



Araştırma Makalesi/Research Article

## Su Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya Fasulyesinin (*Glycine max* L.) Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Rizobakteri (PGPR) ve Mikroalg Uygulamalarının Etkisi

Rüveyde Tunçtürk 

Murat Tunçtürk 

Oral Erol\* 

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Van-Türkiye  
\*Sorumlu yazar: eroloral@yyu.edu.tr

Geliş Tarihi: 16.02.2021

Kabul Tarihi: 31.08.2021

### Öz

Bu çalışma su stresi altında yetiştirilen soya fasulyesinde (*Glycine max* L.) rizobakteri uygulamalarının bazı fizyolojik özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Deneme, tesadüf parselleri deneme deseni'ne göre faktöriyel düzende 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada soya fasulyesi (*Glycine max* L.) türüne ait Arısoy çeşidi kullanılmıştır. Denemede, bir kontrol (kontrol (B<sub>0</sub>), iki farklı bakteri olan *Azospirillum lipoferum*, *Bacillus megaterium* ve bir adet mavi yeşil alg (*Chlorella saccharophila*) ile üç farklı sulama seviyesinin (%100, 50 ve 25) soyanın bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada yaprak alan indeksi (cm<sup>2</sup>), klorofil oranı (µg/cm<sup>2</sup>), yaprak dokularında iyon sızıntısı (%), yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi (%), yaprak sıcaklığı (°C) yaprak dokularında bağıl su içeriği (%) ve malondialdehit içeriği (nmol/g), gibi özellikler incelenmiştir. Elde edilen ortalama verilere göre yaprak alan indeksi 7.6-10.6 cm<sup>2</sup>, klorofil oranı 27.5-29.8 µg/cm<sup>2</sup>, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi %76.8-80.5 ve yaprak dokularında bağıl su içeriği % 69.3-82.6 arasında değişim gösterirken, su kısıtlaması ile birlikte bu değerler azalış göstermiştir. Yaprak dokularında iyon sızıntısı % 19.5-23.2, malondialdehit içeriği ise 1.7-1.9 nmol/g değerleri ile artış göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan rizobakteri ve maviyeşil alglerin incelenen fizyolojik özellikler üzerinde su stresin olumsuz etkisini azaltıcı ve düzenleyici etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Rizobakteri, Kuraklık Stresi, Tolerans, Soya Fasulyesi

### The Effect Rizobacteria (PGPR) and Microalgae Applications on Some Physiological Properties of Soybean (*Glycine max* L.) Grown under Water Stress Conditions

#### Abstract

This study was carried out to determine the effects of rhizobacteria applications on some physiological and biochemical properties of soybean (*Glycine max* L.) grown under water stress. This research is based on the randomized parcels trial pattern according to the factorial order, it was carried out with 4 repetitions. Arısoy variety belonging to soybean (*Glycine max* L.) species was used in the study. In the experiment, it was aimed to examine the effects of three different irrigation levels (100, 50 and 25%) on some physiological characteristics of soybean with one control (control (B<sub>0</sub>), two different bacteria *Azospirillum lipoferum*, *Bacillus megaterium* and one blue green algae (*Chlorella saccharophila*). Leaf area index (cm<sup>2</sup>), chlorophyll ratio (µg cm<sup>2</sup><sup>-1</sup>), ion leakage (%) in leaf tissues, membrane resistance index (%) in leaf tissues, leaf temperature (° C), relative water content (%) and malondialdehyde content ( nmol g<sup>-1</sup>), were studied. According to the average data obtained, leaf area index varies between 7.6-10.6 cm<sup>2</sup>, chlorophyll ratio 27.5-29.8 µg cm<sup>2</sup><sup>-1</sup>, membrane resistance index in leaf tissues varies between 76.8-80.5 % and relative water content in leaf tissues varies between 69.3-82.6 %. values decreased. Ion leakage in leaf tissues increased by 19.5-23.2 % and malondialdehyde content increased by 1.7-1.9 nmol g<sup>-1</sup>. It has been determined that the rhizobacteria and blues green algae used in this study have a reducing and regulating effect on the physiological characteristics of water stress.

**Keywords:** Rhizobacteria, Drought Stress, Tolerance, Soybean

#### Giriş

Dünyada ve ülkemizde bitkisel üretimi sınırlayan en önemli faktörler hiç şüphesiz stress faktörleridir (Samancıoğlu ve Yıldırım, 2015). Küresel ısınma ile birlikte bu etkinin daha da artması beklenmektedir (Denby ve Gehring, 2005). Bu stres faktörlerinden en önemlileri; kuraklık, tuzluluk,



