(7):877-884.
- [68] Lawlor DW, Cornic D. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ.* 2002;25(2):275-294.
- [69] Capell T, Bassie L, Christou P. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. *Pnas.* 2004;101(26):9909-9914.
- [70] Altunlu H. Aşılamanın domateste kuraklık stresine etkileri [doktora tezi]. İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2011.
- [71] Çakmakçı R. Stres kosullarında ACC deaminaze üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 2009;40(1):109-125.
- [72] Sanchez-Rodriguez E, Rubio-Wilhelmi M, Cervilla LM, Blasco B, Rios JJ, Rosales MA, Ruiz JM. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. *Plant Science.* 2010;178(1):30-40.
- [73] Mohawesh O. Utilizing deficit irrigation to enhance growth performance and water-use efficiency of eggplant in arid environments. *J Agr Sci Tech-Iran.* 2016;18(1):265-276.
- [74] Visentin I, Vitali M, Ferrero M, Zhang Y, Ruyter-Spira C, Novák O, Cardinale F. Low levels of strigolactones in roots as a component of the systemic signal of drought stress in tomato. *New Phytol.* 2016;212(4):954-963.
- [75] Zhanga, W., Xiea, Z., Zhanga, X., Langc, D., Zhang, X., 2019. Growth-promoting bacteria alleviates drought stress of *G. uralensis* through improving photosynthesis characteristics and water status. *J Plant Interact.* 2019;14(1):580-589.
- [76] Yang PM, Huang QC, Qin GY, Zhao SP, Zhou JG. Different drought-stress responses in photosynthesis and reactive oxygen metabolism between autotetraploid and diploid rice. *Photosynthetica.* 2014;52(2):193-202.
- [77] Zhang L, Zhang L, Sun J, Zhang Z, Ren H, Sui X. Rubisco gene expression and photosynthetic characteristics of cucumber seedlings in response to water deficit. *Sci Hortic.* 2013;161:81-87.
- [78] De Mezer M, Turska-Taraska A, Kaczmarek Z, Glowacka K, Swarcewicz B, Rorat T. Differential physiological and molecular response of barley genotypes to water deficit. *Plant Physio Biochem.* 2014;80:234-248.
- [79] Flexas J, Medrano H. Drought inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Ann Bot.* 2002;89(2):183-189.