



Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

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



Araştırma Makalesi

Rizobakteri Uygulamalarının Kuraklık Stresi Altında Yetiştirilen Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitki Gelişimi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

Mustafa ÇİRKA^{*1,2}, Haluk KULAZ², Rüveyde TUNÇTÜRK²

¹ Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Iğdır, Türkiye

² Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye

Mustafa ÇİRKA, ORCID No: 0000-0001-6506-7407, Haluk KULAZ, ORCID No: 0000-0003-3044-5046,

Rüveyde TUNÇTÜRK, ORCID No: 0000-0002-3759-8232

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

Makale Bilgileri

Geliş: 04.03.2022

Kabul: 10.05.2022

Online Ağustos 2022

DOI: 10.53433/yyufbed.1082830

Anahtar Kelimeler

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.),
Kuraklık,
MDA,
Rizobakteri

Öz: Bu çalışmada, rizobakterilerin kurak şartlarda yetiştirilen fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) bazı biyokimyasal ve fizyolojik özellikler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi için yapılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel düzende 4 tekerrür olarak kurulan denemede, bitki materyali olarak Akman-98 fasulye çeşidi kullanılmıştır. Çalışma, kontrol grubu (B₀), azot fikse edici (B₁), fosfor çözücü (B₂) ve azot fikse edici + fosfor çözücü (B₃) rizobakteri uygulamaları ile kurulmuştur. Araştırmada NS (Normal su=%100), K₁ (Kuraklık 1 =%50) ve K₂ (Kuraklık 2 =%25) olacak şekilde üç farklı kuraklık stresi uygulanmıştır. Çalışmada, yaprak alanı (cm²), klorofil oranı (µg/cm²), yaprak sıcaklığı (°C), yaprak dokularında bağlı su içeriği (%), yaprak dokularında iyon sızıntısı (%), yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi (%) ve malondialdehit içeriği (nmol/g) incelenmiştir. Araştırma sonucunda faktörlerin ortak etkileşimi neticesinde yaprak alanında en yüksek değer (55.31 cm²) ile B₁xNS uygulamasından alınırken en düşük değerler (30.61 cm² ve 32.20 cm²) ise B₁xK₁ ve B₃xK₂ uygulamalarından elde edilmiştir. Klorofil oranı incelendiğinde yüksek değer 41.33 (µg/cm²) ile B₀xK₁ uygulamasından ve en düşük değer ise 28.83 (µg/cm²) ile B₃xK₂ uygulamasından alınmıştır. Çalışmada yaprak dokularında iyon sızıntısına ait en yüksek değer %34.36 ile B₃xK₃ uygulamasından, en düşük değer ise %28.27 ile B₁xK₁ uygulamasından elde edilmiştir. Denemede yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksine ait en yüksek değerler (%78.55 ve %78.51) B₀xK₂ ve B₂xK₃ uygulamalarından ve en düşük değerler (%68.57, %67.84 ve %68.98) ise sırasıyla B₁xK₂, B₂xK₁ ve B₃xK₃ uygulamalarından alınmıştır. Ancak daha gerçekçi sonuçların elde edilebilmesi için bu gibi çalışmaların tarla şartlarında da çalışılması gerekmektedir.

Investigation of the Effects of Rhizobacteria Applications on Plant Growth of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Grown under Drought Stress

Article Info

Received: 04.03.2022

Accepted: 10.05.2022

Online August 2022

DOI: 10.53433/yyufbed.1082830

Abstract: This study was carried out to determine the effects of rhizobacteria on some biochemical and physiological properties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in arid conditions. Akman-98 bean variety was used as plant material in the experiment, which was established as four replications in factorial order according to the completely randomized plots experimental design. The study was established with the control group (B₀), nitrogen fixer (B₁), phosphorus solvent (B₂), and nitrogen fixer + phosphorus solvent (B₃) rhizobacteria applications. In the experiment, three different drought stresses were applied as NS (Normal water=100%), K₁ (Drought 1=50%), and K₂ (Drought 1=25%). In the experiment,

Keywords

Bean (*Phaseolus vulgaris* L.),
Drought,
MDA,
Rhizobacteria

leaf area (cm²), chlorophyll ratio (µg/cm²), leaf temperature (°C), relative water content (%) in leaf tissues, ion leakage in leaf tissues (%), membrane durability index (%) in leaf tissues, and malondialdehyde content (nmol/g¹) were investigated. As a result of the common interaction of the factors in the study, the highest value in the leaf area was obtained from the B₁xNS application with (55.31 cm²), while the lowest values (30.61 cm² and 32.20 cm²) were obtained from the B₁xK₁ and B₃xK₂ applications. When the chlorophyll ratio was examined, the highest value was obtained from the B₀xK₁ application with 41.33 (µg/cm²), and the lowest value was obtained from the B₃xK₂ application with 28.83 (µg/cm²). In the study, the highest ion leakage value in leaf tissues was obtained from the B₃xK₃ application with 34.36%, and the lowest value was obtained from the B₁xK₁ application with 28.27%. In the experiment, the highest values of membrane durability index in leaf tissues (78.55% and 78.51%) were obtained from B₀xK₂ and B₂xK₃ applications, and the lowest values (68.57%, 67.84%, and 68.98%) were obtained from B₁xK₂, B₂xK₁, and B₃xK₃ applications, respectively. However, in order to achieve more realistic results, such studies are required under field conditions.