yüksek ve düşük sıcaklık, seller, radyasyon, kirlenici maddeler, oksidatif stres, rüzgâr, toprağın besin elementlerinden yoksun olması gibi abiyotik stres faktörleri bitkilerin büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Samancıoğlu ve Yıldırım, 2015). Bitki gelişimini kısıtlayan en önemli stres faktörü kuraklıktır. Küresel ısınmaya bağlı olarak su kaynaklarının giderek azalması su kullanım etkinliğinin artırılmasının yanı sıra yeni teknolojilere ihtiyaç duymaktadır. Bitkisel üretim ve ormancılıkta su stresinin tespiti ve ölçümü hayati öneme sahiptir (Özelkan ve ark., 2020). Ülkemiz su kaynaklarının büyük kısmı tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. Bu durum gelecek yüzyılda artan nüfus ile birlikte temiz su kaynaklarına erişiminin daha fazla önem kazanacağını göstermektedir. Su kaynaklarının etkin ve yeterli kullanımı küresel toplantıların ana maddesi haline gelmiştir. Önümüzdeki 50 yıl içerisinde tarımsal üretimin kuraklık nedeniyle büyük ölçüde etkileneceği bildirilmiştir. Bu durum yetersiz ve dengesiz beslenen nüfus miktarında büyük artışlara neden olacaktır (Vinocur ve Altman, 2005). Kuraklık stresi nedeniyle tarımsal üretimdeki daralmanın çok büyük sorunlara neden olacağı belirtilmiştir (Wu ve Wang, 2000; Kijne, 2006). Bitkisel üretimde verimliliği kısıtlayan en önemli çevresel faktörlerden birisi hiç şüphesiz kuraklıktır. Kuraklık ile birlikte bitkilerin su miktarı ve turgor basınçlarında azalma meydana gelir. Bitkiler bu durum karşısında somalarını kapatarak hücre bölünmesini ve büyümesini azaltır. Kuraklık ile birlikte fotosentez aktivitesi yavaşlayarak verim ve kalitede düşmelere neden olur (Karagöz ve ark., 2018). Sonuç olarak üretim ve dolayısıyla tüketimdeki yetersizlik, beslenme ve sağlık problemlerine yol açmaktadır (Dalal ve ark., 2006). Bu sorunun çözümü için ucuz ve uzun vadeli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkisel üretimde yoğun bir şekilde kullanılan azot ve fosforlu gübrelerin aşırı maliyetleri ve çevreye çok büyük zarar verdikleri bilinmektedir. Bu amaçla kullanılacak biyo-gübreler ve mikroorganizmaların simyotik ve asimbiyotik azot fiksasyonu ile bu ihtiyaç kısmen karşılanabilir (Çakmakçı ve ark., 2014). Stres şartlarına dayanıklı çeşit ve türlerin kullanımı yaygınlaşmasına rağmen bunların ıslah ile çoğaltılması zor ve zahmetlidir. Bu durumda son yıllarda kuraklık stresi altındaki bölgelerde kalite ve verimi teşvik edici bakteri uygulamaları yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Marulanda ve ark., 2009). Bitkisel üretimde rizobakteriler başta bitki besin maddelerinin alımı üzere biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik gelişimlere katkı sağladığı gibi biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı direncin artmasını sağlar (Erdoğan ve ark., 2016). Topraklarımızda organik madde oranları çok düşük olduğu gibi gübresiz üretim yapmak nerdeyse imkânsız hale gelmiştir. Sürdürülebilir bir tarım için mutlaka baklagil tarımına önem verilmelidir (Alaca ve Parlak, 2017). Bu bitkilerin başında soya fasulyesi gibi endüstriyel bir bitki gelmektedir. Köklerinde bulunan rhizobium bakterileri sayesinde havadaki serbest azoto fikse ederek kendisinden sonrada kaliteli ve yüksek verim elde edilebilmektedir. Bu konuda yürütülen çalışmalarda kuraklık stresine karşı bakteri uygulamalarından başarılı sonuçlar elde ettikleri görülmüştür (Naveed ve ark., 2014). Kök bölgesine bağlı olarak kök etki alanı içerisinde kolonize bir yapı gösterirler. Bu bakterilerden bazıları ise; Acetobacter, Acinetobacter, Achromobacter, Aereobacter, Agrobacterium, Alcaligenes, Artrobacter, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Clostridium, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Klebsiella, Micrococcus, Pseudomonas, Rhizobium, Serratia ve Xanthomonas cinslerine ait bakteri gurupları strese tolaransta etkin rol oynamaktadırlar (Çakmakçı, 2005). Ayrıca son zamanlarda yürütülen çalışmalarda tuzlu ve tatlı sularda yaşayan fotosentez yapabilen tek hücreli mikro algler de bu amaçla kullanılmaktadır. Bakteri ve mikroalgler bitkilere farklı şekilde uygulanmaktadır. Bakteriler bitkilerin kök bölgeleri olarak isimlendirilen rizosfer kısmından salgılanan bazı protein ve karbonhidrat türevi maddeler ile karbon ve azotlu birleşikleri enerji kaynağı olarak kullandıkları belirtilmiştir (Sarma ve Saika, 2014). Bu bakteriler toprakta bitkinin alabileceği formda olmayan bitki besin maddelerini alabilecekleri yarayışlı formlara dönüştürmektedirler (Malua ve Vassilev, 2014). Ayrıca fitohormon biyosentezi yaparak stres kaynaklarını elemine ederek patojenik hastalık kaynaklarını azaltarak bitkiye çok sayıda fayda sağlamaktadır. Kurak ve yarı kurak bölgelerde bakteri uygulamalarından elde edilen sonuçlara göre bitkilere fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak faydalı oldukları tespit edilmiştir (Araujo, ve ark., 2005). Bu durumda tarımsal üretimde büyüme ve gelişmeyi destekleyen doğru rizobakteri türlerinin seçimi önem kazanmaktadır. Maalesef PGPR kullanılarak su stresinin etkisini azaltacak çalışmaların sayısı çok azdır. Su kaynaklarının yetersiz olduğu günümüzde su israfını önleyecek yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır (Erdoğan ve ark., 2016). Ülkemizde son yıllarda biyolojik gübre geliştirilmesi



amacıyla *Bacillus*, *Paenibacillus* ve *Pseudomonas* cinslerine ait türler ile çeşitli çalışmalar yürütülmektedir (Çakmakçı ve ark., 2007; Şahin ve ark., 2010). Bitkisel üretimde kullanılmaya başlanılan bir diğer alternatif ise alglerdir. Toprağın daha iyi havalanmasına nemin korunmasına yardımcı oldukları gibi azot içeriği bakımından çiftlik gübresine yakın değerlere sahiptirler (Aktar ve Cebe, 2010). Birçok ülkede gübre olarak kullanılan algler potasyumun fakir olduğu topraklarda süper fosfat ile karıştırılınca iyi sonuçlar vermektedir (Gümüş, 2006). Özellikle benzer şekilde bitkilerin etkili kök bölgesine uygulandıkları görülmektedir. Böylece bitkilerin ihtiyacı olan besin elementlerinin yeterince etkin bir şekilde alınmasını düzenleyerek stres faktörlerinin maximum zarar seviyesini asgari düzeye indirdikleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada günümüzde kullanımı giderek artan bakteri ve mikroalg uygulamalarının kuraklık stresi altındaki şartlarda yetiştirilen soyanın bazı büyüme ve gelişim özellikleri ile fizyolojik özellikleri üzerine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

