



## Effects of Endophytice Bacteria Applications on Pepper Seedlings Growth of under Different Drought-Stress Conditions

Aynur Sadak<sup>1,a,\*</sup>, Abdulrahman Smail İbrahim<sup>1,b</sup>, Suat Şensoy<sup>2,c</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticulture, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Van Yüzüncü Yıl University, 65090 Van, Turkey

<sup>2</sup>Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Van Yüzüncü Yıl University, 65090 Van, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 31/12/2020 Accepted : 30/06/2021</p> <p><b>Keywords:</b> Drought Endophyte bacteria Plant growth Yield Pepper</p>	<p>The study was carried out as a pot experiment in controlled conditions in order to reveal the effect of endophyte bacteria (EB) applications on the development of pepper seedlings grown under different drought stress. Mostar F1 was used as pepper variety. Applied endophyte bacterial isolates were <i>Ochrobactrum</i> sp. (CB36/1) and <i>Bacillus</i> sp. (CA41/1). The EB application was applied twice (first application 10 ml- second application 15 ml) at a density of 10<sup>9</sup> cfu/ml. All pots were irrigated regularly for 52 days after seed sowing. While irrigation was continued at 2-day intervals in control (B0) applications, four and eight days drought stresses were applied in the second (B1) and last (B2) application. As plant growth parameters, stem diameter, shoot length and root length, shoot fresh and dry weights, leaf number, root fresh and root dry weight were examined. It has been determined that the effects of B1 and B2 stress applications on plant growth were generally negative. It has been determined that endophyte bacteria applications have relatively positive effects against the negativity caused by different drought stresses.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(7): 1277-1282, 2021

## Endofit Bakteri Uygulamalarının Farklı Kuraklık Stresi Koşulları Altındaki Biber Fide Gelişimine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 31/12/2020 Kabul : 30/06/2021</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Bitki gelişimi Endofit bakteri Kuraklık Verim Biber</p>	<p>Çalışma, endofit bakteri uygulamalarının farklı kuraklık stresi altında yetiştirilen biber fidelerinin gelişimi üzerine etkisini ortaya koyabilmek amacıyla, kontrollü koşullarda saksı denemesi şeklinde yürütülmüştür. Biber çeşidi olarak Mostar F<sub>1</sub>; endofit bakteri olarak da <i>Ochrobactrum</i> sp. (CB36/1) ve <i>Bacillus</i> sp. (CA41/1)) izolatları uygulanmıştır. Bakteri uygulaması, 10<sup>9</sup> cfu/ml yoğunluğunda iki kez (ilk uygulama 10 ml- ikinci uygulama 15 ml) yapılmıştır. Tohum ekiminden itibaren, 52 gün boyunca tüm saksılar düzenli olarak sulanmıştır. Kontrol (B0) uygulamalarında sulamalara 2 gün aralıklar ile devam edilmiş; ikinci uygulamada (B1) dört günlük bir kuraklık stresi ve son uygulamada (B2) ise 8 günlük bir kuraklık stresi uygulanmıştır. Bitki gelişim parametreleri olarak; gövde çapı, sürgün boyu ve kök uzunluğu, sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlığı, yaprak sayısı, kök yaş ve kök kuru ağırlığı incelenmiştir. B1 ve B2 stres uygulamalarının, bitki gelişimine etkisinin genel olarak olumsuz olduğu tespit edilmiştir. Endofit bakterileri uygulamalarının ise farklı kuraklık streslerinin yol açtığı olumsuzluğa karşı nispeten olumlu düzeyde etkilere sahip olduğu belirlenmiştir.</p>

<sup>a</sup> [aynuersadak@gmail.com](mailto:aynuersadak@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5865-6497>

<sup>c</sup> [abdulrahman.ismahil85@gmail.com](mailto:abdulrahman.ismahil85@gmail.com)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0714-6585>

<sup>e</sup> [suatensoy@gmail.com](mailto:suatensoy@gmail.com)

<sup>f</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7129-6185>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Giriş