1. Giriş

Baklagiller (*Leguminosae*) familyasına ait olan fasulye bitkisinin (*Phaseolus vulgaris* L.) gen merkezinin her ne kadar Hindistan olduğu bilinse de ayrıca yapılan başka çalışmalar neticesinde Avustralya ve Afrika'nın da fasulyenin gen kaynaklarının olduğu belirlenmiştir. Ancak son zamanlarda yapılan araştırmalar Amerika kıtasının fasulyenin gen merkezi olduğu ortak fikrine varılmıştır (Gepts, 2001; Günay, 2005). Genel olarak daha çok Karadeniz bölgesinde geniş yayılım alanlarına sahip olan baklagil bitkisi olan fasulye, ülkemizin hemen hemen her yerinde gerek kuru ve gerekse taze tüketim için yetiştirilmektedir. Gerek tanelerinde yüksek oranlarda (%17-35) protein ve gerekse (%55-60) oranlarında karbonhidrat bulunduran ve ayrıca makro-mikro elementler bakımından kuru fasulye iyi bir besin kaynağıdır (Akçin, 1988). Dünya genelinde toplam 1.579.489 ha alanda taze fasulye ekimi yapılmış ve bu alandan 23.276.716 ton ürün elde edilirken, aynı şekilde 34.801.576 ha alanda kuru fasulye ekimi yapılmış ve bu alandan ise 27.545.942 ton ürün elde edilmiştir (FAO, 2020).

Son zamanlarda kuraklığın artışı neticesinde tarımsal ürünlerde kalite ve verimde büyük kayıplar meydana gelmektedir (Kabay & Şensoy, 2016). Kuraklık stresine giren bitkilerde dokular arasında su dengesi bozulmaya başlamakta, strese bağlı olarak turgor kaybı meydana gelmekte ve sonuç olarak hücre bölünmesi olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Böylece hücrelerde küçülmeler görülmektedir. Hücre küçülmesiyle birlikte hücre çeperindeki sentezi etkilemektedir. Ayrıca klorofil ve protein negatif anlamda etkilenmekte olup, tohumların çimlenme yeteneklerinde düşüşlerin olduğu görülmektedir (Amira & Qados, 2011). Kuraklık stresine bağlı olarak solunum ve fotosentez yavaşlayarak durma eğilimi göstermektedir. Hücre küçülmesi yaprakların da küçülmesine ve böylece fotosentezin azalmasına sebep olmaktadır (Özen & Onay, 2007). Kurak şartların meydana geldiği ilk etapta bitki bu koşullarda suya daha fazla ulaşabilmek adına gövde uzamasını azaltarak kök gelişmesini teşvik etmektedir (Öztürk, 2015). Fasulyede antioksidan enzimlerinin ve malondialdehitin (MDA) artırımını sağlayan kuraklık stresi, aynı zamanda bitki dokularında hasarlara neden olmaktadır (Türkan ve ark., 2005). Aşırı bir şekilde kuraklığa maruz kalan fasulye bitkisinde stoma iletkenliği, antioksidatif ve oksidatif faaliyetlerinde bir artışın olduğu bilinmektedir (Rosales ve ark., 2005).

Nemin hızlı bir şekilde azalması ya da hava sıcaklığındaki artışlar bitkilerde akut susuzluğun nedenlerindedir (Yağmur, 2008). Bitkilerdeki fotosentez, verim, su ilişkisi ve vejetatif gelişmeler gibi birtakım fizyolojik olaylar kuraklık stresi etkisindedir (Farooq ve ark., 2009). Bitkide kök ve sürgün meristem dokularındaki hücre genişlemesinin durmasına bağlı olarak bitki bünyesinde azalmalar meydana gelmektedir. Su eksikliğinin bir sonucu olarak hücre genişlemesi ve bölünmesi fotosentez oranının azalması ile direk bağlantılıdır (Anjum ve ark., 2011). Kuraklığın bir sonucu olarak toprakta meydana gelen su eksikliği, tohumun çimlenmesine, tohum canlılığı etkilenmesine ve fide gelişiminin zayıflaması neden olur (Uslu & Gedik, 2009). Ayrıca bitkilerin kuraklığa karşı tepkileri farklı olup bu durum genotipe göre değişiklik gösterebilmektedir (De Leonardi ve ark., 2007).

Toprakta yaşayan ve Arbuskular Mikorizal Funguslar (AMF) olarak bilinen mikroorganizmalar

ile bitkiler arasında simbiyotik bir ilişkinin olduğu bilinmektedir. (Tüfenkçi ve ark., 2012). Tarımsal üretimde verimi ve kaliteyi önemli düzeyde etkileyebilen stresler biyotik ve abiyotik olarak adlandırılmaktadır. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) ve AMF birlikteliğinin bitkileri bu gibi stres faktörlerinden koruyabileceği bilinmektedir (Nadeem ve ark., 2014). Bitki kök aksamında yaşayabilen ve bu ortak yaşam neticesinde bitkiye yarar sağlayabilen bazı bakteriler Kloepper ve ark. (1980), tarafından Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) olarak adlandırılmıştır. Ayrıca bu bakterilere bitkiler açısından birçok fayda sağlayabilmelerinden dolayı Probiyotik Rizobakteriler de denilmiştir. Bitkiye sağladıkları bu faydaları, pestisitlerin parçalanması (Ahemad & Khan, 2012), tuzluluğa karşı tolerans (Mayak ve ark., 2004), bitki besin elementleri ve minerallerin bitkiye kazanımının artırılması (Çakmakçı, 2009), bitki hastalık ve zararlılarına karşı biyolojik savaşta (Hynes ve ark., 2008; Tozlu ve ark., 2012) ve ağır metallerin detoksifikasyonu (Wani & Khan, 2010; Ma ve ark., 2011) şeklinde ifade edebiliriz. Ayrıca organik tarım bakımından gerek biyogübreler ve gerekse biyoajanlar önemli unsurlar arasında yer almaktadır. Bu anlamda bitkiler için önemli olan bitki besin elementlerini dönüştürerek tekrar kullanılmasına imlan sağlayan bu mikroorganizmalar, organik tarımın açısından çok önemli bir yer teşkil etmektedir (Şahin ve ark., 2010).