Bu çalışma 2020 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü' ne ait tam kontrollü iklim kabininde tesadüf parselleri deneme deseni'ne göre faktöriyel düzende 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tohumluk materyali olarak, Arısoy soya fasulyesi (*Glycine max* L.) çeşidi kullanılmıştır. Deneme, bir kontrol grubu (B<sub>0</sub>) 2 farklı rizobakteri *Azospirillum lipoferum* (1x10<sup>6</sup> kob/ml), *Bacillus megaterium* (1 x 10<sup>5</sup> kob/ml) ve mikroalg (*Chlorella saccharophila*) (2 x 10<sup>4</sup> kob/ml) ile 3 farklı sulama uygulaması (% 100, 50, 25) olacak şekilde (4 x 3 x 4 =48 saksı) uygulanmıştır. Soya fasulyesi tohumları % 70 (v / v) ethanol içinde 2 dk bekletildikten sonra 10 kez saf su kullanılarak sterilize edilmiştir (Çakmakçı ve ark., 2014). Yüzey sterilizasyonu yapılmış tohumlar 10 ml/lt dozunda hazırlanan *Azospirillum lipoferum* ve *Bacillus megaterium* rizobakteri solüsyonu, %5 oranında hazırlanan *Chlorella saccharophila* mavi yeşil alg solüsyonuna daldırılmıştır. Bunun için 2 saat süreyle döner bir çalkalayıcıda karıştırılarak hava ile kurutularak ekimler yapılmıştır (Çakmakçı ve ark, 2014). Deneme 2 lt hacime sahip, perlit ve toprak (1:2) karışımından oluşan saksılara 3'er adet soya fasulyesi tohumu olacak şekilde ekim yapılmıştır. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarında saksılarda kullanılan perlit + toprak karışımının hafif alkali reaksiyonuna sahip, organik maddesi yetersiz ve tuzsuz olduğu görülmüştür. Ekim ile birlikte topraktaki nem durumuna göre bitkilerde çıkış elde edilinceye kadar 50 cc can suyu verilmiş daha sonra bu uygulamaya son verilmiştir. Su kısıtı uygulama öncesi saksılar tarla kapasitesi nem içerikleri ölçülmüştür. Daha sonra saksılarda tartım yapılarak tarla kapasitesine getirmek için sulama uygulamaları yapılmıştır (Çoşkan ve Şenyiğit, 2018; Karagöz ve ark., 2018). Ekimle birlikte soya fasulyesinde N için 4 kg/da, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> formunda fosfor için ise 9 kg/da olacak şekilde besin çözeltilisi hazırlanıp saksılara uygulanmıştır. Su kısıtı uygulamalarına başlanmadan önce her saksıda bir bitki kalacak şekilde tekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Denemede fideler çiçeklenme başlamadan 45. günde hasat işlemi yapılmıştır. Hasat öncesinde yapraklarda azot balans indeksi (ABI), klorofil oranı, içeriği Dualex scientific+ (FORCE-A, Fransa) cihazı ile yaprak üzerinden gerçek zamanlı ve tahribatsız olarak ölçülmüştür. Ayrıca, yaprak sıcaklığı (YS), infrared termometre yardımıyla, yaprak alan indeksi Easy Leaf Area programı kullanılarak, yaprak dokularında bağıl (oransal) su içeriği Arora ve ark. (2002)'in yöntemine göre, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi ve yaprak dokularında iyon sızıntısı miktarı Premchandra ve ark. (1990) ile Sairam ve Saxena (2000)'in yöntemlerine göre belirlenmiştir. Çalışmada, lipid peroksidasyonunun son ürünü olan malondialdehit (MDA) miktarı ise Heath ve Packer (1968) ile Sairam ve Saxena (2000) yöntemlerine göre hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri COSTAT (sürüm 6.03) paket programı ile çoklu karşılaştırma testleri ise Duncan testine göre yapılmıştır (Düzgüneş ve ark. 1987).

### Bulgular ve Tartışma

#### Yaprak alan indeksi (cm<sup>2</sup>)

Araştırma sonuçlarına göre yaprak alan indeksi üzerine sulama uygulamaları ve rizobakteri aşulamalarının etkisi istatistiksel olarak P<0.01, sulama uygulaması x rizobakteri ve mikroalg interaksiyonunun ise istatistiksel olarak etkisi P<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1).



Su stresi altındaki soya fasulyesinden elde edilen en düşük yaprak alan indeksi ASU<sub>2</sub> uygulamasında 7.6 cm<sup>2</sup>, en büyük yaprak alanı ise 10.6 cm<sup>2</sup> değeri ile %100 su uygulamasında ölçülmüştür. Lahana bitkisinde PGPR'nin etkilerinin incelendiği bir diğer çalışmada %75, 50 ve 25 kısıtlı sulama şartlarında yapraklarda kıvrılma, sararma ve nekrotik yaralanmalara karşı bakteri uygulanan bitkilerde bu zararın azaldığı görülmüştür (Samancıoğlu ve ark., 2016). Su kısıtlaması uygulaması altındaki bitkilerde yaprak alan indeksinin genetik faktörlerin yanı sıra su kısıtının şiddetine bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir. Yaprak alan indeksindeki değişim oranındaki farklılığın, bitkilerin büyüme ve gelişme dönemlerinin hangi evresinde su kısıtından kaynaklı stres şartlarına maruz kaldığı ile yakından ilgili olduğu düşünülmektedir (Bat ve ark., 2019). Bitkilerin erken dönemlerinde maruz kaldığı stres şartlarına bağlı olarak yaprak alan indeksinin bitki yaş ağırlığına göre daha fazla etkilendiği belirtilmiştir (Kazakov ve ark., 1988). Şeker pancarında hafif ve şiddetli kuraklık stersinde yaprak alan indeksinin sırasıyla %14.1 ile % 66.6 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Mohammadian ve ark., 2005). Erzurum şartlarında şekerpancarında yürütülen bir diğer çalışmada bitki su tüketimi ve programlarının belirlenmesinin çok zaman alıcı ve masraflı olması nedeniyle model ve yöntemlerin doğrulama metodu olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Kaya ve ark., 2012). Sulama uygulaması x rizobakteri ve mikroalg interaksiyonunda en fazla yaprak alanı 12.6 cm<sup>2</sup> ile NSU x mikroalg uygulamaları sonucu kaydedilmiştir. Bitkisel üretimde kullanılmaya başlanılan bir diğer alternatif ise alglerdir. Toprağın daha iyi havalanmasına nemin korunmasına yardımcı oldukları gibi azot içeriği bakımından çiftlik gübresine yakın değerlere sahiptirler (Aktar ve Cebe, 2010).