Bitkiler, yaşamları boyunca ve sürekli olarak abiyotik veya biyotik stres koşulları ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Kuraklık veya yarı kuraklık, bitkisel üretimi ve verimi olumsuz etkileyen önemli bir abiyotik strestir. Strese maruz kalan bitkilere farklı endofit uygulamalarının yarar sağladığı ve son yıllarda yapılan çalışmalarda kuraklık veya yarı kuraklık gibi bazı stres koşullarında sürdürülebilirlik açısından faydalı olabileceği düşünülmektedir. Dünyanın su ihtiyacı gün geçtikçe daha çok artmaktadır (Gungor, 1989; Türkeş ve ark., 2000). Dünyamız küresel ısınma açısından tehlike altında bulunmaktadır (Jaleel ve ark., 2007). Küresel ısınmanın etkisi, gün geçtikçe daha çok belli olamaya ve iklim değişikliklerin oluşmasına neden olmuştur. Bu iklim değişikliği birçok alanda olduğu gibi, tarım alanlarında da abiyotik ve biyotik stresin oluşmasına sebep olmuştur (Özen ve Onay, 2007). Bu stres koşullarında, su kısıtlanmalarıyla kuraklık ve yarı kuraklık stresi de meydana gelmektedir (Sağlam, 2004). Genel olarak, kuraklık veya kuraklık stresi düzensiz yağışların oluşmasıyla, mevsim geçişlerinin gecikmesiyle, yüksek sıcaklığın ve yoğun rüzgârın etkileri neden olmaktadır (Capell ve ark., 2004).

Endofit bakteriler, büyüme ve gelişmeyi teşvik eden rizo bakteriler olarak bilinmekte ve bitkilerde generatif ve vegetatif gelişimi olumlu yönde etkilemektedir (Nadeem ve ark., 2014). Endofit bakteriler, abiyotik veya biyotik stres koşullarında bitkinin gelişimini olumlu etkilemekte, bitkiyi abiyotik streslere karşı korumakta ve strese karşı bitkinin dayanıklılığını arttırmaktadır (Sadak ve ark., 2021). Ayrıca endofit bakteriler, topraktan fosfat ve nitrat birikimini önleyerek, topraktan alınan besin element alımını arttırmakta ve genel olarak gübreye ihtiyacı daha az duyulduğu bilinmektedir (Yang ve ark., 2009). Su stresi, artık günümüzde önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple bu soruna alternatif yöntemler bulunmalı ve sürdürülebilirlik açısından bazı önlemler alınmalıdır. Endofit bakterilerin bitkide abiyotik streslere karşı dayanımı arttırdığı bildirilmektedir (Pıtır, 2015). Endofit bakterilerin, bitki gelişimi üzerine etkilerinin olumlu olduğu belirtilerek, daha kaliteli ürünlerin elde edilmesine, kuraklığa ve bazı hastalıklara dayanıklılık sağladığı ileri sürülmektedir (Dobbelaere ve ark., 2001). Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin; fosfatı çözdüğü, azotu tuttuğu, bitkisel hormon ürettiği ve enzim aktivitelerini arttırdığı, stres etileni miktarını azalttığı, abiyotik stres koşullarının olumsuz etkilerini azalttığı literatürde bildirmektedirler (Çakmakçı ve ark., 2005; Çakmakçı ve ark., 2007; Çakmakçı, 2014).

Ülkemizde, biber yetiştiriciliği önemli bir yere sahiptir. Hem sıcak iklim sebzesi hem de suyu çok sevmesiyle bilinen biber, kuraklık stresine hassas bir türdür ve su stresi koşullarından oldukça kolay etkilenmektedir (Öztürk, 2002; Ertek ve ark., 2007).

Bu çalışmada, farklı düzeylerde kuraklık stresine maruz bırakılan biber fidelerinin gelişmesi üzerine endofit bakterilerinin etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada, bitkisel materyal olarak Mostar F<sub>1</sub> çeşidi ve biyolojik ajan olarak *Bacillus* sp. (CA41/1) ve *Ochrobactrum* sp. (CB36/1) kullanılmıştır. İki su stresi