Kuraklık stresi şartlarında fasulye bitkisinde fide gelişimi, fizyolojik ve biyokimyasal içeriğe dair çalışmalar mevcuttur. Ancak rizobakteri ile kuraklık stresi uygulamalarında bitki gelişimi ve biyokimyasal içeriklere dair yeteri kadar ve kapsamlı çalışmalar yapılamamıştır. Bu çalışma, fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinde rizobakteri uygulamaları ile kuraklık stresi koşullarından nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Deneme, 2021 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait tam kontrollü bitki büyütme kabininde yürütülmüştür. Denemede; tohumluk materyali olarak Akman-98 standart fasulye çeşidi tohumu kullanılmıştır. Canlı mikroorganizmalar içeren; Azot fikse edici *Bacillus atrophaeus* (TV 126C) B₁, Fosfor çözücü *Bacillus-GC* group (TV 119E) B₂ ve Azot fikse edici + Fosfor çözücü (*Bacillus atrophaeus* TV126C + *Bacillus-GC* group TV119E) B₃ rizobakteriler ise Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü'nden temin edilmiştir. Rizobakteri aşılması katı inokulant için 100 kg tohuma 1 kg aşı olacak şekilde hesaplanmış ve tohumlar şekerli su ile ıslatıldıktan sonra tohumlara bakteri aşılması yapılmıştır. Tohumlar kurutma kağıtlarının üzerine serilerek gölge bir ortamda kurutulmuştur. Bitkiler üzerinde oluşturulan stresin PGPR izolatları tarafından ne ölçüde önlenebildiğini gözlemek amacıyla uygulama solüsyonunda 2 saat boyunca bekletilmiş ve hemen sonra kurutma kâğıtları üzerine alınıp süzöldükten sonra 1/3 kum, 1/3 perlit ve 1/3 toprak karışımı ile hazırlanmış 500 ml'lik polietilen saksılara 3'er adet tohum gelecek şekilde ve kontrol grubu bitkilere herhangi bir bakteri uygulaması yapılmadan direk olarak saksıya ekim işlemi yapılmıştır. Dikimden sonra saksılar 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 25 °C sıcaklık %65 neme sahip tam kontrollü iklim kabinine alınmıştır. Çalışma NS (%100), K₁ (%50), K₂ (%25) olacak şekilde üç farklı su uygulaması yapılmıştır. Çalışmadaki toprak su kapasitesi, Verdonck & Gabriels (1992) tarafından geliştirilen yöntem ile belirlenmiştir. Bu yöntem ile çalışmanın toprak örneği tamamen su ile doyum noktasına (24 saat) gelmesi sağlanmış ve 105 °C'ye kadar sabit sıcaklıkta 24 ile 48 saat arasında kurutulmuştur. Bu şekilde muhafaza edilen toplam su miktarı hesaplanmıştır. Sulama miktarı bitkilerin su ihtiyacına göre belli periyotlarda verilmiştir. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre faktöriyel düzende 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüş ve çalışmada çıkıştan sonra her saksıda en iyi fide bırakılacak şekilde tekleme işlemi yapılmıştır. Besin çözeltileri içeriği; 1000 ml için 1.0 g KNO₃, 0.5 g Ca(NO₃)₂, 0.25 g NH₄H₂PO₄, 0.5 g MgSO₄, 0.003 g H₃BO₃, 0.0015 g MnCl₂, 0.0001 g CuSO₄, 0.0001 g H₂MoO₄, 0.0006 g C₄H₆O₆, 0.0003 g FeSO₄ ve 0.0003 g ZnSO₄ olan Hogland çözeltileri ile bitkiler çıkıştan itibaren gün aşırı olacak şekilde sulanmıştır. Field Scout dijital nem sensörü ile saksıların nem miktarına bakılmış ve bu işlem gün aşırı kontrol edilmiştir. Çalışma 45 gün sonra sonlandırılmış ve bitkiler hasat edilmeden önce turgor durumunda iken yaprak sıcaklığı (°C), yaprak alanı, klorofil oranı ve MDA gibi parametreleri ve hasattan sonra kökleriyle bir bütün olarak çıkartılan bitkilerde fide ve kök uzunluğu ile fide ve kök yaş ağırlığı incelenmiştir. Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi, yaprak dokularında iyon sızıntısı ve yaprak dokularında bağıl nem içeriği gibi parametreler için ise örneklemeler yapıldıktan sonra yaş ağırlıkları belirlenen fide ve kökler 70 °C etüvde 48 saat süreyle sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Toplam fenolik ve

antioksidan madde analizleri için ise bitki yaprakları etüvde 40 °C sıcaklıkta kurutulmuştur.

Yapraklarda azot balans indeksi ve klorofil oranı içeriği Dualex scientific+ (FORCE-A, Fransa) cihazı kullanılarak gerçek zamanlı olacak şekilde ölçüm işlemi yapılmıştır. Yaprak sıcaklığı (YS) için infrared termometre ve yaprak alanı ise Easy Leaf Area programıyla ölçülmüştür (Easlon & Bloom, 2014). Yaprak dokularında bağıl su içeriği (Arora ve ark., 2002), yaprak dokularında iyon sızıntısı miktarı ve yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi (Premachandra ve ark., 1990; Sairam & Saxena, 2000)'a göre yapılmıştır. Çalışmada peroksidasyonunun ürünü olarak ortaya çıkan malondialdehit (MDA) oranları Heath & Packer (1968) ile Sairam & Saxena (2000)'a yöntemiyle belirlenmiştir.

