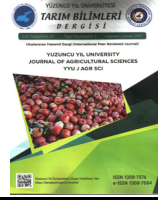




Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Tarım Bilimleri Dergisi
(YYU Journal of Agricultural Sciences)



<https://dergipark.org.tr/pub/yyutbd>

Araştırma Makalesi (Research Article)

Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteri Uygulamalarının Kuraklık Stresi Koşullarında Yetiştirilen Aynısafa (*Calendula officinalis* L.) Bitkisinin Bazı Büyüme Parametreleri ile Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

Ezelhan ŞELEM^{*1}, Lütfi NOHUTÇU², Rüveyde TUNÇTÜRK³, Murat TUNÇTÜRK⁴

^{1,2,3,4}Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 65100, Van, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0003-4227-5013> ²<https://orcid.org/0000-0003-2250-2645> ³<https://orcid.org/0000-0002-3759-8232>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-7995-0599>

*Sorumlu yazar e-posta: ezelhansalem@hotmail.com

Makale Bilgileri

Geliş: 20.04.2021
Kabul: 03.09.2021
Online Yayınlanma: 15.12.2021
DOI: 10.29133/yyutbd.922874

Anahtar Kelimeler

Fizyolojik değişim,
Kuraklık stresi,
PGPR,
Stoma,
Tıbbi bitki

Öz: Tıbbi özellikteki bitkiler arasında önemli bir yeri olan *Calendula officinalis* L. bitkisi farmakoloji, gıda, süs bitkisi ve kozmetik endüstrisinde değerlendirilmektedir. Son dönemlerde yapılan çalışmalarda aynısafa bitkisinin kullanım alanlarının gittikçe yaygınlaştığı fakat yaygın kullanımına rağmen ticari olarak üretiminin oldukça sınırlı olduğu bilinmektedir. Tarımsal üretimde önemli bir abiyotik stres faktörü olan kuraklık stresine karşın verim ve kalitede düşüşleri en aza indirmek amacıyla BGUB (bitki gelişimini uyarıcı kök bakterileri) uygulamaları ön plana çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada, BGUB (B₀: Bakterisiz ortam (kontrol), B₁: *Azospirillum lipoferum*, B₂: *Bacillus megaterium*, B₃: *Chlorella saccharophila*) uygulamalarının, kuraklık stresi koşullarında (normal sulama (K₁), ½ azaltılmış (K₂) ve ¾ azaltılmış (K₃)) yetiştirilen *C. officinalis* bitkisinin bazı büyüme parametreleri ile fizyolojik değişimleri üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma 8/16 saatlik karanlık/aydınlık fotoperiyotta, 25 °C sıcaklık ve % 65 neme sahip olan kontrollü şartlardaki iklim odasında yürütülmüştür. Tohumlar 28.05.2020 tarihinde ekilmiş olup tesadüf parselleri deneme deseninde ve 3x4 faktöriyel düzende varyans analizine tabi tutulmuştur. Çalışmada, BGUB (B₀: Bakterisiz ortam (kontrol), B₁: *Azospirillum lipoferum*, B₂: *Bacillus megaterium*, B₃: *Chlorella saccharophila*) uygulamalarının, kuraklık stresi koşullarında (normal sulama (K₁), ½ azaltılmış (K₂) ve ¾ azaltılmış (K₃)) yetiştirilen *C. officinalis* bitkisinin bazı büyüme parametreleri ile fizyolojik değişimleri üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. İncelenen parametreler göz önüne alındığında kuraklık uygulamalarının gövde uzunluğu (K₁: 11.1 cm), kök yaş (K₁: 1.06 g) ve kuru (K₁: 0.17 g) ağırlığı, gövde yaş ağırlığı (K₁: 7.26 g), yaprak alanı (K₁: 7.81 cm²) ve sıcaklığı (K₃: 27.7 °C), epidermal hücre sayısı (K₁: 593.16 adet/mm²) ve stoma özelliklerinin tamamı istatistiksel olarak önemli görülmüştür. Bakteri uygulamalarında istatistiksel olarak gövde uzunluğu (B₁: 11.0 cm), kök yaş (B₁: 0.89 g) ağırlığı, gövde yaş (B₁: 6.09 g) ağırlığı, epidermal hücre sayısı (B₁: 672.88 adet/mm²), stoma boyu (B₁: 32.71 µ), ve yoğunluğunun (B₁: 11.06 adet/mm²) önemli olduğu belirlenmiştir.

The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria Applications on Some Growth Parameters and Physiological Properties of Marigold (*Calendula officinalis* L.) Plant Grown under Drought Stress Conditions

Article Info

Received: 20.04.2021
Accepted: 03.09.2021
Online Published: 15.12.2021
DOI:10.29133/yyutbd.922874

Keywords

Physiological change,
Drought stress,
PGPR,
Stoma,
Medicinal plant.

Abstract: *Calendula officinalis* L. species, which has an important place among medicinal plants, is used in the pharmacology, food, ornamental plant, and cosmetics industry. In recent studies, It is known that the usage areas of marigold have become increasingly widespread, but despite this widespread use, the species is quite limited of commercial production. Against drought stress, which is an important abiotic stress factor in agricultural production, BGUB (plant growth-promoting rhizobacteria) applications have come to the fore in order to minimize the decrease in yield and quality. In this study, it is aimed to determine the effects of PGPR (B₀: Bacteria-free environment (control), B₁: *Azospirillum lipoferum*, B₂: *Bacillus megaterium*, B₃: *Chlorella saccharophila*) applications on some growth parameters and physiological changes of *C. officinalis* plant grown under drought stress (normal irrigation (K₁), reduced ½ (K₂) ve reduced ¾ (K₃)) conditions. The study was carried out in a controlled climate room with a temperature of 25°C and a humidity of 65% in a dark/light photoperiod of 8/16 hours. Seeds were sown on 28.05.2020 and were subjected to analysis of variance in randomized plot design and 3x4 factorial design. In this study, it is aimed to determine the effects of BGUKB (B₀: Bacteria-free environment (control), B₁: *Azospirillum lipoferum*, B₂: *Bacillus megaterium*, B₃: *Chlorella saccharophila*) applications on some growth parameters and physiological changes of *C. officinalis* plant grown under drought stress (normal irrigation (K₁), reduced ½ (K₂) ve reduced ¾ (K₃)) conditions. Considering the parameters examined, drought applications were found to be statistically significant in terms of stem length (K₁: 11.1 cm), root fresh (K₁: 1.06 g) and dry (K₁: 0.17 g) weight, stem fresh (K₁: 7.26 g) weight, leaf area (K₁: 7.81 cm²) and temperature (K₃: 27.7 °C), epidermal cell number (K₁: 593.16 number/mm²) and all stomatal characteristics. In conclusion, bacteria applications showed a significant impact on some of the characters like stem length (B₁: 11.0 cm), root fresh (B₁: 0.89 g) weight, stem fresh (B₁: 6.09 g) weight, epidermal cell number (B₁: 672.88 number mm⁻²), stoma length (B₁: 32.71 µ) and density (B₁: 11.06 number (mm²)).