#### **Klorofil Oranı (µg/cm<sup>2</sup>)**

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre soya fasulyesinde klorofil oranı üzerine sulama uygulaması x rizobakteri ve mikroalg interaksiyonunun istatistiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemli etkisi bulunurken, sadece rizobakteri uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Yapılan çalışmada, su stresi uygulamalarına göre soya fasulyesinden elde edilen en düşük klorofil oranı 27.5 µg/cm<sup>2</sup> ile ASU<sub>2</sub> uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek klorofil oranı se 29.8 µg/cm<sup>2</sup> ile NSU su uygulaması sonucu belirlenirken ASU<sub>1</sub> uygulamaları ile aynı Duncan grubu içerisinde yer almıştır. Kuraklık stresi altındaki bitkilerde fotosentetik sistemler oldukça hassas olduğundan öncelikle bu yapılarda zarar meydana gelmektedir. Bu durum klorofil oranının düşmesine neden olmaktadır (Hua ve ark., 2012). Bakteri gibi bazı mikroorganizmaların kök bölgesinde kolinize olarak abiyotik stress faktörlerine karşı bitkilere direnç sağlamanın yanı sıra besin kullanım etkinliğini arttırdığı bildirilmiştir (Inbar ve ark., 1994). Bunun sonucunda fotosentez aktivitesi artarak klorofil oranı gibi parametreleri olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Harman ve ark., 2004).

Araştırmada, rizobakteri uygulamalarına göre klorofil oranı 28.0-31.0 µg/cm<sup>2</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Klorofil oranı üzerine su kısıtlaması x rizobakteri interaksiyonunda en yüksek klorofil oranı 32.2 µg/cm<sup>2</sup> ile NSU x B<sub>1</sub> interaksiyonundan elde edilmiştir. Su kısıtlamasından kaynaklı strese karşı mikroalg uygulamasının düzenleyici etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır. Samancıoğlu ve ark. (2016)'nın lahanada yürüttükleri bir çalışmada bazı bakteri uygulamalarının yaprak alan indeksini artırdığı tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada yer fıstığında üç farklı su kısıtı (% 40, % 60 ve % 80) uygulaması altında mavi ve yeşil alglerden oluşan solüsyon püskürtme yoluyla yapraklara uygulanması sonucunda klorofil değerleri, fotosentetik pigmentler, verim bileşenleri ve karbonhidrat içeriklerinde düzelmeler meydana gelmiştir (El Sayed ve ark., 2020). Bu durum fotosentezde etkili parametreler olan fotosentetik verimlilik, klorofil oranı ve klorofil floresansı değerlerini arttırdığı görülmüştür (Sayed ve ark., 2020). Çilekte PGPR aşılmasının kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azalttığı gibi MDA ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarını düşürerek büyüme, verim ve klorofil içeriklerini artmıştır (Erdoğan ve ark., 2016).

#### **Yaprak Dokularında İyon Sızıntısı (YDİS, %)**

Çizelge 1'de görüldüğü gibi yaprak dokularında iyon sızıntısı üzerine sulama uygulaması x rizobakteri ve mikroalg interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Su uygulamaları açısından en düşük yaprak dokularında iyon sızıntısı (YDİS) değeri %19.5 ile NSU, en yüksek değer ise % 23.2 ile ASU<sub>2</sub> stres uygulaması sonucu belirlenmiştir. Su stresinin şiddeti arttıkça yaprak dokularındaki iyon sızıntısında artış meydana gelmiştir. Kuraklık, tuz ve sıcaklık stresi gibi çevresel faktörler altında bitkilerin hücre yapısında bütünlük ve geçirgenlik stabilitesinde



bozulmalar meydana gelmektedir (Blokhina ve ark., 2003). Bu bozulma sonucunda dokulardaki zararın tespitinde hücre içine ve dışına iyon hareketlerinin miktarı önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Valentovic ve ark. (2006)'nın mısır ile çeşitli kuraklık seviyelerinde yürüttükleri çalışmada iyon sızıntısının kontrol gruplarına göre %11 ile %54 arasında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sreenivasul ve ark (2000)'nin yürüttükleri bir çalışmada kuraklık stresi ile membran zararı arasında pozitif bir ilişki olduğu belirtilmiştir. Rizobakteri uygulamalarına göre yaprak dokularında iyon sızıntısı değerleri %20-4-21.9 arasında değişiklik göstermektedir.

Bu çalışmada yaprak dokularında iyon sızıntısı üzerine sulama uygulaması x rizobakteri ve MA interaksiyonunda en yüksek değer % 26.0 ile ASU<sub>2</sub> x mikroalg uygulaması sonucu elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre bakteri ve mikroalg uygulamaları artan stres şartlarına karşı bitkide membran zararını azaltarak iyon sızıntı miktarının düşmesine neden olmuştur. Benzer çalışmalarda PGPR uygulamalarının membran bütünlüğünü artırarak su stresi altındaki bitkilerde elektrolit sızıntısını azalttığı tespit edilmiştir (Vardharajula ve ark., 2011). Ayrıca bakteri ve mikroalg uygulamalarının stres kaynaklı membran zararını da iyileştirdiği belirtilmiştir (Jodeh ve ark., 2015; Tiwari ve ark., 2016). Benzer bir çalışmada 5 adet petunya ve sardunya çeşidi ile yürütülen bir çalışmada bakteri inokulasyonun membran dayanıklılık indeksini %54 oranında arttırdığı belirtilmiştir (Nordstedt ve Jones, 2020). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar kısmen sonuçlarımız ile benzerlik göstermektedir.

#### **Yaprak Dokularında Membran Dayanıklılık İndeksi (YDMDİ, %)**

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre soya fasulyesinde YDMDİ değeri üzerine Su uygulamaları x rizobakteri ve MA interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 1).

Su kısıtlamasından kaynaklı stres altındaki soya fasulyesinden elde edilen en düşük YDMDİ değeri % 76.8 ile ASU<sub>2</sub> uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek YDMDİ değeri ise % 80.5 ile NSU uygulaması sonucu belirlenmiştir. Bitkilerde su kısıtlamasından kaynaklı ciddi fiziksel ve kimyasal zarar meydana gelmektedir (Chaves ve ark., 2002). Bu şartlarda bitkilerin çok farklı mekanizmaları harekete geçirdiği bilinmektedir (Mullet ve Whitsitt, 1996). Su noksanlığından kaynaklı stres altındaki soya fasulyesinde hücre içerisindeki osmotik basınç ve membran dayanıklılık indeksini arttırarak zarar düzeyini minimum seviyede tutmaya çalıştıkları belirtilmiştir (Kijne, 2006). Rizobakteri uygulamalarına göre YDMDİ değerleri %78.0-79.6 arasında değişiklik göstermektedir.

