

## Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Farklı Tuz ve Putresin Uygulamalarının Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkileri

Beyhan KİBAR<sup>1\*</sup>, Bilgehan ŞAHİN<sup>1</sup>, Ousseini KIEMDE<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma, dünyada ve ülkemizde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ve tuzluluğa hassas sebze türleri içerisinde yer alan fasulyede farklı tuz ve putresin uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bitkisel materyal olarak Öz Ayşe sırk taze fasulye çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada, 3 farklı tuz (NaCl) seviyesi (50, 100 ve 200 mM) ve 3 farklı putresin dozunun (0.1, 1 ve 2 mM) kullanıldığı toplam 16 farklı uygulama ele alınmış olup, tuz ve putresinin ayrı ayrı ve birlikte etkileri incelenmiştir. Çimlendirme ve fide denemesi şeklinde yürütülen çalışmada; çimlenme oranı, radikula ve plumula uzunluğu, radikula yaş ve kuru ağırlığı, plumula yaş ve kuru ağırlığı, fide boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı, klorofil, renk (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°), pH, elektriksel iletkenlik ve kuru madde miktarı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda uygulamalar arasında incelenen özellikler bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur. Tuzluluğun fasulye tohumlarında çimlenmeyi büyük ölçüde engellediği tespit edilmiştir. Tuzluluk şiddetinin artması ile çimlenme oranında ve fide büyümesinde önemli derecede azalma görülmüştür. Tuz stresi altında putresin uygulamaları çimlenme özellikleri ve fide gelişim parametrelerinde artış sağlamıştır. Genel olarak putresin uygulamalarının tuz stresinin çimlenme ve fide gelişimi üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri azalttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, putresinin 0.1 ve 1 mM'lık dozlarının 2 mM'lık doza göre hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda çimlenme ve fide büyümesi üzerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fasulye, tuz stresi, poliaminler, büyüme.

### Effects of Different Salt and Putrescine Applications on Germination and Seedling Growth in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

**ABSTRACT:** This study was conducted to determine effects of different salt and putrescine applications on germination and seedling growth in bean, which is widely cultivated in the world and in our country and is one of the vegetable species sensitive to salinity. Öz Ayşe pole fresh bean variety was used as herbal material. In the study, a total of 16 different applications using 3 different levels of salt (50, 100 and 200 mM) and 3 different doses of putrescine (0.1, 1 and 2 mM) were investigated. The effects of salt and putrescine separately and together were examined. In the study carried out in the form of germination and seedling experiment; germination rate, radicle and plumule length, radicle fresh and dry weight, plumule fresh and dry weight, seedling height, stem diameter, root length, seedling fresh and dry weight, root fresh and dry weight, number of leaves, chlorophyll, color (L\*, a\*, b\*, C\* and h°), pH, electrical conductivity and dry matter amount were determined. As a result of research, significant differences were found among the applications in terms of properties examined. It was determined that salinity greatly prevented germination in bean seeds. A significant decrease was observed in germination rate and seedling growth with increasing of salinity severity. The putrescine applications under salt stress provided an increase in germination properties and seedling growth parameters. In general, it was detected that putrescine applications reduced negative effects of salt stress on germination and seedling growth. As a result, it was determined that 0.1 and 1 mM doses of putrescine were more effective on germination and seedling growth under both saline and normal conditions compared to 2 mM dose.

**Keywords:** Bean, salt stress, polyamines, growth.

<sup>1</sup>Beyhan KİBAR (Orcid ID: 0000-0001-9253-5747), Bilgehan ŞAHİN (Orcid ID: 0000-0003-2809-390X), Ousseini KIEMDE (Orcid ID: 0000-0002-3837-8645), Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Beyhan KİBAR, e-mail: beyhan.kibar@ibu.edu.tr