1. Giriş

Calendula son dönemlerde ön plana çıkmış tıp ve kozmetik sektörünün önemli bitkileri arasına girmiştir. Aynısafa olarak da bilinen *Calendula officinalis* L. Asteraceae familyasından olup sarı-turuncu renkli çiçeklere sahip 30-70 cm boyunda tek yıllık otsu bir türdür. İlkbahar ayından sonbahara kadar çiçekte tür, bünyesinde flavonlar, müsilaj, saponinler, glikozitler, sapogenin, ksantofil, karatinoid, eterik yağlar ve organik asitleri bulundurmaktadır (Ebcioğlu, 2013). Kozmetik sanayisinde çiçeklerinin onarıcı, nemlendirici, yenileyici ve yatıştırıcı etkisinden kaynaklı diş macunu, bebek yağı, cilt bakım kremi ve şampuan olarak kullanıldığı bilinmektedir (Göktaş ve Gıdık, 2019). Ayrıca antibakteriyel, antifungal, iştah açıcı, sindirimi kolaylaştırıcı, tansiyonu düşürücü ve mide ülserinde etkili olduğu belirtilmiştir (Ebcioğlu, 2013).

Dünyada sürekli olarak artan gıda ve hammadde ihtiyacının karşılanabilmesi için su kaynaklarının etkin kullanılması gerekmektedir. Mevcut su kaynaklarının tükenmesine bağlı olarak kuraklık stresi tarımsal üretimi güçleştirmektedir (Samancıoğlu ve ark., 2016). Kısıtlı sulama tarımsal üretimde önemli bir abiyotik stres faktörü olarak görülmektedir. Yapılan çalışmalarda kuraklık stresi altındaki bitkilerde meydana gelen fizyolojik ve morfolojik zararların BGUB ile en aza indirilebileceği vurgulanmıştır (Samancıoğlu ve ark., 2016; Kutsal, 2017). BGUB uygulamalarında bitki gelişimi için önemli olan azot ve fosfor gibi besin elementlerinin bitkiye kazandırılması büyük önem taşımaktadır. Önemli azot bağlayıcı bakterilerden olan *Azospirillum lipoferum* 'un bitkilerde verim artışı, geniş kök sistemi, çimlenme ve gelişimi teşvik ettiği bilinmektedir (Jacoud ve ark., 1998). Proteince zengin olan mikroalgler ürettikleri bazı enzim ve hormonlar sayesinde bitki gelişimini teşvik ederken canlılığını

ytirenlerinde ayrışarak bitkilere inorganik maddeler sağladığı belirtilmiştir (Ergün ve ark., 2010). Açık sistemlerde en çok yetiştirilen mikroalglerden olan *Chlorella*'nın bazı meyve kalite parametrelerini arttırdığı, bitki gelişimi ve verimi teşvik ettiği ortaya konulmuştur (Özenç ve Şen, 2017). Bitki gelişimi ve veriminde önemli fosfat çözücü bakterilerden olan *Bacillus megaterium* ise organik ve inorganik fosfatı kullanılabilir forma dönüştürerek bitki tarafından alınımı artırmakta ve antibiyotik ile indol asetik asit gibi metabolitleri üreterek bitki gelişimini teşvik etmektedir (Yolcu ve ark. 2012; Öztekin ve ark., 2015).

Biyolojik gübre olarak tek veya kombine olarak kullanılan bu mikroorganizmaların bitki gelişimini teşvik ettiği yapılan araştırmalar ile ortaya konmuş ve stres altındaki bitkilerde oluşacak tahribatların en aza indirilmesi noktasında çözüm olabileceği öngörülmüştür. Ayrıca bitkisel üretimde üretkenliği ve fotosentezi sınırlayan kuraklık ile mücadelede bölgeye uygun tür ve çeşitlerin yetiştirilmesi önemlidir. Bu noktada seleksiyon kriteri olarak stoma boyutları ve yoğunluğunun bir belirteç olarak kullanılabilmesi ortaya konmuştur (Çınar ve ark., 2016). *C. officinalis* türünün anomositik stoma içerdiği, stomaların yaprağın her iki yüzeyinde de bulunduğu ve epiderma hücreleriyle aynı seviyede (mezomorf stoma) olduğu bildirilmiştir (Kalas, 2019).

Çalışma materyalini oluşturan *C. officinalis* türünün Türkiye florasında kültür formu olduğu, gen merkezinin bilinmediği belirtilmiş fakat mevcut literatürde türün kökeninin Akdeniz havzası olduğu ve bitkinin artık ülkemizde doğallaşmaya başladığı ortaya konmuştur (Kalas, 2016). Yapılan çalışmada farklı kuraklık uygulamalarına tabi tutulan *Calendula officinalis* L. bitkisinde BGUB uygulamalarının bazı büyüme ve fizyolojik parametreler üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmanın bitkisel materyalini oluşturan *Calendula officinalis* L. bitkisine ait tohumlar Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi (Van YYÜ) Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bahçesi'nden temin edilmiştir. Çalışma Van YYÜ Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü İklim odası ve Fizyoloji laboratuvarında yürütülmüştür. *C. officinalis* L. türüne ait tohumlar 500 cc' lik saksılarda torf+perlit+toprak (1:1:2) ortamına 1-2 cm derinliğe dört tekerrürlü olarak ekilmiştir. Ekimden sonra bitkiler 8/16 saatlik karanlık/aydınlık fotoperiyotta, 25°C sıcaklık ve % 65 neme sahip olan kontrollü şartlardaki iklim odasında yetiştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan toprak kumlu killi tın tekstür yapısında, kireçli (% 17.9), pH alkali reaksiyonlu (8.18) olup tuz oranı (% 0.021), organik madde (% 1.17), azot içeriği (0.049 me/100g) ve yarıyışlı fosfor içeriği (6.70 ppm) ile potasyum (488 ppm) miktarı belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan torfa ait özellikler; pH 6, 160-260 mg/L N, 180- 280 mg/L P₂O₅, 200- 150 mg/L K₂O₅, 80- 150 mg/L Mg, % 0.8 N, % 70 organik madde, % 35 C şeklindedir.

Tohumlar 28.05.2020 tarihinde toprağa ekilmiş ve bitkilerin 5-6 yapraklı olduğu dönemde kısıtlı sulamaya başlanmıştır. Kısıtlı sulama uygulamalarına başlamadan önce saksı (tarla) kapasitesi Ünlükara ve ark. (2010)'na göre 130 cc olarak belirlenmiştir. Sulama suyu miktarı olarak 500 cc'lik saksılara üç farklı su rejimi uygulaması (normal (%100) sulama (K₁), ½ azaltılmış (K₂) ve ¾ azaltılmış (K₃)) yapılmış ve bitkiler distile su ile sulanmıştır. Çalışmada bitki gelişimini teşvik edici bakterilerden N bakterisi olan *Azospirillum lipoferum* (1x10⁶ kob/ml), P çözücü olarak bilinen *Bacillus megaterium* (1x10⁵ kob/ml) ve tatlı su algi olan *Chlorella saccharophila* (2x10⁴ kob/ml) kullanılmıştır. Kontrol grubunda herhangi bir bakteri uygulaması yapılmamıştır. *C. officinalis* tohumları hazırlanan karışımlarda 2 saat karanlıkta bekletilerek 500 cc'lik saksılara ekilmiştir. Ekimden 1 hafta sonra uygulamalar dikkate alınmak üzere saksılara 50 cc bakteri solüsyonu uygulanmıştır.