Araştırmada YDMDİ değeri üzerine SU x rizobakteri interaksiyonunda en yüksek YDMDİ değeri 82.8 ile NSU x MA interaksiyonu sonucu belirlenmiştir. Bu konuda yürütülen benzer çalışmalarda su noksanlığından kaynaklı stres şartlarında membran dayanıklılığının artmasında elisitörler önemli bir yer tuttuğu belirtilmiştir (Zhang ve ark., 2019).

#### **Yaprak Sıcaklığı (°C)**

Soya fasulyesinin yaprak sıcaklığı üzerine etkisi P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu çalışmada yaprak sıcaklığı bakımından en düşük değer (26.7 °C) NSU, en yüksek değer ise (28.0 °C) ASU<sub>2</sub> stres uygulamasından ölçülmüştür (Çizelge 2). Stresin şiddetine bağlı olarak yaprak sıcaklığında artış meydana gelmiştir. Kuraklık gibi abiyotik stress şartlarında kanopi sıcaklığında artış meydana geldiği ve verim ile negatif bir korelasyona sahip olduğunu bildirmiştir (Blum, 2009). Buğdayda yürütülen bir çalışmada ortalama sıcak 19.5 °C, kuraklık stresi uygulamalarında 21.6 °C, kontrol uygulamalarında ise 17.2 °C ölçülmüş ve bu durumun verim ve kalite parametrelerini önemli ölçüde etkilemiştir (Öztürk ve Korkut, 2017).

#### **Yaprak Dokularında Bağlı Su İçeriği (YDBİS, %)**

Araştırma sonucunda elde edilen verilere göre soya fasulyesi yapraklarının bağlı su içeriği üzerine su uygulamalarının, rizobakteri ve ma ile su x rizobakteri ve ma interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2).

Denemeden elde edilen verilere göre kuraklık stresi sonucunda en yüksek YDBSİ değeri %82.6 ile NSU uygulamasından, en düşük YDBSİ ise % 69.3 oranıyla ASU<sub>2</sub> uygulamasından elde edilmiştir. Azaltılmış su uygulamalarından kaynaklı stresin şiddeti arttıkça yapraklarda bağlı su içeriğinde azalmalar meydana gelmiştir. Patates üzerinde yürütülen bir çalışmada kontrol grubu dahil 4 farklı kuraklık stresinde bağlı su içeriğinin %57 ile %72 arasında değiştiği belirtilmiştir (Mullet ve Whitsitt, 1996). Bitkinin su ihtiyacı ile transpirasyon hızı arasındaki dengeli gösterir (Aslam ve ark., 2020).



Araştırma sonucunda; rizobakteri uygulamaları bakımından, en yüksek YDBSİ değeri %80.6 ile MA, en düşük değer ise kontrol grubundan % 66.3 olarak belirlenmiştir. Son yıllarda yürütülen çalışmalarda mikroalgler, siyanobakteriler ve transgenik organizmalar kuraklık gibi stres şartları ile mücadelede önerilen yöntemler arasındadır (Patiwal ve ark., 2017).

Elde edilen verilere göre YDBSİ üzerine su x rizobakteri ve MA uygulamalarının interaksiyonunda en yüksek YDBSİ değeri %85.6 ile NSU x mikroalg uygulamalarından elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre rizobakteri uygulamalarının bitkide kuraklık stresi karşılı dokulardaki bağıl su içeriğini dengeleyici bir özelliğe sahip olduğu görülmüştür. Benzer bir çalışmada kuraklık stresi altındaki mısırdaki Bacillus spp. ait HX-2 suşunun yaprak dokularında bağıl su bilançosunu ayarlama faydalı olduğu belirtilmiştir (Sandhya ve ark., 2011). Aynı bakteri suşu ile yapılan bir diğer çalışmada bitkideki YDBSİ oranının kontrol gruplarına göre ortalama %12.6 oranında arttığı bildirilmiştir (Li ve ark., 2019).

Çizelge 1. Farklı su uygulamaları ve rizobakteri aşılımlarının soya fasulyesinin bazı fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisi

Uygulamalar		İncelenen Özellikler				
Su uygulamaları (Su)	Rizobakteri uygulamaları (Ru)	Yaprak alan indeksi (cm <sup>2</sup> )	Klorofil oranı (µg/cm <sup>2</sup> )	Yaprak dokularında iyon sızıntısı (%)	Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi (%)	
<b>Normal Sulama Uygulaması (NSU)</b>	B <sub>0</sub>	8.8 c	27.8 cd	22.4 b	77.6 c	
	B <sub>1</sub>	10.3 ab	32.2 a	20.0 c	80.0 b	
	B <sub>2</sub>	10.5 ab	28.9 c	18.5 d	81.5 ab	
	MA	12.6 a	30.3 b	17.2 de	82.8 a	
<b>NSU Ortalama</b>		10.6 A	29.8 A	19.5 B	80.5 A	
<b>1/4 Azaltılmış Su Uygulaması (ASU<sub>1</sub>)</b>	B <sub>0</sub>	6.9 e	27.1 d	23.7 ab	76.3 cd	
	B <sub>1</sub>	7.7 d	31.6 ab	20.9 bc	79.1 bc	
	B <sub>2</sub>	7.1 d	28.8 c	19.4 cd	80.6 b	
	MA	9.9 b	29.9 bc	18.1 d	81.9 a	
<b>ASU<sub>1</sub> Ortalama</b>		7.9 B	29.4 A	20.5 AB	79.5 AB	
<b>3/4 Azaltılmış Su Uygulaması (ASU<sub>2</sub>)</b>	B <sub>0</sub>	7.0 e	29.1 c	19.7 c	80.3 ab	
	B <sub>1</sub>	7.2 de	29.3 c	22.8 b	77.2 c	
	B <sub>2</sub>	7.1 de	26.7 de	24.2 a	75.8 d	
	MA	9.1 bc	25.0 e	26.0 a	74.0 de	
<b>ASU<sub>2</sub> Ortalama</b>		7.6 B	27.5 B	23.2 A	76.8 B	
<b>RB ve MA uygulamaları ortalamaları</b>	B <sub>0</sub>	7.6 C	28.0	21.9	78.0	
	B <sub>1</sub>	8.4 B	31.0	21.2	78.7	
	B <sub>2</sub>	8.2 B	28.1	20.7	79.3	
	MA	10.5 A	28.4	20.4	79.6	
<b>Varyasyon katsayısı (%)</b>		14.9	12.2	11.7	3.1	
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>		1.5	4.1	3.3	2.8	
<b>Su uygulamaları (Su)</b>		**	**	**	**	
<b>Rizobakteri uygulamaları (RBU)</b>		**	öd	öd	öd	
<b>Su x RB ve MA</b>		*	**	**	**	

\*P<0.05 düzeyinde, \*\* P<0.01 düzeyinde önemli. öd: önemli değil.  
MA: Mikroalg.