2.1. Verilerin istatistiksel analizi

Çalışmada edilen veriler, Costat (sürüm 6.34) paket programı yardımıyla Tesadüf Parselleri Deneme Deseninde faktöriyel düzene göre varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar LSD çoklu karşılaştırma testine göre mukayese edilmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yaprak alanı (cm²)

Yaprak alanı üzerine kuraklık stresi uygulamalarının etkisi önemli bulunmuş, en yüksek değer (43.25 cm²) ile NS uygulamasına ve en düşük değer ise (32.91 cm²-36.20 cm²) ile K₂ ve K₁ uygulamasına ait olduğu tespit edilmiştir. Rizobakterilerin fasulyede yaprak alanı üzerindeki etkisinin önemli olduğu saptanmış ve en yüksek yaprak alanı değeri (41.67 cm²) olarak B₁ uygulamasından, en düşük değer ise (36.42 cm² ve 38.72 cm²) ile B₃ ve B₂ uygulamalarından elde edilmiştir. Rizobakteri ve kuraklık interaksyonunun etkisi önemli bulunmuş olup, en yüksek yaprak alanı değeri (55.31 cm²) olarak B₁xNS'den ve en düşük (26.74 cm²) olarak B₀xK₁ uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 1). En yüksek yaprak alanı azot fikse eden B₁ uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca çalışmada kuraklığın kontrole göre düşüş gösterdiği görülmektedir (Çizelge 1). Kuraklığın fasulye bitkisi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada Yıldırım ve ark. (2020), fasulye bitkisinde en çok yaprak alan daralmasının %60'luk kuraklık uygulamasında ortaya çıktığını rapor etmişlerdir. Dodd ve ark. (2004) tarafından bezelye bitkisi ile yürütülen bir çalışmada, PGPR uygulamalarının kurak ve sulu koşullarda yaprak alanı ve transpirasyon üzerinde etkili olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca Samancıoğlu ve ark. (2016)'nın yaptıkları bir çalışmada, rizobakterilerin lahana bitkisi üzerindeki etkilerine bakılmış, bakteri uygulamalarının %25, %50 ve %75 kısıtlı sulama koşullarında yapraklarda sararma, kıvrılma ve nekrotik zedelenmeleri azalttığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 1. Farklı kuraklık uygulamaları ve rizobakteri aşılamalarının fasulyede yaprak alanı, klorofil oranı ve yaprak sıcaklığı üzerindeki etkisi

Rizobakteri	Kuraklık	Yaprak Alanı (cm ²)	Klorofil Oranı (µg/cm ²)	Yaprak Sıcaklığı (°C)
B ₀	NS	38.99±3.26 b	30.99±1.18 ef	23.80±0.49
	K ₁	26.74±1.66 f	41.33±2.42 a	23.93±0.15
	K ₂	33.29±4.32 de	32.53±1.47 de	24.03±0.24
	Ort.	33.01 B	34.95	23.92
B ₁	NS	55.31±1.87 a	37.13±0.82 b	24.27±0.87
	K ₁	30.61±2.07 e	35.03±0.87 bcd	24.07±0.27
	K ₂	39.08±3.71 b	32.47±1.43 de	24.07±0.17
	Ort.	41.67 A	34.88	24.13
B ₂	NS	40.52±6.72 b	36.87±2.27 b	23.20±0.23
	K ₁	35.42±1.09 cd	31.50±1.28 ef	22.63±0.18
	K ₂	40.22±4.08 b	33.67±2.89 cde	24.43±0.12
	Ort.	38.72 AB	34.01	23.42
B ₃	NS	38.17±3.17 bc	35.60±0.93 bc	23.70±0.21
	K ₁	38.89±2.86 b	35.77±0.81 bc	23.33±0.22
	K ₂	32.20±0.25 e	28.83±1.60 f	24.30±0.30
	Ort.	36.42 AB	33.40	23.78
Kuraklık Ort.	NS	43.25 A	35.15 A	23.74 AB
	K ₁	32.91 B	35.91 A	23.49 B
	K ₂	36.20 B	31.88 B	24.21 A
LSD (%5) Bakteri *		5.65	Öd	Öd
LSD (%5) Kuraklık ***		4.89	2.38	0.51
LSD (%5) B x K **		3.26	3.15	Öd

*: Aynı sütunda aynı büyük ve kalın harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde fark yoktur.

** : Aynı sütunda aynı küçük harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde fark yoktur.

***: Aynı sütunda aynı büyük ve italik harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde fark yoktur.

3.2. Klorofil oranı (µg/cm²)

Fasulye bitkisinde klorofil oranı üzerinde kuraklık stresinin etkisi önemli bulunmuş ve en yüksek değerler (35.91-35.15 µg/cm²) olarak K₁ ve NS'den ve en düşük değer ise (31.88 µg/cm²) olarak K₂ uygulamasından elde edilmiştir. Rizobakterilerin klorofil oranı içeriği üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu ve bu değerlerin 33.40 ile 34.95 µg/cm² aralığında değiştiği belirlenmiştir. Kuraklık stresi ve bakteri stresi faktörlerine ait interaksyonun etkisinin önemli olduğu ve en yüksek klorofil oranının (41.33 66 µg/cm²) ile B₀xK₁'den ve en düşük klorofil oranının ise (28.83 µg/cm²) ile B₃xK₂ uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1). Oldukça hassas olan fotosentetik sistemler, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde zarar görmeye başlar ve dolayısıyla bu durum klorofil oranının düşmesine yol açmaktadır (Huo ve ark., 2016). Klorofil oranı üzerinde bakterilerin tesiri önemsiz çıkmıştır. Kuraklık stresinde ise kontrole göre K₁ uygulamasında klorofil oranı yükselirken, K₂ uygulamasında düşmüştür. Bitkilerde büyümeye olumlu etkisi olan gerek kök yüzeyinde ve gerekse kök üzerinde bulunan rizobakterilerin ürettikleri çeşitli kimyasallar bitki gelişimine direkt veya indirekt olarak katkı sağlar (Çelik ve ark., 2020) ve buna bağlı olarak bitkilerde fotosentez aktivitesi artarak klorofil oranı gibi bazı parametreleri olumlu yönde etkilediği saptanmıştır (Harman ve ark., 2004).