Kök ve gövde uzunluğu dijital kumpas yardımıyla cm olarak ölçülmüştür. Kök ile gövdenin yaş ve kuru ağırlığı hassas terazi (0.0001 g duyarlı) yardımıyla tartılmıştır. Yaş ağırlıkları belirlenen bitki ve kökler daha sonra 40°C'de 72 saat süreyle kurutulmuştur. Yaprak alanı Easy Leaf Area programı kullanılarak, yaprak yüzey sıcaklıkları taşınabilir infrared termometre yardımıyla ölçülmüştür. Bitkilerden alınan yaprak örnekleri stoma analizleri için Laboratuvara taşınmıştır. Stoma ölçümlerinde Leica DM500 ışık mikroskobu, mikroskoba bağlı Leica ICC50 HD kamera ile Leica LAS EZ (versiyon 3.0) yazılımı kullanılmıştır. Stoma yoğunluklarını belirlemek amacıyla bitkinin 2. yapraklarının alt kısmına tırnak cilası sürülmüş ve kuruduktan sonra alınıp lam üzerine konularak mikroskopta incelenmiştir. Ölçümler 3 bitkiden alınan yapraklardan toplamda 10 ölçüm olacak şekilde yapılmıştır. Alana düşen stoma sayısı mm²' lik alana düşen sayı olarak belirlenmiştir (Eriş ve Soylu, 1990).

Epidermal hücre sayısı mm^2 alana düşen hücrelerin sayılması ile yapılmıştır. Stoma indeksinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır (Meidner ve Mansifield, 1968).

Stoma indeksi = mm^2 'deki stoma sayısı / (mm^2 'deki stoma sayısı + mm^2 'deki epidermis hücre sayısı) x100.

Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler, Tesadüf Parselleri deneme deseninde ve 3x4 faktöriyel düzende varyans analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen verilerin hesaplanması COSTAT (6.3 versiyonu) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmış olup önemli çıkan uygulamalar Duncan Çoklu Karşılaştırma Yöntemi' ne göre karşılaştırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

3. Bulgular ve Tartışma

Bitkilerde büyüme ve gelişmeyi olumsuz yönde etkileyen kuraklık stresinin biyokimyasal, morfolojik, fizyolojik ve moleküler değişikliklere sebep olduğu bilinmektedir. Yürütülen çalışmada farklı bakteri uygulamaları ve kuraklık uygulamalarına tabi tutulan *C. officinalis* türünde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Türde meydana gelen morfolojik ve anatomik değişimler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çalışmada kuraklık uygulamaları (KU), bakteri uygulamaları (BU) ve KU x BU interaksiyonunun kök uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür. Kuraklık stresinde kök uzunluğu değeri 14.9-16.8 cm ve bakteri uygulamalarına göre kök uzunluğu değeri 15.6-16.7 cm arasında değişmektedir. Kalas (2019), *C. officinalis*'in ana kök yapısının odunsu ve 5.2-21.9 cm uzunluğunda olduğunu vurgulamıştır. Çalışma sonucunda elde edilen kök uzunluğunun ilgili literatür ile paralellik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca kurak şartlarda yetiştirilen çeltik bitkisine uygulanan BGUB'nin kök büyümesini ve saçak kök oluşumunu artırdığı ve bu gelişmenin glisinbetain, prolin gibi ozmolitlerin artışından kaynaklanabileceği görüşü savunulmuştur (Yuwono ve ark., 2005).

Çalışmada gövde uzunluğu bakımından kuraklık uygulamalarının etkisi % 1, bakteri uygulamalarının etkisi % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunurken, KU x BU interaksiyonunun etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Kuraklık uygulamalarına göre en uzun gövde boyu 10.7 cm ile K₂ uygulamasından elde edilirken, K₁ uygulaması ile aynı grup içerisinde yer almıştır. En az gövde uzunluğu (8.58 cm) değeri ise K₃ uygulamasından tespit edilmiştir. Bitkinin vejetatif aksamındaki gelişimde etkili olduğu bilinen N bakterisinin bulunduğu B₁ uygulamasından 11.0 cm ile en yüksek ortalama elde edilirken en düşük değer 9.34 cm ile B₃ uygulamalarından tespit edilmiştir. Kuraklık stresinin bitkilerde fotosentez oranında düşüslere neden olduğu, dolayısıyla bitki gelişimini olumsuz etkileyerek büyüme sınırlandırdığı ortaya konmuştur (Sayyari ve Ghanbari, 2012). Telek ve ark. (2019), rhizobakterilerin bitki boyu, sürgün kuru ve yaş ağırlığı özellikleri üzerine geliştirici etkisinin olduğunu rapor etmiştir. Deng ve ark. (2013), yaptığı çalışmada *Paenibacillus polymyxa* izolatının domates bitkisinin boyunda artış sağladığını saptamıştır. Çalışmanın sonucunda artan kuraklık uygulamalarına bağlı olarak büyüme ve gelişmede azalmalar görülürken bakteri uygulamalarında artışların olduğu ve literatürle benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Kök yaş ağırlığından elde edilen veriler incelendiğinde istatistiksel olarak kuraklık uygulamalarının % 1, bakteri uygulamalarının % 5 ve KU x BU interaksiyonunun da önemsiz olduğu görülmüştür. Artan kuraklık uygulamalarına bağlı olarak ortalamaların sırayla 1.06, 0.76 ve 0.58 g olduğu ve kuraklık stresindeki artışa paralel olarak ağırlıklarında azalmaların olduğu saptanmıştır. Bakteri uygulamaları ortalamasında ise en yüksek değer (0.89 g) B₁ uygulamalarından, en düşük değer ise (0.74 g) B₀ uygulamalarından elde edildiği tespit edilmiştir. Kontrol uygulamaları ile B₂ uygulamaları aynı grup içerisinde yer almıştır. Bat ve ark. (2020), ekinezya bitkisinde deniz yosunu uygulamalarının yaş kök ağırlığında artış sağlarken (5.93 g) en düşük yaş kök ağırlığının kontrol grubunda (4.26 g) olduğunu belirtmiştir. Telek ve ark. (2019), biberde bakteri uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığı üzerinde olumlu etkileri olduğunu vurgulamıştır. Yapılan çalışmalar kurak koşullarda yetiştirilen bitkilerde bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalışların olduğunu ortaya koymuştur (Khorasaninejad ve ark., 2011). Elde ettiğimiz bulguların ilgili literatürler ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Araştırma sonucunda kök kuru ağırlığı, bakteri uygulamalarında istatistiksel olarak önemsiz iken kuraklık uygulamaları ve KU x BU interaksiyonunda istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli görülmüştür. Bakteri uygulamalarında en yüksek değer 0.16 g olarak B₃ uygulamalarından, en düşük değer ise 0.14 g ile B₂ uygulamalarından belirlenmiştir. Kuraklık uygulamalarında; kök kuru ağırlığı

bakımından en yüksek değer 0.17 g ile K₁ uygulamalarından, en düşük değer ise 0.13 g ile K₃ uygulamalarından tespit edilmiştir. K₂ ile K₃ uygulamaları arasında istatistiksel farklılığın olmadığı Çizelge 1' de görülmektedir. KU x BU interaksiyonunda en fazla kök kuru ağırlığı değeri K₁ x B₁ ile K₂ x B₀ interaksiyonlarından 0.19 g olarak tespit edilmiştir. Osakabe ve ark. (2014), yaptığı çalışmada kuraklık stresinin bitkilerde N alımını artırdığı ve P alımını azalttığını belirtmiştir. Çalışmamızda benzer şekilde en düşük kuru kök ağırlığının B₂ ortamında olduğu görülmüştür. Kuraklık stresine bağlı olarak bitkilerde kök uzaması, su alımında azalma, yaprakların kıvrılması, epidermal iletkenlik, kök ve gövdenin kuru-yaş ağırlıklarında azalmaların olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Tuteja ve ark., 2011).