düzeyinin yer aldığı denemede, iki biyolojik ajanın etkisi test edilmiştir. Stres faktörlerinde ve ajanlarda, birer kontrol uygulaması da bulundurulmuştur. Böylece, denemede dokuz (3×3) uygulama yer almıştır. Üç tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme deseni sistemine göre yürütülen denemede, her tekerrürde 3 bitki olmak üzere, toplamda 81 bitki ile çalışılmıştır. Saksı denemesi olarak yürütülen çalışmada, üç litrelik saksılara torf ve perlit 1:1 oranında doldurulmuştur. Tohumlar musluk suyu ile yıkanmış ve saksılara ekilmiştir. Çalışma kontrollü koşullarda iklim odasında yapılmış, 14 saat floresan aydınlatma (yaklaşık 8000 lüks ışık yoğunluğu) ile %70 bağıl nem ve 24±1°C sıcaklık koşulları sağlanmıştır. Çalışma, tohum ekiminden 60 gün sonra sonlandırılmıştır.

### Endofit Bakteri

Biyolojik ajan olarak, *Bacillus* sp. (CA41/1) ve *Ochrobactrum* sp. (CB36/1) kullanılmıştır. Endofit bakteriler, King's B (Pepton 20 g/l, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1,5g/l, MgSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O 1,5 g/l, Gliserol 10 ml/l, Agar 15 g/l) besi yerinde geliştirilmiş ve 48 saatlik endofit bakteri kültürlerinden 10<sup>9</sup> cfu/ml yoğunluğunda süspansiyon hazırlanmıştır (Özaktan ve ark., 2015). Hazırlanan süspansiyonlar, bitkilere iki kez uygulanmıştır. İlk uygulama tohum ekiminden 20 gün sonra (10 ml/fide), ikinci uygulama ise tohum ekiminden 40 gün sonra (15 ml/fide) yapılmıştır. Bakteri uygulamaları, tüm fidelere eşit miktarda köklere içirme biçiminde uygulanmıştır.

### Farklı Kuraklık Uygulamaları

Farklı kuraklık stresindeki biber fidelerinin gelişimi üzerine endofit bakterilerin etkisini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada, tüm deneme süresi boyunca düzenli olarak tüm saksılara eşit miktarda sulama yapılmıştır. Stres uygulamaları, iki farklı kuraklık uygulaması olarak denenmiştir. Tohum ekiminden itibaren 52 gün boyunca, bütün saksılara iki günde bir eşit miktarda su verilmiştir. Deneme sonunda, Kontrol (B0) uygulamalarında sulamaya 2 gün aralıklar ile devam edilmiş; ikinci uygulamada (B1) 4 gün sulama yapılmamış ve son uygulamada (B2) ise 8 gün boyunca sulama yapılmamıştır (Kuşvuran, 2010; Kabay, 2014).

### Sürgün Yaş ve Sürgün Kuru Ağırlığı

Uygulamalar sonunda sökülen bitkiler 0,1 g hassasiyetteki bir terazide tartılarak, sürgün yaş ağırlığı belirlenmiştir. Aynı örnekler 24 saat açıkta bekletilmiş, daha sonra iyice kuruması için 65°C'lik etüvde 48 saat süreyle kurutulmuş ve 0,1 mg hassasiyetteki bir terazide ölçülerek kuru ağırlıkları belirlenmiştir.

### Kök Yaş ve Kök Kuru Ağırlığı

Sürgünlerinden ayrılan tüm bitkilerin kökleri 0,1 g hassasiyetteki bir terazide tartılmış, kök yaş ağırlığı elde edilmiştir. Aynı örnekler 24 saat açıkta bekletilmiş, daha sonra iyice kuruması için 65°C'lik etüvde 48 saat süreyle kurutulmuş ve 0,1 mg hassasiyetteki bir terazide ölçülerek kök kuru ağırlığı belirlenmiştir.

### Sürgün Boyu ve Kök Uzunluğu

Sürgün boyu; sürgünlerin kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölge, kök boyu, kök boğazından kök ucuna kadar olan bölge olmak üzere 1 mm hassasiyetteki bir cetvel ile ölçülmüştür.

### **Yaprak Sayısı**

Yaprak sayısı, bitkideki tüm yaprakların tek tek sayılmasıyla adet/bitki olarak tespit edilmiştir.

### **Gövde Çapı**

Bitkilerde gövde çapı, bir kumpas ile mm ( $\pm 0,5$ ) cinsinden belirlenmiştir.