#### Malondialdehit içeriği (MDA- nmol/g)

Elde edilen verilere göre soya fasulyesinin MDA oranı üzerine sulama uygulamalarının, rizobakteri ile mikroalg, su x rizobakteri ve mikroalg uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak P<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 2).



Denemeden elde edilen verilere göre su stresi sonucunda en yüksek MDA değeri 1.9 nmol/g ile ASU<sub>2</sub> uygulamasından, en düşük MDA ise 1.7 nmol/g olarak NSU uygulamasından elde edilmiştir. MDA su stresi sonucunda membran lipidlerinde meydana gelen oksidatif hasarın bir yan ürünü olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir (Özkur ve ark., 2009; Gaber, 2011; Catola, 2016). Stres kaynağının türüne ve şiddetine bağlı olarak değişim göstermektedir. Yapraklı sebzelerde yürütülen bir çalışmada kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı, klorofil miktarının azaldığı ancak MDA içeriğinin ise %82 artışı belirtilmiştir (Aslam ve ark. 2020).

Araştırmada rizobakteri ve mikroalg uygulaması sonucunda en düşük MDA değerleri 1.6 nmol/g ile kontrol grubundan, en yüksek değer ise mikroalg uygulaması sonucu 2.1 nmol/g olarak belirlenmiştir. Su stresinden kaynaklı bir hasar olan MDA içeriği üzerine rizobakteri uygulamalarından umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Çilek üzerine yürütülen bir çalışmada su stresi sonucunda MDA içeriğinde lipid peroksidaz miktarının arttığı tespit edilmiştir. Ancak kullanılan bakteri suşlarının lipid peroksidaz seviyesini azaltarak MDA içeriğini ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarını azalttığı belirtilmiştir (Erdoğan ve ark., 2016).

Elde edilen verilere göre MDA üzerine sulama uygulaması x rizobakteri interaksyonunda en yüksek MDA değeri 2.4 nmol/g ile ASU<sub>2</sub> x mikroalg interaksyonundan elde edilmiştir. Bakterilerin mikroalge göre MDA içeriği üzerine daha etkili oldukları görülmüştür. Şekerpnacarı üzerine yürütülen bir çalışmada ACC deaminaz içeren bakterilerin antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak lipid peroksidasyon seviyesini düşürerek MDA içeriğini azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca azot ve fosfor fiksasyonunda artışla birlikte fosfor çözümünü sağlayarak fotosentez faaliyetini devam ettirerek kuraklık zararından korudukları görülmüştür (Karagöz ve ark., 2018).

Çizelge 2. Farklı su uygulamaları ve rizobakteri aşılımlarının soya fasulyesinin bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi

Uygulamalar	İncelenen Özellikler			
Su uygulamaları (Su)	Rizobakteri uygulamaları (Ru)	Yaprak sıcaklığı (°C)	Yaprak dokularında bağıl su içeriği (%)	Malondialdehit içeriği (nmol/g)
<b>Normal Sulama Uygulaması (NSU)</b>	B <sub>0</sub>	26.4	80.7 b	1.5 fg
	B <sub>1</sub>	26.6	81.8 ab	1.7 c
	B <sub>2</sub>	27.0	82.2 ab	1.7 c
	MA	27.1	85.6 a	1.8 bc
<b>NSU Ortalama</b>		26.7 C	82.6 A	1.7 B
<b>1/4 Azaltılmış Su Uygulaması (ASU<sub>1</sub>)</b>	B <sub>0</sub>	27.4	63.9 d-f	1.6 ef
	B <sub>1</sub>	27.4	70.4 cd	1.7 c
	B <sub>2</sub>	27.6	74.9 c	1.8 b
	MA	27.7	76.5 bc	2.0 ab
<b>ASU<sub>1</sub> Ortalama</b>		27.5 B	71.4 B	1.8 B
<b>3/4 Azaltılmış Su Uygulaması (ASU<sub>2</sub>)</b>	B <sub>0</sub>	27.8	54.4 f-h	1.6 d
	B <sub>1</sub>	28.0	68.1 d	1.8 b
	B <sub>2</sub>	28.1	75.0 c	1.9 b
	MA	28.2	79.6 b	2.4 a
<b>ASU<sub>2</sub> Ortalama</b>		28.0 A	69.3 B	1.9 A
<b>RB ve MA uygulamaları ortalamaları</b>	B <sub>0</sub>	27.2	66.3 C	1.6 C
	B <sub>1</sub>	27.3	73.4 B	1.7 B
	B <sub>2</sub>	27.6	77.4 AB	1.8 B
	MA	27.7	80.6 A	2.1 A
<b>Varyasyon katsayısı (%)</b>		0.6	11.9	6.4
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>		0.2	10.2	0.1
<b>Su uygulamaları (Su)</b>		**	**	**
<b>Rizobakteri uygulamaları (RBU)</b>		öd	**	**
<b>Su x RB ve MA</b>		öd	**	**

\*P<0.05 düzeyinde, \*\* P<0.01 düzeyinde önemli. öd:önemli değil.  
MA: Mikroalg