Gövde yaş ağırlığı verilerine bakıldığında kuraklık uygulamalarının istatistiksel olarak % 1, bakteri uygulamalarının % 5 düzeyinde önemli olduğu, KU x BU interaksiyonunun ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Bakteri uygulamalarına göre; en yüksek değer 6.09 g ile B₁ uygulamalarından tespit edilirken B₀ ve B₂ uygulamaları ile aynı grupta yer almıştır. En düşük değer ise 4.80 g ile B₃ uygulamalarından belirlenmiştir. Gövde yaş ağırlığının artan kuraklık dozuna bağlı olarak azaldığı ve ortalamaların sırasıyla 7.26, 5.85 ve 3.91 g aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek değer 7.26 g ile kontrolden, en düşük değer ise 3.91g ile K₃ uygulamalarından tespit edilmiştir. Kuşvuran ve Abak (2012), 31 kavun genotipi ile gerçekleştirdiği kuraklık çalışmasında ilk belirgin etkiler bitkilerin yeşil aksam ağırlığında azalma olduğunu ve kontrol bitkilerine kıyasla % 60-67 oranında gövde yaş ağırlığında azalma olduğunu vurgulamıştır. Samancıoğlu ve ark. (2016), kısıtlı sulama altında yetiştirdiği lahanada en yüksek gövde yaş ve kuru ağırlığının *Bacillus subtilis* rizobakterisinin uygulandığı bitkilerden elde edildiğini belirtmiştir.

Elde edilen veriler doğrultusunda kuru gövde ağırlığının kuraklık uygulamalarında istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olduğu, bakteri uygulamaları ve KU x BU interaksiyonunda önemsiz olduğu belirlenmiştir. Kuru gövde ağırlığının artan kuraklık uygulamalarına paralel olarak azalış gösterdiği ve kuraklık dozu ortalamalarının sırasıyla 1.27, 1.11, 0.97 g olduğu tespit edilmiştir. Kuraklık stresine bağlı olarak büyümede azalma, bitki yaş ve kuru ağırlığı gibi parametrelerde azalma meydana geldiği bildirilmektedir (Kuşvuran ve ark., 2008). Sankar ve ark. (2008), kuraklık stresine maruz bırakılan bamyada kuru ağırlık kayıplarının % 78 oranında gerçekleştiğini bildirirken, Kuşvuran ve ark. (2007), *Cucumis* sp. genotiplerinde kuraklığın köklerde kuru ağırlığın azaldığını belirtmiştir.

Bakteri uygulamalarının yaprak alanı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken BU x KU interaksiyonu ile kuraklık uygulamaları istatistiksel olarak % 1 oranında önemli bulunmuştur. Kuraklık stresi şartlarında en fazla yaprak alanı 7.81 cm² ile kontrol uygulamalarından en düşük değer (5.43 cm²) ise K₃ uygulamalarından tespit edilmiştir. K₂ uygulamaları ile aynı grup içerisinde. En yüksek yaprak alanı K₁ x B₀ interaksiyonunda 9.85 cm² olarak, en düşük ise K₂ x B₀ interaksiyonunda 4.42 cm² olarak elde edilmiştir. K₃ x B₀ uygulamaları ile aralarında istatistiksel farklılığın olmadığı Çizelge 1'de görülmektedir. Azotun bitkilerde vejetatif aksamı geliştirdiği çeşitli çalışmalar ile tespit edilmiştir (Bolat ve Kara, 2017; Aşık, 2018). Samancıoğlu ve ark. (2016), kısıtlı sulama altında yetiştirdiği lahanada en yüksek yaprak alanının *Bacillus subtilis* rizobakterisinin uygulandığı bitkilerden elde edildiğini belirtmiştir. Bat ve ark. (2020), kuraklık stresinin bitkilerde yaprak alanının azalmasına neden olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan çalışmalarda bitkilerde artan stres dozuna bağlı olarak yaprak alanının azaldığı vurgulanmış (Tuteja ve ark., 2011) ve bu sonuçların çalışmamız ile uyumlu olduğu görülmüştür. Dere (2021), sıvı bakteri biyogübresi (*Basillus subtilis* (1x10⁹), *Bacillus licheniformis* (2x10⁶), *Bacillus megaterium* (1x10⁹) ve *Pseudomonas putita* (1x10¹⁰)) kullanarak yaptığı çalışmada kuraklık stresi altında yetiştirilen Falcon domates çeşidinin bitki çapı, kök yaş ağırlığı ve yaprak alanı parametrelerinin, Tom-29 domates çeşidinde ise bitki yaş ağırlığı, yaprak yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve yaprak alanının olumlu etkilediğini, kuraklık stresinin bu parametrelere olan olumsuz etkisini azalttığını belirlemiştir.

Bitkide yaprak yüzey sıcaklıklarının, çevreden, bitkinin fenolojik durumundan ve topraktaki nem eksikliğinden etkilendiği bilinmektedir. Yaprak sıcaklığında meydana gelen değişimler bakteri uygulamalarında önemli farklılıklar göstermezken kuraklık uygulamalarında artan strese paralel olarak sıcaklık artışının istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olduğu ve en yüksek yaprak sıcaklığının 27.8°C ile K₃ uygulamalarından, en düşük değer ise 26.7°C ile kontrolden sağlandığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar artan stres dozlarına bağlı olarak bitkilerin yaprak sıcaklığında artışların olduğunu bilmişlerdir (Akçay ve Eşitken, 2016). Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlarda strese bağlı olarak sıcaklığın artış gösterdiği görülmüştür.

Çizelge 1. Farklı kuraklık uygulamalarına tabi tutulan *C. officinalis*' de meydana gelen bazı fizyolojik ve morfolojik değişimler

Kuraklık dozları	Bakteri Uygulamaları	Kök uzunluğu (cm)	Gövde uzunluğu (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Gövde yaş ağırlığı (g)	Gövde kuru ağırlığı (g)	Yaprak alanı (cm ²)
K ₁	B ₀	19.8	11.5	0.94	0.17	7.02	1.10	9.85a
	B ₁	15.9	12.8	1.23	0.19	8.56	1.31	8.20a
	B ₂	17.0	10.0	1.05	0.18	7.46	1.39	7.03ab
	B ₃	14.5	10.0	1.02	0.16	6.01	1.28	6.15ab
Ort.		16.8	11.1a	1.06a	0.17a	7.26a	1.27a	7.81a
K ₂	B ₀	17.3	10.6	0.84	0.19	6.32	1.26	4.42b
	B ₁	17.0	10.9	0.75	0.13	5.58	1.14	7.51ab
	B ₂	15.0	11.2	0.64	0.12	6.61	1.10	6.11ab
	B ₃	17.2	9.90	0.81	0.17	4.90	0.92	6.00ab
Ort.		16.6	10.6a	0.76b	0.15b	5.85b	1.11b	6.01b
K ₃	B ₀	12.9	9.03	0.44	0.10	4.10	1.09	4.57b
	B ₁	15.5	9.30	0.68	0.15	4.13	0.87	5.73ab
	B ₂	14.8	8.96	0.56	0.13	3.91	0.89	5.73ab
	B ₃	16.3	8.13	0.65	0.15	3.48	1.04	5.70ab
Ort.		14.9	8.58b	0.58c	0.13b	3.91c	0.97b	5.43b
BU Ort.	B ₀	16.7	10.4ab	0.74b	0.15	5.81a	1.15	6.28
	B ₁	16.1	11.0a	0.89a	0.15	6.09a	1.11	7.15
	B ₂	15.6	10.0ab	0.75b	0.14	5.99a	1.13	6.29
	B ₃	16.0	9.34b	0.82ab	0.16	4.80b	1.08	5.95
VK(%)		17.69	10.29	13.69	17.12	15.15	14.71	15.94
KU		öd	**	**	**	**	**	**
BU		öd	*	*	öd	*	öd	öd
KU x BU		öd	öd	öd	**	öd	öd	**

Kuraklık uygulamaları: K₁: normal sulama (Kontrol), K₂: ½ azaltılmış, K₃: 3/4 azaltılmış; Bakteri uygulamaları: B₀: Bakterisiz ortam(Kontrol), B₁: *Azospirillum lipoferum*, B₂: *Bacillus megaterium*, B₃: *Chlorella saccharophila*, BU: Bakteri uygulamaları, KU: Kuraklık uygulamaları, öd: önemli değil.