### **İstatistik Analiz**

Araştırmada farklı kuraklık stresi ve endofit bakteri uygulamaları ortalamalarından elde edilen verileri karşılaştırmak amacıyla, varyans analizi için IBM SPSS 21.0 paket programı kullanılmıştır. İstatistiksel açıdan önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklar, Duncan çoklu karşılaştırma testi'ne göre gruplandırılmıştır.

### **Bulgular ve Tartışma**

Çalışmada, farklı kuraklık stresi altında yetiştirilen biber fidelerine endofit bakteri uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Kuraklık stresinin, bitki gelişimi üzerine etkisinin olumsuz olduğu tespit edilmiş ve öne çıkan bazı parametreler aşağıda belirtilmiştir. Biber fidelerine uygulanan farklı su kısıtlama uygulamalarının ve bunları azaltmak amacıyla verilen endofit bakteri uygulamalarının, sürgün kuru ve sürgün yaş ağırlıklarına, kök kuru ve kök yaş ağırlıklarına, sürgün boyuna ve kök uzunluklarına, gövde çapı ve yaprak sayılarına etkileri Çizelge 1'de sunulmuştur.

Çalışmada B1 ve B2 uygulamaları, fidelerde sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlıkları arasında önemli farklılıklara yol açmıştır. Kontrol grubu uygulaması (B0) ile stres grubu uygulamaları arasında, sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlıklarından elde edilen değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak ( $P \leq 0,01$ ) önemli olduğu tespit edilmiştir. Endofit bakteri uygulamaları ve endofit bakteri x stres (B1, B2) uygulamaları interaksyonu, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlık verilerine göre, kontrol grubu (B0) bitkilerin sürgün yaş ağırlık ortalaması 26,32 g, B2 grubu bitkileri ortalaması 12,79 g olurken; B1 grubu bitkileri ortalaması 26,51 g olmuştur. Sürgün kuru ağırlığı, biber fidelinde B0 grubu bitkileri ortalaması 2,50 g ve B2 grubu bitkiler ortalaması 1,80 g olarak tespit edilmiştir. CB36/1 ve CA41/1 bakteri uygulamaları, kontrole göre nispeten sürgün yaş ve kuru ağırlığında bir miktar azalmaya neden olmuştur. Stres uygulamalarının (B1, B2) ise bitkide sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlıklarını kontrole (B0) kıyasla kısmi ölçüde azalttığı tespit edilmiştir.

Kök yaş ve kök kuru ağırlık verilerine göre, kontrol uygulaması (B0) ile stres uygulamaları (B1, B2) arasında kök yaş ve kuru ağırlıklarından elde edilen veriler arasındaki fark, istatistiksel olarak ( $P \leq 0,01$ ) önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Endofit bakteri x stres uygulamaları (B1, B2) interaksyonu ise istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Kök yaş ağırlığı, B2 uygulamaları ortalaması 3,62 g ve B1 uygulaması ortalaması 2,42 g olurken, B0 uygulama grubu bitkilerin ortalaması 2,47 g olarak belirlenmiştir. Kök kuru ağırlığı, B2 uygulaması ortalaması 1,79 g ve B1 uygulamaları ortalaması 0,85 g olurken, kontrol grubu (B0) bitkilerin ortalaması 0,76 g olmuştur. CB36/1 ve CA41/1 bakteri uygulamalarında, kontrole göre kök kuru ve kök yaş ağırlığında önemli miktarda bir artış

olduğu gözlemlenmektedir (Çizelge 1). Biber üretiminde kaliteli bir ürün ve uygun yetiştiricilik için, yeterli su miktarının tüm bitki gelişim dönemi süresinde olması gerektiği bilinmektedir.