## Sonuç

Bu çalışmada bitkilerde büyüme ve gelişme üzerine olumlu etkileri olan PGPR ve mikroalg uygulamalarının su kısıtlamasına maruz bırakılan soya fasulyesinde bazı biyokimyasal ve fizyolojik özellikler üzerine olan etkileri incelenmiştir. Su stresi bitkilerde en fazla büyüme ve gelişme parametreleri üzerine etkili olmuştur. Su stresine bağlı olarak yaprak alan indeksi, klorofil oranı, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi, yaprak dokularında bağıl su içeriği gibi parametrelerde azalma meydana gelmiştir. Bakteri ve mikro algler bu bakımdan değerlendirildiğinde bir mavi yeşil alg olan *Chlorella saccharophilia*'da daha fazla düzenleyici ve koryucu etkiye sahip olduğu söylenebilir. Diğer parametrelerde ise tersine yaprak dokularında iyon sızıntısı, yaprak sıcaklığı ve malondialdehit içeriği gibi özelliklerde ise artışlara neden olmuştur. Bu parametrelerde ise *Azospirillum lipoferum* bakterisinden elde edilen verilere bakılarak hasarın daha düşük olduğu söylenebilir. Su stresinden kaynaklı membran yapısında meydana gelen zarar sonucunda reaktif oksijen kaynaklı zararı azaltmada PGPR kullanımı sonucu antioksidan sistemin hasarı azalttığı bilinmektedir. Bitkilerde meydana gelen bir diğer hasar ise doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonu sonucu oluşan MDA miktarında da *Azospirillum lipoferum* bakterisinin etkili olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar göre su stresinden kaynaklı zararların azaltılmasında uygun bakteri ve mavi yeşil alglerin hasar düzeyini azalttığı söylenebilir. Ancak daha gerçekçi sonuçlara ulaşabilmek için bunun tarla şartlarında test edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kuraklık stresine karşı benzer çalışmaların yürütülmesinin literatüre ve problemin çözümüne katkı sağlayacağı kanaati hasıl olmuştur.

## Kaynaklar

- Aktar, S., Cebe, G.E., 2010. Alglerin genel özellikleri, kullanım alanları ve eczacılıktaki önemi. Ankara Ecz. Fak. Derg. J. Fac. Pharm. 39 (3):237-264.
- Alaca, B., Parlak, A.Ö., 2017. Mısır, sorgum sudanotu melezi ile soya, börülce ve guarın karışık ekimlerinin silaj verimi ve kalitesine etkileri. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 5(1): 99–104.
- Araujo, F. F., Henning, A.A., Hungria, M., 2005. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. World Journal of Micro-Biology and Biotech. 21:1639–1645.
- Arora, A., Sairam, R.K., Srivastava, G.C., 2002. Oxidative stress and antioxidative systems in plants. Curr. Sci. 82: 1227-1238.
- Aslam, M.U., Raza, M. A. S., Saleem, M.F., Waqas, M., Iqbal, R., Ahmad, S., Haider, I., 2020. Improving strategic growth stage-based drought tolerance in quinoa by rhizobacterial inoculation. Community Soil Science Plant Anal. 51(5):1-16.
- Bat, M., Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., 2019. Kuraklık stresi altındaki ekinezya (*Echinacea purpurea* L.)'da deniz yosununun büyüme parametreleri, toplam fenolik ve antioksidan madde üzerine etkisi. YYÜ Üniv., Tar., Bil., Derg. 29 (3): 496-505.
- Blokhina, O., Virolainen, E., Fagerstedt, K.V., 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress Annual Bot. 91: 179-194.
- Blum, A., 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. Field Crops Res. 112(2-3): 119-123.
- Çakmakçı, R., Turan, R., Güllüce, M., Şahin, F., 2014. Rhizobacteria for reduced fertilizer inputs in wheat (*Triticum aestivum* spp. *vulgare*) and barley (*Hordeum vulgare* L.) on Aridisols in Turkey. International Journal of Plant Prod. 8 (2):163-181.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F. and Erdoğan, Ü., 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture and Forest. 31(3): 189-199.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., Dönmez, F., 2007. The influence of plant growth promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. Journal of Plant Nutrition and Soil. 170: 288-295.
- Catola, S., Marino, G., Emiliani, G., Hüseyinovai T., Musayev, M., Akparov, Z., Maserati, B.E., 2016. Physiological and metabolomic analysis of *Punica granatum* (L.) under drought stress. Planta. 243: 441–449.
- Chaves, M. M., Pereira, J.S., Maroco, J., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, L., Faria, T., Pinheiro, C., 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. Annals of Bot., 89: 970-916.
- Cosgrove, D., 1986. Biophysical control of plant cell growth. Annual Review Plant Physiol. 37: 377–405.