*P<0.05 düzeyinde, ** P<0.01 düzeyinde önemli olup, ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma metoduyla P<0.05 seviyesinde değerlendirilmiştir.

Kuraklık stresinin bitkilerdeki en belirgin hasarının morfolojik gelişimindeki gerileme olduğu bilinmektedir. Kuraklık stresinin artması yapraklardaki stomaların boyutlarının küçülmesine ve yoğunluğunun azalmasına neden olmuştur. Şekil 1'de *C. officinalis*'e ait stoma ve epidermal hücrelerin mikroskopik çekimleri verilmiştir. Stomalar üzerinde kuraklık dozunun ve bakteri uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Yapılan mikroskopik ölçümlerde KU x BU interaksiyonunda stoma boyunun önemsiz olduğu görülmüştür. Kuraklık uygulamaları bakımından en yüksek stoma boyu 32.8 µm ile kontrolden sağlanırken K₁ uygulamaları ile istatistiksel bir farklılık bulunmamaktadır. En düşük değer ise 28.6 µm ile K₃ uygulamalarından tespit edilmiştir. Stoma boyutlarının artan strese paralel olarak azaldığı belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarına göre en fazla stoma boyu 32.7 µm ile B₁' den elde edilirken, B₂ uygulamaları ile aynı grup içerisinde yer almıştır. En küçük stoma boyu ise 28.8 µm ile kontrolden sağlanmıştır. N elementinin bitki büyümesinde etkili olduğu ve özellikle yeşil aksamın gelişiminde önemli bir besin elementi görevi gördüğü bilinmektedir (Bolat ve Kara, 2017). Kara ve ark. (2018), İtalya üzüm çeşidinde kısıtlı sulamanın stoma eni ve boyunda artış meydana getirdiğini belirtmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre *C. officinalis* bitkisinin kuraklık stresine farklı tepkiler verdiği görülmüştür. Çınar ve ark. (2016), yer fıstığında en uzun stoma boyunun 28.10 µm ile % 100 sulamanın yapıldığı bitki yapraklarından, en kısa stoma boyunun ise 23.17 µm ile sulanmayan konu altında yetiştirilen bitki yapraklarından elde edildiğini ortaya koymuştur. Meng ve ark. (1999) çeltikte; HtayHtay ve ark. (2005) fasulyede; Karipçin (2009) karpuzda;

Özyurt (2011) mahlepde benzer sonuçlara ulaşmışlardır. Elde edilen sonuçların çalışmamız ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

Stoma eni üzerinde, kuraklık stresinin etkisi istatistiksel olarak % 1 ve KU x BU interaksyonunun etkisi % 5 düzeyinde önemli bulunurken, bakteri uygulamalarının etkisi önemsiz bulunmuştur. Kuraklık stresi bakımından en yüksek stoma eni 22.9 µm K₁ uygulamalarından elde edilirken, K₂ uygulamaları ile aynı grupta yer almıştır. En düşük stoma eni değeri ise 20.6 µm olarak K₃ uygulamalarından tespit edilmiştir. En yüksek stoma eni değeri 24.9 µm olarak B₂ x K₂ interaksyonundan, en düşük stoma eni değeri ise 19.4 µm B₀ x K₃ interaksyonundan elde edilmiştir. Yapraklardaki stoma yoğunluğu yüksek çeşitlerin stoma genişliklerinin daha dar olduğu bildirilmektedir (Mert ve ark., 2009). Çınar ve ark. (2016), yerbıstığında artan su stresinin stoma eninde azalmalara neden olduğunu bildirmiştir. Bahereh (2020), Zn stresinin artan dozlarında stoma eninin azalış gösterdiği ve 19.6 µm ± 0.5- 23.8 ± 0.8 µm aralığında değiştiğini belirtmiştir. Benzer şekilde Çınar ve ark. (2016), yerbıstığı bitkisinde su kısıtının stoma eninde azalmaya neden olduğunu vurgulamıştır. Türkiye florasında *Calendula* türünün kültür formu olduğu bilinmekte ve bu bitkilerin stoma yapıları ile yoğunluklarının bilinmesi bitki-su dengesinin kontrolü açısından önemli olduğu vurgulanmıştır (Çağlar ve ark., 2004). Stoma boyutlarının farklı türlerde hatta çeşitlerde değişiklik gösterdiği bilinmektedir (Şelem ve ark., 2020). Dolayısıyla bitkilerdeki stoma özellikleri yetiştiricilikte kuraklık direnci olan türlerin seçiminde önemli bir parametre olarak ön plana çıkmaktadır.

Yürütülen çalışmada elde edilen verilerde stoma yoğunluğunun kuraklık dozu, bakteri uygulaması ve bunların interaksyonlarının istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Stoma yoğunluklarının en yüksek K₂ x B₃ interaksyonunda 141.7 adet/mm², en düşük K₃ x B₂ interaksyonunda 48.3 adet/mm² olduğu belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarında ise en yüksek stoma yoğunluğu değeri 111.1 adet/mm² olarak B₃ uygulamalarından tespit edilirken, B₀ uygulamaları ile aynı grupta yer almıştır. En düşük değer ise 73.1 adet/mm² olarak B₁ uygulamalarından tespit edilmiş olup B₂ uygulamaları ile aynı grup içerisinde yer almaktadırlar. Stoma yoğunluklarının tür, uygulamalar hatta klonlar arasında dahi değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Doğan ve ark. (2020), yaptıkları çalışmada yaprağın alındığı konumun stoma yoğunluğu üzerine olan etkisinin önemli olduğunu ancak yaprak yüzeyinin farklı bölgelerinden örnek almanın stoma yoğunluğu üzerine etkisinin önemsiz olduğunu tespit etmiştir. Kurt ve Doğan (2020), 11 fındık çeşidinde yaptıkları çalışmada stoma yoğunluklarının 90.00 ile 111.60 adet/mm² aralığında değiştiğini belirlemiştir. Marasali ve Aktekin (2003), sulanan ve sulanmayan bağ koşullarında yetiştirilen 17 üzüm çeşidinden iki tanesinin kurak şartlarda, dokuz tanesinin ise sulu şartlarda en yüksek stoma yoğunluğuna sahip olduğunu ortaya koymuştur. Kara ve ark. (2018), İtalya üzüm çeşidinde kısıtlı sulamanın stoma yoğunluğunda azalmalar meydana getirdiğini rapor etmiştir. Türün belirlenen kuraklık uygulamalarındaki strese toleranslı olduğu ve bundan kaynaklı stoma yoğunluklarında azalmaların olmadığı düşünülmektedir.