Fide gelişim döneminde, su kısıtlamasına maruz kalan bitkilerde genel olarak sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlığı üzerinde önemli ölçüde azalmaların meydana geldiği bilinmektedir (Doorenbos ve Brummelen, 1989). Su, bitki gelişimi için temel bir bileşendir. Su noksanlığının etkisi, bitki gelişimini oldukça olumsuz etkilemektedir. Bitkinin bünyesine yeteri kadar su alamamış olması, düzensiz sulama yapılması, bitkiye verilen su miktarının bitkiye yeterli gelmemesi durumunda, bitki gelişimi olumsuz etkilemektedir (Işık, 2012). Kuraklık stresinin bitki üzerindeki olumsuz etkisini bir miktar azaltmak amacıyla, endofit bakteriler kullanılmaktadır. Stres faktöründen dolayı bitki gelişiminde meydana gelen olumsuz etkileri, bazı bakteri (*Ochrobactrum* sp.) uygulamalarının nispeten giderebildiği tespit edilmiştir. Endofit bakteri uygulamalarının, su eksikliğini giderebilmek amacıyla saçak kök oluşumunun arttığı bilinmektedir. Bakterilerin kök büyümesini teşvik etmesiyle birlikte, bitkide kuraklık stresine karşı dayanıklılığı arttığı bildirilmiştir (Samancıoğlu ve Yıldırım, 2015). Bir biber çeşidi olan Jalapeno (*Capsicum annuum* var. *annuum*) ile ilgili yapılan bir çalışmada, su noksanlığında meydana gelen kuraklık stresinde; yaprak sayısı, gövde çapı, sürgün kuru ve sürgün yaş ağırlığı, kök kuru ve kök yaş ağırlığı gibi özelliklerin genel olarak olumsuz etkilendiğinin tespiti yapılmıştır (Pıtır, 2015). Su stresinin mısır bitkisinde bazı parametreleri araştırılmış ve stresin bitkide sürgün yaş ve sürgün kuru ağırlığı, gövde çapı ve bitki boyu üzerine olumsuz etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Köşkeroğlu, 2006).

B1 (dört günlük kuraklık stresi) ve B2 (sekiz günlük kuraklık stresi) uygulamalarının biber fidelindeki yaprak sayısı ve gövde çapı verileri incelenecek olursak, her iki parametre de genel olarak kuraklık stresinden olumsuz etkilenmiştir. Kontrol (B0) ile B1 ve B2 uygulamaları arasında yaprak sayısı değerleri arasındaki fark ve kontrol uygulaması (B0) ile endofit bakteri grubu uygulamaları arasındaki fark, istatistiksel açıdan ( $P \leq 0,01$ ) önemli olarak değerlendirilmiştir. Yaprak sayısı, B2 uygulamasında ortalama 18,76 adet ve B1 uygulaması ortalama 21,97 adet olurken, kontrol grubu (B0) bitkilerinin bitki başına düşen toplam yaprak sayısı, ortalama 22,02 adet olmuştur. Bu durumda, B2 uygulamasının yaprak sayısını nispeten olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Kontrol uygulamaları (B0) ile endofit bakteri grubu uygulamaları arasında gövde çapı değerleri arasındaki fark, istatistiksel açıdan ( $P \leq 0,01$ ) önemli bulunmuştur (Çizelge 1). Endofit bakteri uygulamaları ve endofit bakteri x stres uygulamaları (B1 ile B2) interaksyonu, istatistiksel olarak önemsiz olmuştur. Gövde çapı bakımından; B2 uygulaması ortalama 5,17 mm ve B1 uygulamaları ortalama 5,45 mm olurken, B0 grubu bitkilerinin gövde çapı ortalaması 5,26 mm olmuştur (Çizelge 1). Kontrol uygulamalarına göre, endofit bakteri uygulamaları değerlerinde bir miktar daha yüksek sonuçların elde edildiği tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında, kontrol uygulamasına göre, CB36/1 ve CA41/1 uygulamalarının toplam yaprak sayısı ve gövde çapı üzerinde stres uygulamalarına (B1 ve B2) karşı önemli oranda olumlu yönde artışların olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Farklı kuraklık uygulamalarına maruz kalmış biber fidelerinde endofit bakteri uygulamalarının etkileri  
Table 1. Effects of endophyte bacteria treatments on pepper seedlings exposed to different drought treatments