- Çoşkan, A., Şenyiğit, U., 2018. Farklı sulama suyu düzeyi ve vermikompost dozlarının marul bitkisinin mikro element alımına etkileri. 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi. Özel Sayısı:348-356
- Dalal, M., Dani, R.G., Kumar P.A., 2006. Current trends in the genetic engineering of vegetable crops. *Scientia Hort.* 107: 215–225.
- Denby, K., Gehring, C., 2005. Engineering drought and salinity tolerance in plants: lessons from genome-wide expression profiling in arabidopsis. *Trends in Biotech.* 23:11, 547-552.
- Düzgüneş, O., Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F., 1987. Research and experimental methods. *Statistical Method II.* Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. 1:1021-1295.
- El-Sayed, S., El-Mohsen Ramadan, A.A., Hellal, F., 2020. Drought stress mitigation by application of algae extract on peanut grown under sandy soil conditions. *Asian Journal of Plant Scien.* 19: 230-239.
- Erdoğan, Ü., Çakmakçı, R., Varmazyari, A., Turan, M., Erdoğan, Y., Kıtır, N., 2016. Role of inoculation with multi-trait rhizobacteria on strawberries under water deficit stress. *Zemdirbyste-Agricul.*103(1): 67–76.
- Gaber, M. A., 2011. Differential regulation of photorespiratory gene expression by moderate and severe salt and drought stress in relation to oxidative stress. *Plant Sci.* 180, 540–547.
- Gill S.S., Tuteja, N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* 48:909-930.
- Glick, B.R., 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. *Can. J. Microbiol.* 41:109-114.
- Goddijn O.J.M., Verwoerd T.C., Voogd E., Krutwagen P.W.H.H., Degraaf P.T.H.M., Poels J., Vandun K., Ponst, A.S., Damm B., Pen J., 1997. Inhibition of trehalase activity enhances trehalose accumulation in transgenic plants, *Plant Physiol.* 113, 181–190.
- Gümüş, G.,2006. Deniz Marulunun Kimyasal Kompozisyonunun Araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Votterbo, A., Chet, I., Lordto, M., 2004. *Trichoderma* species: opportunistic, a virulent plant symbionts. *Nat Rev Microbiol.* 2: 43-56.
- Heath, R.L., Packer, L., 1968. Photoperoxidation in isolate chloroplast.i. kinetics and stoichmetry of fatty acid peroxidation. *Arch. Biochem. Biophys.* 125: 189-198.
- Huo, Y., Wang, M., Wei, Y., Xia, Z., 2016. Overexpression of the maize psb A gene enhances drought tolerance through regulating antioxidant system, photosynthetic capability, and stress defense gene expression in tobacco. *Front Plant Sci.* 6:1223.
- Inbar, J., Abramsuy, M, Cohen, D., Chet, I., 1994. Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. *Eur. J. Plant Pathol.* 100: 337-346.
- Jodeh, S., Alkowni, R., Hamed, R., Samhan, S., 2015. The study of electrolyte leakage from barley (*Hordeum vulgare* L) and pearlmillet using plant growth promotion (PGPR) and reverse osmosis. *J. Food Nutr. Res.* 3: 422–429.
- Karagöz, H., Çakmakçı, R., Hosseinpour, A., Kodaz, S., 2018. Alleviation of water stress and promotion of the growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plants by multi-traits rhizobacteria. *Applied Ecology and Environmental Res.* 16(5):6801-6813.
- Kaya, S., Meral, R., Demir, A.Z., 2012. Erzurum koşullarında şeker pancarının sulama programının belirlenmesi. 1. Uluslararası Anadolu Şekerpancarı sempozyumu. 20-22 Eylül 2012. Kayseri, Türkiye.
- Kazakov, E.A., Kazakova, S.M., Gulyaev, B.I., 1988. Effect of soil moisture on formation and necrosis of sugar beet leaf apparatus. *Fiziologiya i Biokimiya Kul turnykh, Rastenii.* 20: 431-438.
- Kijne, J.W., 2006. Abiotic stress and water scarcity: identifying and resolving conflicts from plant level to global level. *Field Crops Res.* 97: 3–18.
- Li, H., Zhao, Y., Jiang, X., 2019. Seed soaking with *Bacillus* sp. strain HX-2 alleviates negative effects of drought stress on maize seedlings. *Chilian Journal Agriculture Res.* 79:3.
- Lin, C.S., Wu, J.T., 2014. Tolerance of soil algae and cyanobacteria to drought stress. *J Phycol.* 50(1):131-9.
- Malua, E., Vassilev, N., 2014. A contribution to set a legal framework for bio fertilisers. *Applied Microbiology and Biotech.* 98: 6599–6607.
- Marulanda A, Barea JM, Azco'n R., 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM Fungi and Bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Reg.* 28:115–124.
- Mohammadian, R., Moghaddam, M., Rahimian, H., Sadeghian, S.Y., 2005. Effect of Early Season Drought Stress on Growth Characteristics of Sugar Beet Genotypes. *Turk J Agric For.* 29: 357-368
- Mullet, J. E. and M. S. Whitsitt. 1996. Plant cellular responses to water deficit. *Plant Growth Regul.* 20: 119-124.
- Naveed, M., Hussain, M.B., Zahir, A.Z., Mitter, B., Sessitsch, A., 2014. Drought stress amelioration in wheat through inoculation with *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. *Plant Growth Regul.* 73:121– 131.



- Nordstedt, N.P., Jones, M.L., 2020. Isolation of rhizosphere bacteria that improve quality and water stress tolerance in greenhouse ornamentals. *Front. Plant Sci.* 11:826.
- Özelkan, E., Karaman, M., Candar, S., Özelkan, E.C., Örmec, C., 2020. Hyperspectral analysis of grapevine water stress. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Derg.* 8 (2): 475–489
- Öztürk, İ., Korkut, K.Z., 2017. Kuraklığın buğdayın kök ağırlığına etkisi ve kökün bazı fizyolojik parametrelerle ilişkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Derg.* 27 (1): 14–24.
- Patiwal, C., Mitra, M., Bhayani, K., SV, V. B., 2017. Abiotic stresses as tools for metabolites in microalgae. *Bioresource Tech.* 244: 1216–1226
- Premchandra G.S, Saneoka, A., Ogato, S., 1990. Cell Membrane stability and indicator of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soybean. *Journal of Agriculture Sci.* 115: 63- 66.
- Şahin, E., Karagöz, K., Çakmakçı, R., Tosun, M., 2010. Azot fiksasyonu ve fosfat çözücü bitki gelişimini teşvik edici bakteri aşulamalarının arpa gelişimine etkisi. *Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu.* 28 Haziran – 1 Temmuz 2010, Erzurum.
- Sairam RK, Saxena, D.C., 2000. Oxidative stress and antioksidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *J. Agron.* 13-18:223.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E., 2015. Bitki gelişimini teşvik eden bakteri uygulamalarının bitkilerde kuraklığa toleransı arttırmadaki etkileri, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.* 20(1):72-79.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E., Şahin, Ü., 2016. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada fide gelişimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Derg.* 19(3):332-338.
- Sarma, R.K., Saikia, R., 2014. Alleviation of drought stress in mung bean by strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21 *Plant Soil.* 377:111–126.
- Shackel, K.A., Matthews, M.A., Morrison, J.C., 1987. Dynamic relation between expansion and cellular turgor in growing grape (*Vitis vinifera* L.) leaves. *Plant Physiol.* 84:1166–1171.
- Sreenivasulu, N., B. Grimm, Wobus, U., Weschke, W., 2000. Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and saltsensitive seedlings of foxtail millet (*Setaria italica*). *Physiol., Plant.* 109: 435-442.
- Tiwari, S., Lata, C., Chauhan, P. S., Nautiyal, C. S., 2016. *Pseudomonas putida* attunes morphophysiological, biochemical and molecular responses in *Cicer arietinum* L. during drought stress and recovery. *Plant Physiol. Bioch.* 99, 108–117.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, I., Gasparikova, O., 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil Environ.* 52(4): 186-191.
- Vardharajula, S., Ali, S. Z., Grover, M., Reddy, G., Bandi, V., 2011. Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp.: effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. *J. Plant Interact.*, 6:1–14.
- Vinocur, B, Altman, A., 2005. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitations. *Current Opinion in Biotech.* 16:123– 132.
- Wingler A., 2002. The function of trehalose biosynthesis in plants, *Phytochem.* 60: 437– 440.
- Wu, D., Wang, G., 2000. Interaction of CO<sub>2</sub> enrichment and drought on growth, water use, and yield of broad bean (*Vicia faba* L.). *Environmental and Experimental Bot.* 43: 131–139.
- Zhang, W., Xie, Z., Zhang, X., Lan, G. D., Zhang, X., 2019. Growth-promoting bacteria alleviates drought stress of *G. uralensis* through improving photosynthesis characteristics and water status. *Journal of Plant Interact.* 14 (1):580-589.