Epidermal hücre sayısının da tüm faktörler açısından istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Kuraklık stresi bakımından en fazla epidermal hücre sayısı 593.2 adet/mm² ile K₁'den, en düşük değer ise 530.2 adet/mm² olarak K₂'den tespit edilmektedir. Bakteri uygulamaları bakımından en yüksek değer 672.9 adet/mm² ile B₃ uygulamalarından elde edilirken, kontrol uygulaması ile aynı grupta yer almıştır. En düşük değer ise 445.1 adet/mm² ile B₁ uygulamalarından tespit edilmiştir. KU x BU interaksyonu bakımından en yüksek değer 795.8 adet/mm² ile K₃ x B₀ interaksyonundan tespit edilmiştir. Çınar ve ark. (2016), *Arachis hypogaea* L. bitkisinde su stresinin stomalar üzerindeki etkisini araştırmış sulanmayan bitkilerde 625.0 adet/mm² ile en fazla epidermal hücre sayısına sahipken en düşük epidermal hücre sayısına 471.9 adet/mm² ile buharlaşmanın tamamının uygulandığı bitki yapraklarından elde etmişlerdir. Çalışmamızda epidermal hücrelerin sayısının stres dozuna bağlı dalgalanmalar gösterdiği belirlenmiştir. Bakteri uygulamalarında B₁'de bitkilerin en az epidermal hücre sayısına sahip olduğu görülmüş olup bu durumun bitkilerin vejetatif aksamlarını geliştiren N elementi ile alakalı olduğu sonucuna varılmıştır. *C. officinalis* türünün belirlenen kuraklık uygulamalarına toleranslı olduğu ve bu sebeple belirtilen parametrede artışların olmadığı görülmüştür. Elde edilen veriler ışığında türün özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde iyi bir adaptasyon sağlayacağı öngörülmektedir.

Stoma indeksinde ise kuraklık uygulamaları ile KU x BU interaksyonunun istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli olduğu bakteri uygulamalarının ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresi uygulamaları bakımından en yüksek stoma indeksi değeri % 17.6 ile K₂'den, en düşük değer ise % 10.7 ile K₃'ten elde edilmiştir. En yüksek stoma indeksinin B₂ x K₂ interaksyonunda % 23.2, en düşük

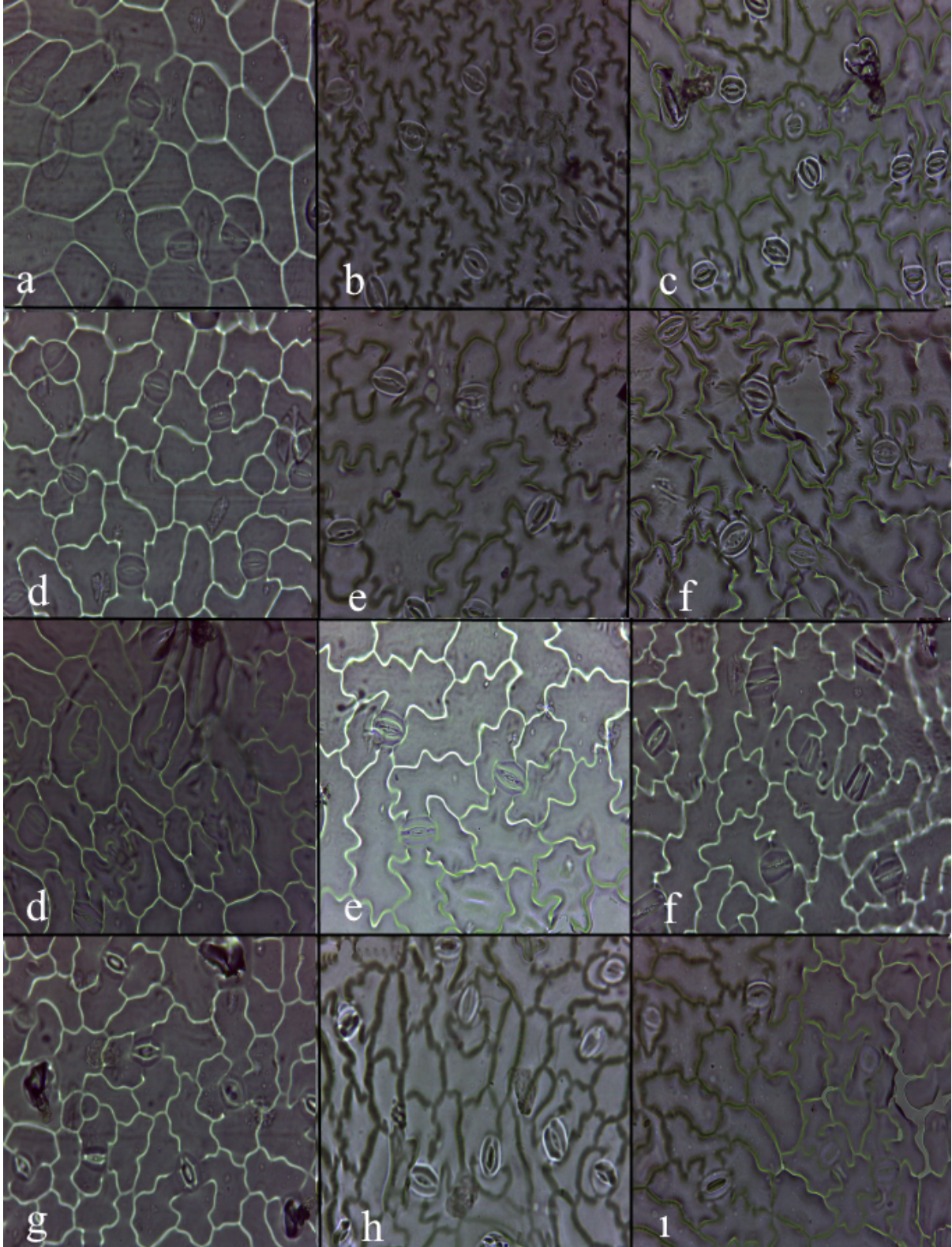
değerin ise B₂ x K₃ interaksiyonunda % 9.01 olduğu tespit edilmiştir. Çınar ve ark. (2016), *Arachis hypogaea* L. bitkisinde farklı sulama suyu seviyelerinin stoma indeksinde etkili olduğu ve artan kuraklığa bağlı olarak % 30.1 ile % 33.1 aralığında değişiklik gösterdiğini vurgulamışlardır. Sarker ve Hara (2011), patlıcan bitkisinde su stresi arttıkça epidermal hücre sayısı ve stoma indeksinin arttığını belirlemiştir. Yapılan çalışmadan farklı olarak bitkilerde stoma indeksinin uygulamalar arasında değişiklik gösterdiği görülmüştür. Bu farklılığın çalışma materyalini oluşturan türün belirlenen kuraklık uygulamalarına karşı toleranslı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 2. Farlı kuraklık uygulamalarına tabi tutulan *C. officinalis*'de meydana gelen bazı fizyolojik değişimler