Sürgün Yaş Ağırlığı (g)				
Endofit Bakteri	B0 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Ortalama
Kontrol	25,11	25,30	12,42	20,94 <sup>öd</sup>
CB36/1	26,72	26,42	12,62	21,92
CA41/1	27,14	27,81	13,34	22,76
Ortalama	26,32 A**	26,51 AB	12,79 B	
Sürgün Kuru Ağırlığı (g)				
Endofit Bakteri	B0 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Ortalama
Kontrol	2,26	2,13	1,70	2,03 <sup>öd</sup>
CB36/1	2,78	2,91	1,92	2,53
CA41/1	2,47	2,72	1,78	2,32
Ortalama	2,50 AB**	2,58 A	1,80 B	
Kök Yaş Ağırlığı (g)				
Endofit Bakteri	B0 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Ortalama
Kontrol	2,22	2,01	3,46	2,56 B**
CB36/1	2,56	2,70	3,81	3,02 A
CA41/1	2,64	2,56	3,61	2,93 AB
Ortalama	2,47 B**	2,42 BC	3,62 A	
Kök Kuru Ağırlığı (g)				
Endofit Bakteri	B0 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Ortalama
Kontrol	0,22	0,73	1,69	0,88 B**
CB36/1	0,28	0,98	1,89	1,05 A
CA41/1	0,26	0,85	1,81	0,97 AB
Ortalama	0,76 B**	0,85 B	1,79 A	
Yaprak Sayısı (adet)				
Endofit Bakteri	B0 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Ortalama
Kontrol	20,26	19,35	18,01	19,20 B**
CB36/1	23,92	23,86	19,81	22,53 A
CA41/1	21,90	22,72	18,46	21,02 AB
Ortalama	22,02 A**	21,97 A	18,76 B	
Gövde Çapı (mm)				
Endofit Bakteri	B0 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Ortalama
Kontrol	4,91	4,83	4,63	4,79 C**
CB36/1	5,66	6,05	5,96	5,89 A
CA41/1	5,22	5,49	4,92	5,21 B
Ortalama	5,26 <sup>öd</sup>	5,45	5,17	
Sürgün Boyu (cm)				
Endofit Bakteri	B0 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Ortalama
Kontrol	21,40	20,10	19,78	20,42 <sup>öd</sup>
CB36/1	22,01	20,93	20,11	21,01
CA41/1	21,80	20,43	20,08	20,77
Ortalama	21,73 <sup>öd</sup>	20,48	19,99	
Kök Uzunluğu (cm)				
Endofit Bakteri	B0 <sup>+</sup>	B1 <sup>+</sup>	B2 <sup>+</sup>	Ortalama
Kontrol	12,84	14,63	16,49	14,65 <sup>öd</sup>
CB36/1	13,69	16,51	18,52	16,24
CA41/1	15,01	16,15	17,51	16,22
Ortalama	13,84 C**	15,76 B	17,50 A	

öd: önemli değil \*\*; P<0,01 Düzeyinde önemli +: B0: Kontrol (2 gün aralıklarla düzenli sulama), B1: Dört günlük kuraklık stresi B2: Sekiz günlük kuraklık stresi

Literatürde sıcak iklim sebzesi olan biber bitkisinde kısıtlı sulamanın etkisi araştırılan bir çalışmada, sulama suyu miktarının azalmasıyla gövde çapı ve bitki başına düşen yaprak sayısı değerlerinde azalmaların meydana geldiği belirtilmiştir (Işık, 2012). Kuraklık stresinin genel olarak bitki gelişimini olumsuz etkilediğini belirten çalışmalarda, su stresi altında yetiştirilen biber bitkisinin gelişim etkilerine bakıldığında, bitki başına düşen yaprak sayısı miktarının kontrole göre azaldığı ve gövde çapının

belirli düzeye düştüğü belirtilmiştir (Pıtır, 2015; Sadak ve ark., 2019).