3.3. Yaprak sıcaklığı (°C)

Kuraklık stresinin yaprak sıcaklığı üzerindeki etkisinin önemli olduğu saptanmış ve en yüksek

sıcaklık değerinin (24.21 °C) ile K₂ uygulamasına ve en düşük sıcaklık değerinin ise (23.46 °C) ile K₁ uygulamasına ait olduğu tespit edilmiştir. Rizobakteri uygulamalarının fasulyede yaprak sıcaklığı üzerinde etkisinin önemli olmadığı ve değerlerin ise 23.42 ile 24.13 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Kuraklık stresinin şiddetine bağlı olarak yaprak sıcaklığında artış meydana gelmiştir. Bitkiler kuraklık stresinde yaprakta stomalarını kapatarak sudan daha fazla yararlandıklarından dolayı sıcaklıkları da artmaktadır (Abayomi & Abidove, 2009). Buğday bitkisinde ortalama sıcaklık 19.50 °C olarak ölçülürken, kuraklık stresi uygulamalarında bu değer 21.60 °C, kontrol uygulamalarında ise 17.20 °C olarak belirlenmiştir (Öztürk & Korkut, 2018). Rizobakteri ve alg uygulamalarının kuraklık stresi altında soya fasulyesi üzerindeki etkilerini araştıran Tunçtürk ve ark. (2021), yaprak sıcaklığında en düşük değerin kontrolde ve en yüksek değerin ise ASU₂ (Azaltılmış su uygulaması) uygulamasından elde ettiklerini rapor etmişlerdir.

Çizelge 2. Farklı kuraklık uygulamaları ve rizobakteri aşılama uygulamalarının fasulyenin bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerindeki etkisi

Rizobakteri	Kuraklık	YDBSİ (%)	YDİS (%)	YDMDİ (%)	MDA (nmol/g)
B ₀	NS	72.35±5.61	22.68±0.34 d	73.03±2.67 d	0.77±0.059
	K ₁	72.44±3.45	21.45±1.47 d	78.55±1.45 a	1.20±0.049
	K ₂	69.96±1.53	22.54±0.41 d	75.46±2.35 c	1.21±0.087
	Ort.	71.58 B	22.22 B	75.68	1.06 B
B ₁	NS	75.41±0.89	28.27±2.62 c	71.73±2.62 d	1.20±0.039
	K ₁	72.67±2.19	31.43±2.02 ab	68.57±2.02 e	0.97±0.042
	K ₂	71.14±1.36	23.84±1.59 d	76.16±1.59 bc	1.34±0.022
	Ort.	73.07 AB	27.85 A	72.15	1.17 A
B ₂	NS	77.73±1.55	31.49±1.83 ab	67.84±1.22 e	1.04±0.021
	K ₁	80.41±4.34	30.56±2.72 bc	72.77±5.53 d	1.05±0.030
	K ₂	75.35±1.79	21.49±0.59 d	78.51±0.57 a	1.09±0.030
	Ort.	77.83 AB	27.85 A	73.04	1.06 B
B ₃	NS	73.83±3.17	24.26±2.04 d	75.74±2.04 bc	0.60±0.041
	K ₁	90.85±6.21	22.56±2.27 d	77.44±2.27 ab	0.97±0.019
	K ₂	73.16±1.48	34.36±0.59 a	68.98±3.34 e	1.04±0.018
	Ort.	79.28 A	27.06 A	74.05	0.87 C
Kuraklık Ort.	NS	74.83 AB	26.67	72.09	0.90 C
	K ₁	79.09 A	26.50	74.33	1.05 A
	K ₂	72.40 B	25.56	74.78	1.17 A
LSD (%5) Bakteri *		5.51	2.95	Öd	0.07
LSD (%5) Kuraklık ***		4.77	Öd	Öd	0.06
LSD (%5) B x K **		Öd	3.70	2.05	Öd

*: Aynı sütunda aynı büyük ve kalın harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde fark yoktur.

** : Aynı sütunda aynı küçük harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde fark yoktur.

***: Aynı sütunda aynı büyük ve italik harf ile gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak %5 düzeyinde fark yoktur.

3.4. Yaprak dokularında bağıl su içeriği (YDBSİ, %)

Denemede, fasulye bitkisinde yaprak dokularında bağıl su içeriği üzerinde rizobakterilerin ve kuraklık stresinin etkisinin önemli olduğu ve rizobakteri uygulamalarının %71.58-79.28, kuraklık stresi uygulamalarının ise %74.83-79.09 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Yaprak dokularında bağıl su içeriğinde en yüksek değer azot ve fosfor fikse eden B₃ uygulamasından elde edilmiştir. Kuraklık stresinde ise durum kontrole göre K₁ uygulamasıyla artmış ve K₂ uygulamasıyla düşüş göstermiştir. Diğer bir ifadeyle, kuraklık dozları arttıkça yaprak dokularında bağıl su içeriğinin düştüğü

ifade edebiliriz. Siyanobakteriler, mikroalgler ve transgenik organizmalar, son zamanlarda yürütülen çalışmalarda kuraklık stresi ile yapılacak mücadelelerde önerilen yöntemler arasında yer almaktadır (Paliwal ve ark., 2017). Patateste yapılan bir çalışmada Mullet & Whitsitt (1996), kontrol gurubu da dâhil olmak üzere dört farklı kuraklık stresinde bitkide bağıl su içeriğinin %57 ile %72 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Li ve ark. (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, mısır bitkisi üzerinde *Bacillus sp.* strain HX-2 bakterisi suşunun yaprak dokularında bağıl su içeriğinin kontrol gruplarına nazaran %12.60 düzeyinde arttığını tespit etmişlerdir.