Kuraklık uygulamaları	Bakteri Uygulamaları	Yaprak sıcaklığı (°C)	Stoma boyu (µm)	Stoma eni (µm)	Stoma yoğunluğu (adet/mm ²)	Epidermal hücre sayısı (adet/mm ²)	Stoma indeksi (%)
K ₁	B ₀	26.3	31.12	23.68abc	115.88abc	470.83cd	19.71ab
	B ₁	26.7	34.17	22.59abc	98.66cd	579.16bc	14.51cde
	B ₂	26.6	31.41	21.13cd	101.68c	691.5b	12.44def
	B ₃	27.1	34.48	24.26ab	112.5bc	631.16b	15.28bcd
Ort.		26.7c	32.79a	22.91a	107.18a	593.16a	15.48b
K ₂	B ₀	26.9	28.67	20.16cd	125.53ab	643.66b	16.33bc
	B ₁	27.0	33.53	22.27bc	67.35ef	368.66de	15.5bc
	B ₂	27.4	36.06	24.88a	95.89cd	316.66e	23.22a
	B ₃	27.3	31.74	22.89abc	141.66a	791.66a	15.14cd
Ort.		27.17b	32.50a	22.55a	107.61a	530.16b	17.55a
K ₃	B ₀	27.8	26.67	19.42d	88.86cd	795.83a	10.11fg
	B ₁	27.8	30.42	20.26cd	53.32fg	387.5d	12.12ef
	B ₂	27.7	30.06	21.75c	48.33g	487.5c	9.01g
	B ₃	27.6	27.10	21.20c	79.01de	595.83bc	11.69ef
Ort.		27.7a	28.56b	20.66b	67.38b	566.66ab	10.73c
BU	B ₀	27.0	28.82b	21.09	110.09a	636.77a	15.38
	B ₁	27.2	32.71a	21.70	73.11b	445.11c	14.04
	B ₂	27.2	32.51a	22.59	81.97b	498.55b	14.89
	B ₃	27.3	31.10ab	22.79	111.06a	672.88a	14.04
VK(%)		1.11	7.75	7.27	11.28	7.94	10.02
KU		**	**	**	**	**	**
BU		öd	**	öd	**	**	öd
KU x BU		öd	öd	*	**	**	**

Kuraklık uygulamaları: K₁: Normal sulama (kontrol), K₂: ½ azaltılmış, K₃: 3/4 azaltılmış; Bakteri uygulamaları: B₀: Bakterisiz ortam(Kontrol), B₁: *Azospirillum lipoferum*, B₂: *Bacillus megaterium*, B₃: *Chlorella saccharophila*, BU: Bakteri uygulamaları, KU: Kuraklık uygulamaları, öd: önemli değil.

*P<0.05 düzeyinde, ** P<0.01 düzeyinde önemli olup, ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma metoduyla P<0.05 seviyesinde değerlendirilmiştir.



Şekil 1. *C. officinalis*'e ait stoma ve epidermal hücreler (a: B₀K₁, b: B₀K₂, c: B₀K₃, d: B₁K₁, e: B₁K₂, f: B₁K₃, g: B₃K₁, h: B₃K₂, i: B₃K₃).

Son dönemlerde yapılan araştırmalarda kuraklık sorununun görüldüğü bölgelerde giderek yayılan BGUB uygulamaları ile stresin olumsuz etkisine karşı antioksidan enzim aktivitesindeki artış ile toleransın sağlanabileceği kaydedilmektedir (Sarma ve Saikia, 2014). Çalışmada elde edilen veriler ile kuraklık stresine karşı kullanılan bakterilerin bitki gelişim parametrelerinde etkili olduğu görülmüştür.

4. Sonuç

Küresel ısınma ve bu ısınmaya bağlı olarak meydana gelen kuraklık stresi dünyada tarımı olumsuz yönde etkilemekte ve bitkisel üretimde ciddi sorunlara sebep olmaktadır. Kuraklıkla oluşan bitkisel üretimdeki zararların önlenmesi açısından tedbirlerin alınması ve bitki gelişimini teşvik edici alternatif yöntemlerin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüzde biyolojik gübrelerin tek veya kombinasyonlarının uygulandığı çalışmaların ön plana çıktığı görülmektedir. Bitki geliştirici mikroorganizmaların çoğunlukla azot ve fosfor alımında etkili olduğu belirtilse de diğer elementlerin de alımını artırdığı bilinmektedir. Dolayısıyla kuraklık stresine karşı bitkilerde meydana gelen morfolojik, ekolojik, fiziksel ve biyokimyasal değişimlerin ortaya konması ve strese dayanımı artırmak amacıyla bitki gelişimi teşvik edici uygulamaların meydana getirdiği değişimlerin belirlenmesi yetiştiricilik açısından ön açıcı olacaktır. Yapılan çalışmada farklı kuraklık uygulamalarına tabi tutulan *C. officinalis* bitkisinde bitki gelişimini teşvik edici bakterilerden N bakterisi olan *Azospirillum lipoferum*, P çözücü olarak bilinen *Bacillus megaterium* ve tatlı su algi olan *Chlorella saccharophila*'nın gelişim üzerine etkisi araştırılmış ve etkili sonuçlar elde edilmiştir. Bakteri uygulamalarında *Bacillus megaterium* bakterisinin gövde uzunluğu, kök yaş ağırlığı, gövde yaş ağırlığı, yaprak alanı, stoma boyu ve eninde en yüksek değerlere ulaştığı görülmüş ve kurak koşullarda *C. officinalis*'in gelişiminde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın sonucunda farklı kuraklık uygulamalarına tabi tutulan *C. officinalis* bitkisinin stres fizyolojisine bakıldığında oldukça dayanıklı olduğu görülmüştür. Kurak şartların hâkim olduğu bölgelerde alternatif bir tür olarak yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Farmakoloji, süs bitkileri, gıda ve kozmetik endüstrisinde değerlendirilme potansiyeli yüksek olan türün ülkenin her bölgesinde yetiştirilebileceği ve ekonomik olarak üretilme potansiyeli olduğu ön görülmektedir.

Kaynakça

- Acıbuca, & Budak D. B. (2018). Dünya'da ve Türkiye'de tıbbi ve aromatik bitkilerin yeri ve önemi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33, 37-44.
- Akçay, E., & Eşitken, A. (2016). MM106 anacına ve üzerine aşılı golden delicious elma çeşidine tuz stresinin etkileri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2), 228-232.
- Aşık, F. F., & Arıoğlu, H. (2018). Ana ürün yerfistiği tarımında bakteri (*Rhizobium* sp.) ve azotlu gübre uygulamalarının bazı tarımsal ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 36-2.
- Bahereh, K. A. (2020). Çinko (Zn^{+2}) toksisitesi koşullarında aynısafa (*Calendula officinalis*) bitkisinin morfolojik ve fizyolojik değişimlerinin ve fitoremediasyon potansiyelinin belirlenmesi. (Yüksek lisans tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bat, M., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2020). Ekinezya (*Echinacea purpurea* L.) bitkisinde kuraklık stresi ve deniz yosunu uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 23(1), 99-107.
- Bolat, İ., & Kara, Ö. (2017). Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 19(1), 218-228.
- Çağlar, S., Sütyemez, M., & Bayazıt, S. (2004) Seçilmiş bazı ceviz (*Juglan sregia*) tiplerinin stoma yoğunlukları. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(2), 169-174.
- Çımar, N., Aydınşakir, K., Dinç, N., Büyüктаş, D., & Işık, M. (2016). Yerfistiğinde (*Arachis hypogaea* L.) su stresinin stoma özellikleri üzerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences* 29(2).
- Dere, S. (2021). Kuraklık Stresi Koşullarında Bakteri Uygulamasının Domates Bitkileri Üzerine Etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi* 10(1), 52-62. DOI: 10.46810/tdfd.805789
- Doğan, A., Uyak, C., Akçay, A., Keskin, N., Gazioglu Şensoy, R. İ., Çelik, F., Kunter, B., Çavuşoğlu, Ş. & Özrenk, K. (2020). Hizan (Bitlis) Koşullarında Yetiştirilen Üzüm Çeşitlerinin Klorofil Miktarları ve Stoma Yoğunluklarının Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30 (4) , 652-665. DOI: 10.29133/yyutbd.698508
- Düzgüneş 0., Kesici, T., Koyuncu, O. & Gürbüz, F. (1987). *Araştırma ve deneme metotları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:1021.295-381.
- Ebcioğlu, N. (2013). "100 Şifalı Bitki 100 Şifalı İçecek," Omega Yayınları.