Geliş tarihi / Received: 30-07-2020

Kabul tarihi / Accepted: 09-09-2020

## GİRİŞ

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), *Leguminosae* (*Fabaceae*) familyasında yer almaktadır. Tüm dünyada yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan fasulye Orta ve Güney Amerika kökenli bir sebzedir. Baklagil grubu sebzeler içerisinde yer alan fasulye, insan beslenmesi ve sağlığı açısından oldukça önemlidir. Protein, karbonhidrat, mineral maddeler (fosfor, kalsiyum, potasyum, demir ve çinko), diyet lifi, A, B1, B2 ve C vitamini açısından oldukça zengindir (Blair, 2013). Ayrıca fasulye bitkisi yetiştirildiği toprağa da olumlu etkilerde bulunmaktadır. Fasulye, köklerinde bulunan nodüller içerisindeki *Rhizobium* bakterileri vasıtası ile havanın serbest azotundan yararlanıp toprağı azotça zenginleştirmesi, toprağın yapısını düzeltmesi, toprağın organik madde miktarını artırması, ekim nöbetine girmesi ve çapa bitkisi olması sebebiyle kendinden sonra ekilecek bitkilere temiz ve verimli bir toprak bırakmaktadır (Sprenst, 2001; Direk ve ark., 2002). Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yetiştirme alanı ve üretim miktarı bakımından önemli bir yere sahip olan taze fasulye genel olarak bütün bölgelerimizde yetiştirilmektedir. Ülkemizde 2019 yılında 45.326 ha alanda 596.074 ton taze fasulye üretimi yapılmıştır (TÜİK, 2020). Dünya taze fasulye üretimi bakımından ülkemiz Çin ve Endonezya'dan sonra 3. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2020). Fasulye tuzluluğa en hassas sebze türlerinden birisidir (Yaşar ve ark., 2008).

Tuzluluk, halofit bitkiler hariç, bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyen ve ürün kaybına neden olan abiyotik stres faktörlerinin en önemlilerinden biridir. Dünya genelinde ekili alanların yaklaşık %20'si ve sulanan alanların %50'si tuzluluktan etkilenmektedir (Flowers ve Yeo, 1995). Tarımsal açıdan önemli bitkilerde ürün potansiyelinin yaklaşık yarısının tuzluluktan dolayı kaybedildiği tahmin edilmektedir (Kreps ve ark., 2002). Özellikle gelişmekte olan ülkelerde tuzluluğun tarımsal üretimi sınırlayan önemli bir stres faktörü olduğu bildirilmektedir (El-Tayeb, 2005). Kurak ve yarı kurak bölgelerde yağışın yetersiz ya da dağılımının çok dengesiz olduğu alanlarda tuzluluk problemi doğal olarak bulunmaktadır. Buna ilave olarak, sulama yapılan arazilerde aşırı ve bilinçsiz sulama, sulama suyu kalitesinin düşük olması ve aşırı gübre kullanımı gibi faktörler toprakta tuzluluğa neden olmaktadır. Tuz stresinin bitki üzerinde meydana getirdiği negatif etkiler tohum çimlenme aşamasından itibaren etkisini göstermeye başlamaktadır. Tohum çimlenmesi, bitki büyüme ve gelişmesi üzerinde tuzluluğun etkisi oldukça önemlidir (Çavuşoğlu ve Kabar, 2008). Tuzlu koşullarda genellikle çimlenme engellenmekte, büyüme hızı yavaşlamakta, verim ve kalite azalmaktadır (Dölarlan ve Gül, 2012). Tuz stresinin şiddeti arttıkça bitkinin ölmesine dahi neden olabilmektedir. Bitkiler üzerinde tuzluluğun birinci (primer) etkisi osmotik ve iyon stresi olarak meydana gelirken, ikinci (sekonder) etkisi bitkide meydana gelen yapısal bozulmalar ve toksik bileşiklerin sentezlenmesi ile oluşmaktadır. Tuz stresi altında bitkilerde osmotik basınç, hücre zarı geçirgenliği, protein sentezi, enzim aktivitesi, fotosentez gibi bazı fizyolojik olaylar olumsuz olarak etkilenmekte ve sonuçta verimlilik önemli oranda düşmektedir. Tuz stresinin bitkilerde kök büyümesinde gerileme, bodurlaşma, tomurcuk oluşumunda azalma, nekrotik lekelerin oluşumu, yaprakların küçük kalması, yaprakların sararması ve bitkinin tamamının kurummasına neden olduğu belirlenmiştir. Bütün bu etkiler bitki tür ve çeşidine, gelişim aşamasına, maruz kalınan tuzun miktarı ve süresine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011). Ekonomik öneme sahip bitkilerin birçoğu tuzluluğa karşı duyarlıdır. Bitkilerin tuza tolerans ve hassasiyetinin belirlenmesi, bitkilerin olumsuz şartlarda yetiştiriciliğinin yapılması durumunda faydalı olacaktır. Sodyum klorür (NaCl) en yaygın toprak tuzudur (Zhu, 2003). Çoğu bitki türünde, tuzluluk ile ilgili fizyolojik çalışmalar genç bitki aşaması temel alınarak gerçekleştirilmektedir (Alian ve ark., 2000). Fide aşamasındaki sonuçlar ile olgun bitki aşamasındaki sonuçlar arasında önemli korelasyonların olduğu, fide aşamasında çalışmanın daha az işçilik, daha az zaman aldığı ve daha ucuz