3.5. Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi (YDMDİ, %)

Fasulye bitkisinde YDMDİ üzerinde rizobakterilerin ve kuraklık stresi uygulamalarının etkisinin önemli olmadığı belirlenmiş olup, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi rizobakteri uygulamalarında %72.15-75.68, kuraklık stresi uygulamalarında ise %72.09-74.78 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca rizobakteri ve kuraklık stresi interaksiyonunun önemli olduğu, yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksi için en yüksek değerler (%78.51 ve %78.55) ile B₂xK₃ ve B₀xK₂ uygulamalarından, en düşük değerler ise (%68.57 ve %68.98) olarak B₁xK₂ ve B₃xK₃ uygulamalarından alınmıştır (Çizelge 2). Faktörlerin ortak etkileşiminin önemli olduğu, en yüksek değerler (%78.55-78.51) B₀xK₂ ve B₂xK₂ uygulamalarından alınırken, en düşük değerler ise (%68.57, 67.84, 68.98) sırasıyla B₁xK₁, B₂xNS, ve B₃xK₂ uygulamalarından elde edilmiştir. Yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksinde en yüksek değer (%78.51) ile B₀xK₂ ve B₂xK₂ uygulamalarından elde edilmiş olup, bakteri uygulamalarının kuraklık stresi üzerinde etkisinin önemli olduğunu belirtmek isteriz. Soya fasulyesinde kuraklık stresi altında hücre içerisinde membran dayanıklılık indeksinin ve osmotik basıncın arttırarak bitkide zarar düzeyini alt seviyelerde tutmaya çalıştıkları belirlenmiştir (Kijne, 2006). Yapılan başka bir çalışmada Tunçtürk ve ark. (2021), kuraklık stresi altında soya fasulyesinde PGPR izolatlarının etkilerine bakılmış ve yaprak dokularında membran dayanıklılık indeksinin %76.80-80.50 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3.6. Yaprak dokularında iyon sızıntısı (YDİS, %)

Yapılan çalışmada, rizobakteri ve rizobakteri x kuraklık stresi interaksiyonunun etkisi önemli bulunmuştur. Rizobakteri uygulamalarının etkisi önemli olup, en yüksek değerler (%27.23) B₃, (%27.85) B₁, B₂ ve en düşük değer ise (%22.22) ile B₂ uygulamalarında görülmüştür. Bakteri uygulamalarının yaprak dokularında iyon sızıntısı artmıştır ve bu anlamda faydalı olduğu anlaşılmıştır. Rizobakteri x kuraklık stresi incelendiğinde en yüksek değer (%34.36) ile B₃xK₃ ve en düşük değerler ise (%21.45) B₀xK₂, (%21.49) B₂xK₃, (%22.54) B₀xK₃, (%22.56) B₃xK₂, (%22.68) B₀xK₁, (%23.84) B₁xK₃ ve (%24.56) B₃xK₁ uygulamalarından alınmıştır (Çizelge 2). Bakteri ve kuraklık etkileşiminde azot ve fosfor fikse edici bakterinin (B₃) daha etkili olduğu görülmektedir. Mikroalg ve bakteri uygulamalarının strese bağlı olarak oluşabilen membran zararını iyileştirmektedir (Jodeh ve ark., 2015; Tiwari ve ark., 2016). Valentovic ve ark. (2006)'nın mısır bitkisinde kuraklık seviyelerinde kontrol guruplarına göre iyon sızıntısının %11 ile %54 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Sreenivasulu ve ark. (2000), kuraklık stresi ile membran zararı arasında olumlu bir bağın olduğunu, Vardharajula ve ark. (2011) rizobakteri uygulamalarının bitkide membran bütünlüğünü artırdığını ve kuraklık stresi altındaki bitkilerde elektrolit sızıntısını azalttığını bildirmişlerdir. Mikroalg ve bakteri uygulamalarının strese bağlı olarak oluşabilen membran zararını iyileştirmektedir (Jodeh ve ark., 2015; Tiwari ve ark., 2016). Petunya ve sardunya çeşitleri ile yapılan bir çalışmada Nordstedt & Jones (2020), bakteri aşılmasının membran dayanıklılık indeksini %54 seviyesinde artırdığını bildirmişlerdir.

3.7. Malondialdehit (MDA- nmol/g)

Rizobakteri ve kuraklık stresi uygulamalarının fasulye bitkisinde MDA içeriği üzerindeki etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Rizobakteri uygulamalarında en yüksek MDA değeri (1.17 nmol/g) ile B₁ ve en düşük MDA değerleri ise (1.06 nmol/g) ile B₀-B₂ uygulamalarından alınmıştır. Kuraklık stresi uygulamalarında ise en yüksek MDA değerleri (1.05 nmol/g ve 1.17 nmol/g) K₁ ve K₂ uygulamasından, en düşük MDA değeri ise (0.90 nmol/g) NS uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2). Bu veriler ışığında bakteri uygulamalarında azot fikse edebilen (B₁) bakterinin daha etkili olduğu ve

kuraklık stresi uygulamalarında ise kontrol gurubuna göre MDA değerinde artış olduğu görülmektedir. Birçok araştırmacıya göre MDA, kuraklık neticesinde membran lipitlerinde meydana gelen oksidatif zarar neticesinde meydana gelmektedir (Abogadallah, 2011; Catola ve ark., 2016). Stres koşullarında bitki bünyesinde meydana gelen MDA içeriği üzerinde mikroalg ve bakterilerin azaltıcı etkisinin olduğu Gill & Tuteja (2021) tarafından bildirilmiştir. Kabay & Şensoy (2016) tarafında fasulye üzerinde yapılan bir çalışmada kuraklık stresinin ileriki dönemlerde bitki yapraklarında MDA düzeyinde artışa sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Kuraklık stresi altında yetiştirilen soya fasulyesinde PGPR bakterilerinin etkilerini incelediği bir çalışmada Tunçtürk ve ark. (2021), en yüksek MDA değerini 1.9 nmol/g ile NSU₂ uygulamasından ve en düşük MDA değerini ise (1.7 nmol/g) ile NSU uygulamasında elde ettiklerini rapor etmişlerdir.