Çalışmada, biber fidelerine uygulanan farklı kuraklık stresleri (B1 ve B2) ve endofit bakteri uygulamalarının, sürgün boyuna ve kök uzunluğuna etkisi Çizelge 1'de belirtilmiştir. B0 ile B1 ve B2 uygulamalar arasında, sürgün boyu değerleri arasında farklılıklar olmasına rağmen, bu farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. B1 ve B2 uygulamalarında bitkilerin sürgün

boyu, kontrole (B0) kıyasla önemli ölçüde azalmıştır. Kontrol (B0) grubu bitkilerin sürgün boyu ortalaması 21,73 cm olurken, B2 uygulamasına maruz kalan bitkilerin ortalaması 19,99 cm ve B1 uygulamasına maruz kalan bitkilerin sürgün boyu ortalaması 20,48 cm olmuştur. Bakteri uygulamalarında, CB36/1 ve CA41/1 bakteri uygulamaları, kontrole göre sürgün boyu uzunluğunda nispeten küçük azalışlara neden olmuştur. Biber fidelerinin kök uzunluklarından elde edilen değerlerde, kontrol grubu uygulama (B0) ile stres grubu uygulamaları (B1 ve B2) arasındaki farklar, istatistiksel olarak ( $P \leq 0,01$ ) önemli bulunmuştur. B2 uygulamalarında ortalama kök uzunluğu 17,50 cm, B1 uygulamalarında ortalama 15,76 cm olurken, B0 uygulama grubu fidelerinin ortalama kök uzunluğu 13,84 cm olmuştur (Çizelge 1). Bu durumda farklı kuraklık stresine maruz bırakılan biber fidelerinin kök uzunluğunun, kontrole (B0) göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Su stresinin oluşmasıyla, bazı fide gelişim parametrelerinde (yaprak sayısı, gövde çapı, sürgün boyu, sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı ve kök yaş ve kök kuru ağırlık) önemli düzeyde azalma olduğu dikkati çekmektedir (Doğan, 2006; Sadak ve ark., 2021).

## Sonuç

Çalışmada, iki farklı stres [B1 (dört günlük kuraklık stresi) ve B2 (sekiz günlük kuraklık stresi)] ile iki farklı endofit bakteri [*Ochrobactrum* sp. ve (CB36/1) ve *Bacillus* sp. (CA41/1)] uygulamaları ile çalışılmıştır. Genel olarak stres uygulamaları sonucunda, incelenen parametreler bakımından kontrol değerlerine oranla fidelerin olumsuz etkilendiği görülmüştür. Endofit bakterilerin, stres durumundaki bitkilerin gelişimine bazı olumlu etkilerinin olduğu ve stresin bitkide oluşturduğu olumsuzluk karşısında bitkiyi nispeten koruduğu gözlemlenmiştir. Endofit bakteri uygulamaları arasında; sürgün boyu, gövde çapı, sürgün yaş ağırlığı, yaprak sayısı, sürgün kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığı verilerinde genel olarak en yüksek değerlerin olduğu grup, '*Ochrobactrum* sp. (CB36/1)' uygulaması olarak tespit edilmiştir. Her iki endofit bakteri uygulaması da genel olarak bitki gelişim parametrelerinde nispeten olumlu artışlara sebep olmuştur. Stres grubu uygulamaları arasında; dört günlük kuraklık stresinin, sekiz günlük kuraklık stresine göre bitkileri nispeten daha az etkilediği gözlemlenmiştir. Kuraklık stresi, genel olarak tüm parametrelerde bitki gelişimi üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmiştir.

Dünyada tarım alanları için kuraklık stresi, yüksek sıcaklık, yetersiz veya eksik sulama önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bitkilerin genel stres koşullarına toleransı için kuraklık stresine toleran çeşitlerin ıslahının yapılması ve daha dayanıklı çeşitlerin elde edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da endofit bakterilerin kuraklık ve yarı kuraklık stresindeki biber fidelerinin bitki gelişimi üzerine etkisi incelenmiş ve endofit bakterilerin kök sisteminin gelişimini teşvik ederek abiyotik stres koşullarına dayanımı nispeten arttırdığı tespit edilmiştir. Biber fidelerinde, stres uygulamaları ile endofit bakteri uygulamalarından elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre, stresin etkisi ile fidelerde meydana gelen bazı olumsuzluklarda, endofit bakteri uygulanmasıyla stresin bir miktar