- Ergün, O., Daşgan, Y. H., & Işık, O. (2010). Su kültüründe yetiştirilen kıvırcık marul bitkisinde mikroalg (*Chlorella vulgaris*) uygulamasının etkileri. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, Bildiriler: 12-14 Eylül 2012, Konya, s. 330-334
- Eriş, A., & Soylu, A. (1990). Stomatal density in various Turkish grape cultivars. *Vitis*, Special Issue, 382-389.
- Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151.
- HtayHtay, O., Takuya, A., & Fumitake, K. (2005). Effects of drought and flooding stresses on growth and photosynthetic activity of mungbean (*Vigna radiata* L.) wilczek, cultivars. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University*, 50(2), 533-542.
- Jacoud, C., Faure, D., Wadoux, P., & Bally, R. (1998). Development of a strain-specific probe to follow inoculated *Azospirillum lipoferum* CRT1 under field conditions and enhancement of maize root development by inoculation. *FEMS Microbiol. Ecol.*, 27, 43-51.
- Kalas, M. (2019). *Eskişehir çevresinde yetişen bazı Calendula l. türleri üzerinde farmasötik botanik ve fitokimyasal araştırmalar* (Yüksek Lisans tezi), Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kara, Z., Doğan, O., Sabır, A., Özer, A., & Koç, F. (2018). İtalya (*Vitis Vinifera* L.) Sofralık üzüm çeşidinde kısıtlı sulamanın yaprak ve stoma özelliklerine etkileri. *Bahçe*, 47(Özel Sayı 1), 677-682.
- Karipçin, M. Z. (2009). *Yerli ve yabancı karpuz genotiplerinde kuraklığa toleransın belirlenmesi* (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kurt, H., & Doğan, A. (2020). Farklı Ekolojilerde Yetişen Fındık (*Corylus avellana* L.) Çeşit ve Genotiplerinin Stoma Yoğunluk ve Dağılımlarının Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3), 544-552.
- Kusvuran, S., Ellialtıoğlu, S., Abak, K., & Yasar, F. (2007). Responses of some melon (*Cucumis* sp.) genotypes to salt stress. *Journal of Agricultural Sciences. Ankara University Faculty of Agriculture*, 13(4), 395-404.
- Kuşvuran, Ş., & Abak, K. (2012). Kavun genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(5), 79-87.
- Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., & Abak, K. (2008). Farklı bamya genotiplerinin kuraklık stresine tepkileri. VII. Sebze Tarımı Sempozyumu, 26-29 Ağustos, Yalova.
- Kutsal, İ. K. (2017). *Bitki büyümesini arttırıcı bazı rhizobakteri türlerinin sulu ve susuz koşullarda yetiştirilen kavunlarda bitki gelişimi ve meyve kalitesi üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi), İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Liu, C., Liu, Y., Guo, K., Fan, D., Li, G., Zheng, Y., Yu, L., & Yang, R. (2011). Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern china, *Environmental and Experimental Botany*, 71(2), 174-183.
- Marasalı, B., & Aktekin, A. (2003). Sulanan ve sulanmayan bağ koşullarında yetiştirilen üzüm çeşitlerinde stoma sayısının karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 9(3), 370-372
- Meidner, H., & Mansfield, T. A. (1968). Physiology of stomata. *Physiology of stomata*. 179 pp. ref.Bibl. 177.
- Meng, L., Li, L., Chen, W., Xu, Z., & Liu, L. (1999). Effect of water stress on stomatal density, length, width and net photosynthetic rate in rice leaves. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 30(5), 477-480.
- Mert, C., Barut, E., & Uysal, T. (2009). Farklı anaçlar üzerine aşılı elma çeşitlerinin stoma morfolojilerinin araştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2(2), 61-64.
- Obanda, M., & Owuor, P. O. (1997). Flavanol composition and caffeine content of green leaf as quality potential indicators of Kenyan black teas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 209-215.
- Özenç, D. B., & Şen, Ö. (2017). Farklı gelişim dönemlerinde uygulanan deniz yosunu gübresinin domates bitkisinin gelişim ve bazı kalite özelliklerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 235-242.
- Öztekin, G., Tüzel, Y., Tüzel, Y., Ece, M., & Ece, M. (2015). Fosfat çözücü bakteri aşılamaalarının sera domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 148-155. DOI: 10.29133/yyutbd.236367.

- Özyurt, İ. K. (2011). *Kuraklığa dayanıklı mahlep (Prunus mahaleb L.) klon anacı seçimi* (Doktora Tezi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E., & Şahin, Ü. (2016). Bitki gelişimini teşvik eden rizo bakterileri uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada fide gelişimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi. *Tarım ve Doğa Dergisi* 19(3), 332.
- Sarma, R. K., & Saikia, R. (2014). Alleviation of drought stress in mung bean by strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21. *Plant Soil* 377, 111–126.
- Sarker, B. C., & Hara, M. (2011). Effects of elevated CO₂ and water stress on the adaptation of stomata and gas exchange in leaves of eggplants (*Solanum melongena* L.). *Bangladesh Journal of Botany* 40(1), 1-8.
- Şelem, E., Nohutçu, L., Tunçtürk, R., & Tunçtürk, M. (2020). Bazı Allium Türlerinin Morfolojik Ölçümleri, Stoma ve Polen Özellikleri ile Polen Canlılığının Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 30 (Ek sayı (Additional issue)), 882-889.
- Sharm, S., & Vig. P. A. (2013). Evaluation of in vitro antioxidant properties of methanol and aqueous extracts of *Parkinsonia aculeata* L. leaves, *The Scientific World Journal*, 1-7.
- Tanker, N., Koyuncu, M., & Coskun, M. (2007). Farmasötik Botanik. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları* no:93.
- Telek, Ü., Akıncı, İ. E., & Küsek, M. (2019). Rhizobakteri İzolatlarının Kırmızı Biberin (*Capsicum annuum* L.) Verim ve Bitkisel Özellikleri Üzerine Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 22(1), 62-70.
- Tuteja, N., Gill, S. S., & Tuteja, R. (2011). Plant responses to abiotic stresses: shedding light on salt, drought, cold and heavy metal stress. *Omic and Plant Abiotic Stress Tolerance*, 39-64.
- Ünlükara, A., Kurunç, A., Kesmez, G. D., Yurtseven, E., & Suarez, D. L. (2010). Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage: The Journal of the International Commission on Irrigation and Drainage* 59(2), 203-214.
- Yolcu, H., Güneş, A., Güllap, M. K., & Çakmakçı, R. (2012). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on some morphologic characteristics, yield and quality contents of Hungarian vetch. *Turkish Journal of Field Crops* 17(2). 208-214.
- Yuwono, T., Handayani, D., & Soedarsono, J. (2005). The role of osmotolerant rhizobacteria in rice growth different drought conditions. *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 715-721.