4. Sonuç

Yürütülen bu çalışma neticesinde, bitkiler üzerinde gerek büyüme ve gerekse gelişme anlamında pozitif etkilere sahip olan rizobakterilerin kuraklık stresi altında yetiştirilen fasulye bitkisinde nasıl bir etkiye sahip olabileceğini belirlemek amacıyla bitkide biyokimyasal ve fizyolojik birtakım değerler incelenmiştir. İncelenen değerler arasında rizobakteri uygulamalarının yaprak alanı, yaprak dokularında iyon sızıntısı ve MDA üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Kuraklık stresi uygulamalarının ise yaprak alanı, klorofil oranı, yaprak sıcaklığı ve MDA üzerinde tesirinin olduğu saptanmıştır. Çalışmada kullanılan rizobakterilerin birçok anlamda fasulye bitkisinde kuraklığın tesirini azaltmada faydalı olduğu görülmüştür. Ancak daha gerçekçi sonuçların elde edilebilmesi için bu gibi çalışmaların arazi koşullarında değerlendirilmesi gerektiğini ve bu çalışmanın bundan sonra yapılacak benzer çalışmalara ışık tutacağını belirtmek isteriz.

Kaynakça

- Abayomi, Y. A., & Abidoye, T. O. (2009). Evaluation of cowpea genotypes for soil moisture stress tolerance under screen house conditions. *African Journal of Plant Science*, 3(10), 229-237. doi:10.5897/AJPS.9000113
- Abogadallah, G. M. (2011). Differential regulation of photorespiratory gene expression by moderate and severe salt and drought stress in relation to oxidative stress. *Plant Science*, 180(3), 540-547. doi:10.1016/j.plantsci.2010.12.004
- Ahemad, M., & Khan, M. S. (2012). Productivity of greengram in tebuconazole-stressed soil, by using a tolerant and plant growth-promoting Bradyrhizobium sp. MRM6 strain. *Acta Physiologiae Plantarum*, 34(1), 245-254. doi.org/10.1007/s11738-011-0823-8
- Akçin, A. (1988). *Yemeklik Dane Baklagiller*. Selçuk Üniversitesi Yayınları, 43, 307-367.
- Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026-2032. doi:org/10.5897/AJAR10.027
- Amira, M. S., & Qados A. (2011). Effect of salt stress on plant growth and metabolism of bean plant *Vicia faba* (L.). *Journal of The Saudi Society of Agricultural Sciences*, 10, 7-15. doi:/10.1016/j.jssas.2010.06.002
- Arora, A., Sairam, R. K., & Srivastava, G. C. (2002). Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science*, 1227-1238.
- Catola, S., Marino, G., Emiliani, G., Huseynova, T., Musayev, M., Akparov, Z., & Maserti, B. E. (2016). Physiological and metabolomic analysis of *Punica granatum* (L.) under drought stress. *Planta*, 243(2), 441-449. doi:10.1007/s00425-015-2414-1
- Çakmakçı, R. (2009). Stres koşullarında ACC deaminaze üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 109-125.
- Çelik, Y., Yarşi, G. & Özarslandan, A. (2020). Yararlı bakteri uygulamalarının bitkisel verim ve dayanıklılık mekanizmalarına etkileri. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 3(1), 37-44.
- De Leonardis, A. M., Marone, D., Mazzucotelli, E., Neffar, F., Rizza, F., Di Fonzo, N., & Mastrangelo, A. M. (2007). Durum wheat genes up-regulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner. *Plant Science*, 172(5), 1005-

1016. doi:10.1016/j.plantsci.2007.02.002
- Dodd, I. C., Belimov, A. A., Sobeih, W. Y., Safronova, V. I., Grierson, D., & Davies, W. J. (2004, Eylül). *Will modifying plant ethylene status improve plant productivity in water-limited environments*. 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., & Gürbüz. F. (1987). Research and experimental methods. Statistical Methods-II. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1, 1021-1295.
- Easlon, H. M., & Bloom, A. J. (2014). Easy Leaf Area: Automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications in Plant Sciences*, 2(7), 1400033. doi:10.3732/apps.1400033
- FAO. (2020). Crops and livestock products. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> Erişim tarihi: 21.03.2022.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Véronique, S., Alberola, C. (eds) *Sustainable Agriculture* (pp. 153-188). Dordrecht: Springer. doi:10.1007/978-90-481-2666-8_12
- Gepts, P. (2001). Origins of plant agriculture and major crop plants. Our fragile world: Challenges and opportunities for sustainable development. *Oxford, UK: EOLSS Publishers*.
- Gill, S. S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48(12), 909-930. doi:10.1016/j.plaphy.2010.08.016
- Günay, A. (2005). *Sebze yetiştiriciliği*. Cilt II. İzmir: Meta Basımevi.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). Trichoderma species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56. doi:10.1038/nrmicro797
- Heath, R. L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125(1), 189-198. doi:10.1016/0003-9861(68)90654-1
- Huo, Y., Wang, M., Wei, Y., & Xia, Z. (2016). Overexpression of the maize psbA gene enhances drought tolerance through regulating antioxidant system, photosynthetic capability, and stress defense gene expression in tobacco. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1223. doi:10.3389/fpls.2015.01223
- Hynes, R. K., Leung, G. C., Hirkala, D. L., & Nelson, L. M. (2008). Isolation, selection, and characterization of beneficial rhizobacteria from pea, lentil, and chickpea grown in western Canada. *Canadian Journal of Microbiology*, 54(4), 248-258. doi.org/10.1139/W08-008
- Jodeh, S., Alkowni, R., Hamed, R., & Samhan, S. (2015). The study of electrolyte leakage from barley (*Hordeum vulgare* L) and pearl millet using plant growth promotion (PGPR) and reverse osmosis. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(7), 422-429. doi:10.12691/jfnr-3-7-3
- Kabay, T., & Şensoy, S. (2016). Kuraklık stresinin bazı fasulye genotiplerinde oluşturduğu enzim, klorofil ve iyon değişimleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 380-395.
- Kijne, J. W. (2006). Abiotic stress and water scarcity: identifying and resolving conflicts from plant level to global level. *Field Crops Research*, 97(1), 3-18. doi:10.1016/j.fcr.2005.08.011
- Kloepper, J. W., Schroth, M. N., & Miller, T. D. (1980). Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. *Phytopathology*, 70(11), 1078-1082.
- Li, H., Zhao, Y., & Jiang, X. (2019). Seed soaking with *Bacillus* sp. strain HX-2 alleviates negative effects of drought stress on maize seedlings. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 79(3), 396-404. doi:10.4067/S0718-58392019000300396
- Ma, Y., Rajkumar, M., Luo, Y., & Freitas, H. (2011). Inoculation of endophytic bacteria on host and non-host plants effects on plant growth and Ni uptake. *Journal of Hazardous Materials*, 195, 230-237. doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.08.034
- Mayak, S., Tirosh, T., & Glick, B. R. (2004). Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42(6), 565-572. doi.org/10.1016/j.plaphy.2004.05.009
- Mullet, J. E., & Whitsitt, M. S. (1996). Plant cellular responses to water deficit. In Belhassen, E. (Eds.), *Drought Tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological*