giderildiği bildirilmektedir. Endofit bakteri ile bitki arasındaki ilişkilerin belirlenmesine yönelik yapılan araştırmalar artırıldıkça, bitki gelişimini arttıran bakterilerle yapılacak çalışmaların artacağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Capell T, Bassie L, Christou P. 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101(26): 9909-9914.
- Çakmakçı R. 2014. Mikrobiyal gübre olarak kullanılabilir mikroorganizmaların etki mekanizmaları ve özellikleri. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı, ss: 5-17.
- Çakmakçı R, Dönmez M, Canpolat F, M Sahin F. 2005. Sera ve farklı tarla koşullarında bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin bitki gelişimi ve toprak özelliklerine etkisi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 1: 45-50.
- 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 Science, 170(2): 288-295.
- Dobbelaere S, Croonenborghs A, Thys A, Ptacek D, Vanderleyden J, Dutto P, Labandera-Gonzalez C, Caballero Mellado J, Aguirre J, Kapulnik Y, Brenner S, Burdman S, Kadouri D, Sarig S, Okon, Y. 2001. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. Aust. J. Plant. Physiol., 28: 871-879.
- Doğan N. 2006. Su Stresi Altındaki Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinin İyon Alım Mekanizmasının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Doorenbos C, Brummelen J. 1989. The effect of acute ACE inhibition on atrial natriuretic peptide. British Journal of Clinical Pharmacology, 27: (S2).
- Ertek A, Sensoy S, Gedik I, Kucukyumuk, C. 2007. Irrigation scheduling for green pepper (*Capsicum annum* L.) grown in field conditions by using class-A pan evaporation values. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci, 2(4): 340-358.
- Gungor M. 1989. A statistically significant experimental technique for investigating microsegregation in cast alloys. Metallurgical Transactions A, 20(11): 2529-2533.
- IBM, SPSS. <http://www.ibm.com/tr-tr/analytics/spss-statistics-software>
- İşık F. 2012. Minirhizotron Kamera ile Elde Edilen Kök Yoğunluğu Görüntüleri Esas Alınarak Yapılan Sulamaların Biberin Kök Gelişimi, Verim ve Su Kullanım Randımanlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Çanakkale.
- Jaleel C, Manivannan A, Sankar P, Kishorekumar B, Gopi A, Somasundaram R, Panneerselvam R. 2007. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. Colloids and surfaces B: Biointerfaces, 60(1): 110-116.
- Kabay, N. 2014. Abrasion resistance and fracture energy of concretes with basalt fiber. Construction and Building Materials, 50: 95-101.
- Köşkeröğlu S. 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde profilin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Muğla.
- Kuşvuran Ş. 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Nadeem S, M Ahmad, M Zahir, 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.

- Özaktan H, Gül A, Çakir B, Yolageldi L, Akköprü A. 2015. Bakteriyel Endofitlerin Hıyar Yetiştiriciliğinde Biyogübre ve Biyopestisit Olarak Kullanılma Olanakları. TÜBİTAK COST 111O505 Nolu Proje Sonuç Raporu, ss: 149-152.
- Özen HÇ, Onay A. 2007. Bitki Fizyolojisi. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım. ISBN 978-605-133-480-6
- Öztürk K. 2002. Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1): 47-65.
- Ptır M. 2015. Biber Yetiştiriciliğinde Farklı Su Kısıtlarının Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Sadak A, Akköprü A, Sensoy S. 2019. Endofit bakterilerin biber fidelerinin kuraklık stresinden geri dönüşümü üzerine etkileri. Muş Ovası Tarım Bilimleri Kongresi, 24-27 Eylül, ss: 60-80.
- Sadak A, Akköprü A, Şensoy S. 2021. Effects of Endophytic Bacteria on Some Physiological Traits and Nutrient Contents in Pepper Seedlings under Drought Stress. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 31(1): 237-245.
- Samancıoğlu A, Yıldırım E. 2015. Bitki gelişimini teşvik eden bakteri uygulamalarının bitkilerde kuraklığa toleransı artırmadaki etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(1): 72-79.
- Sağlam A. 2004. Ağır Kuraklık Stresi Geçirmiş Ctenanthe Setosa Bitkisinin Yeni Kuraklık Koşullarına Adaptasyon Yeteneğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- Türkeş M, Sümer UM, Çetiner G. 2000. Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları. Ankara: ÇKÖK Gn. Md., İstanbul Sanayi Odası, ss: 7-24.
- Yang J, Kloepper J, Ryu M. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends in Plant Science, 14(1): 1-4.