- Analysis* (pp. 41-46). Dordrecht: Springer. doi: 10.1007/978-94-017-1299-6_6
- Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A., & Ashraf, M. (2014). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology Advances*, 32(2), 429-448. doi:10.1016/j.biotechadv.2013.12.005
- Nordstedt, N. P., & Jones, M. L. (2020). Isolation of rhizosphere bacteria that improve quality and water stress tolerance in greenhouse ornamentals. *Frontiers in Plant Science*, 11, 826. doi:10.3389/fpls.2020.00826
- Özen, H. Ç., & Onay A. (2007). *Bitki fizyolojisi*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Öztürk, N. Z. (2015). Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 307-315. doi:10.24925/turjaf.v3i5.307-315.307
- Öztürk, İ., & Korkut, K. Z. (2018). Kuraklığın buğdayın kök ağırlığına etkisi ve kökün bazı fizyolojik parametrelerle ilişkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27(1), 14-24. doi:10.21566/tarbitderg.436647
- Paliwal, C., Mitra, M., Bhayani, K., Bharadwaj, S. V., Ghosh, T., Dubey, S., & Mishra, S. (2017). Abiotic stresses as tools for metabolites in microalgae. *Bioresource Technology*, 244, 1216-1226. doi:10.1016/j.biortech.2017.05.058
- Premachandra, G. S., Saneoka, H., & Ogata, S. (1990). Cell membrane stability, an indicator of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soyabean. *The Journal of Agricultural Science*, 115(1), 63-66. doi:10.1017/S0021859600073925
- Rosales Serna, R., Shibata, J. K., Acosta Gallegos, J. A., Trejo Lopez, C., Ortiz Cereceres, J., & Kelly, J. D. (2005). Carbohydrate content in plant organs and seed yield in common bean under drought stress. *Agricultura Técnica en México*, 31(2), 139-151.
- Sairam, R. K., & Saxena, D. C. (2000). Oxidative stress and antioxidants in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 184(1), 55-61. doi:10.1046/j.1439-037x.2000.00358.x
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E. & Şahin, Ü. (2016). Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada fide gelişimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3), 332-338.
- Şahin, E., Karagöz, K., Çakmakçı, R., & Tosun, M. (2010, Temmuz). *Azot Fiksasyonu ve Fosfat Çözücü Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteri Aşulamalarının Arpa Gelişimine Etkisi*. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, Erzurum.
- Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., & Weschke, W. (2000). Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedlings of foxtail millet (*Setaria italica*). *Physiologia Plantarum*, 109(4), 435-442. doi.org/10.1034/j.1399-3054.2000.100410.x
- 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 Physiology and Biochemistry*, 99, 108-117. doi:10.1016/j.plaphy.2015.11.001
- Tozlu, E., Karagöz, K., Babagil, G. E., Dizikisa, T., & Kotan, R. (2012). Effect of some plant growth promoting bacteria on yield, yield components of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Aras 98). *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(2), 101-106.
- Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., & Oral, E. (2021). Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen soya fasulyesinin (*glycine max* L.) bazı fizyolojik özellikleri üzerine rizobakteri (pgpr) uygulamalarının etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 359-368. doi: 10.33202/comuagri.881226
- Tüfenkçi, Ş., Demir, S., Şensoy, S., Ünsal, H., Durak, E. D., Erdinc, C., & Ekincialp, A. (2012). The effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the seedling growth of four hybrid cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36(3), 317-327. doi: 10.3906/tar-1012-1608
- Türkan, I., Bor, M., Özdemir, F., & Koca, H. (2005). 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 Science*, 168(1), 223-231. doi: 10.1016/j.plantsci.2004.07.032
- Uslu, Ö. S., & Gedik, O. (2009, Ekim). *Akdeniz ikliminde yetiştirilen tritikalenin tuzluluğa karşı*

- toleransının araştırılması*. III. International Mediterranean Forest and Environment Symposium (IMFES 2019), Kahramanmaraş, Türkiye.
- Valentovic, P., Luxova, M., Kolarovic, L., & Gasparikova, O. (2006). Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relations in two maize cultivars. *Plant Soil and Environment*, 52(4), 184.
- Vardharajula, S., Zulfikar Ali, S., 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. *Journal of Plant Interactions*, 6(1), 1-14. doi:10.1080/17429145.2010.535178
- Yağmur, Y. (2008). *Farklı asma (Vitis vinifera L.) çeşitlerinin kuraklık stresine karşı bazı fizyolojik ve biyokimyasal tolerans parametrelerinin araştırılması*. (Yüksek lisans tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye.
- Yıldırım, E., Caşka Kılıçaslan, S., Ekinci, M., & Kul, R. (2020). Kuraklık stresinin fasulyede bitki gelişimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(2), 264-273.
- Verdonck, O., & Gabriels, R. (1992). Reference method for the determination of physical properties of plant substrates. II. Reference method for the determination of chemical properties of plant substrates. *Acta Horticulturae*, 302(10), 169-79. doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.302.16
- Wani, P. A., & Khan, M. S. (2010). *Bacillus* species enhance growth parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in chromium stressed soils. *Food and Chemical Toxicology*, 48(11), 3262-3267. doi.org/10.1016/j.fct.2010.08.035