olduğu belirtilmiştir (Qureshi ve ark., 1990). Tuzluluk, Türkiye topraklarının önemli problemlerinden biridir. Son yıllarda iklimdeki değişimler, sulama sistemlerine bağlı drenaj sorunu, sulama amacıyla kullanılan suyun kalitesi ve miktarındaki azalma nedeniyle giderek olumsuz bir hale gelmektedir (Taban ve ark., 1999). Türkiye’de, yaklaşık 1.5 milyon hektarlık alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu alan, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık %32.5’ine denktir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Tuzlu toprakların ıslahı zaman alıcı ve pahalı olduğundan, artan nüfusun besin ihtiyacının karşılanması için tuzluluğa toleranslı çeşitler geliştirilmelidir. Tuz stresine toleranslı çeşitlerin geliştirilmesi geleneksel ıslah yöntemleri veya modern moleküler biyoloji yaklaşımları ile sağlanabilmektedir. Diğer taraftan, tuza tolerans bakımından tarımsal bitkilerin ıslahı karmaşıklık ve kalıtsal zorluklardan dolayı sınırlanmaktadır (Vinocur ve Altman, 2005). Geleneksel ıslah yöntemleri çok zaman almakta ve elde edilen başarı, genetik olarak değiştirilmiş ürünler için garanti edilememektedir. Bu durumda, tarımsal açıdan önemli bitkilerde tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini azaltmak ve tuz toleransının artırılması için poliaminler gibi dışsal uygulamaların kullanımı hızlı ve alternatif yaklaşımlar olarak görülmektedir.

Bitkilerde doğal olarak meydana gelen ve bitki büyüme düzenleyicileri arasında yer alan poliaminlerin bitki büyüme ve gelişme olaylarında önemli fonksiyonlara sahip olduğu bildirilmektedir (Galston ve Kaur-Sawhney, 1995). Poliaminler tuzluluk, kuraklık, sıcaklık ve ağır metaller gibi birçok abiyotik strese dayanıklılıkta önemli rol oynamaktadır (Hussain ve ark., 2011). Poliaminlerin dışsal uygulamasının farklı stres koşullarında bitki büyüme ve gelişmesini önemli ölçüde iyileştirdiği belirtilmektedir (Xu ve ark., 2011; Shi ve ark., 2013). Bitkilerde poliaminler çimlenme, kök büyümesi, çiçeklenme, sap ve gövde kalınlaşması, yumru gelişimi, meyve olgunlaşması, yaşlanma, embriyogenez, farklılaşma, hücre bölünmesi ve uzaması, nükleik asit ve protein sentezi gibi pek çok fizyolojik olayda etkili olabilmektedir (Kusano ve ark., 2008). Poliaminlerin tuzluluk, kuraklık, ekstrem sıcaklık gibi birçok abiyotik stres koşullarında bitkilerde strese karşı yanıt olarak içsel olarak biriktiği saptanmıştır (Xu ve ark., 2011). Dıştan uygulanan poliaminlerin çeşitli stres koşullarına karşı koruyucu rollerinin olduğu bildirilmektedir (Prakash ve Prathapasenan, 1988). Yüksek bitkilerde bulunan en yaygın poliaminlerin putresin, spermin ve spermidin olduğu ifade edilmiştir (Takahashi ve Kakehi, 2010). Putresin, poliaminler içerisinde genellikle en yüksek oranda bulunandır (Bekircan, 2012). Son yıllarda, poliaminlerin bitkilerde tuz toleransının artırılmasında kullanılabileceği fikri ortaya konulmuştur (Singh ve Gautam, 2013). Tuzlu koşulların çimlenme ve büyüme üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkinin poliaminlerle ortadan kaldırılabilceği belirtilmektedir (Prakash ve Prathapasenan, 1988; Tekin ve Bozcuk, 1998). Tuz stresinde poliaminlerin birçok sebze türünde etkileri üzerine çalışmalar yapılmıştır (Zeid, 2004, Khan ve ark., 2012; Shu ve ark., 2012; Koç ve ark., 2014; Sang ve ark., 2016; Mohamedsrajen, 2019). Bununla birlikte, farklı bitki türlerinin çimlenme ve erken büyüme aşamasında dışsal poliamin uygulamasına cevapları değişmektedir. Tuz stresi koşullarında bitki verimliliğini artırmak için poliaminlerin optimum konsantrasyonları tür ve çeşide göre değişmektedir. Ayrıca dışsal poliamin uygulamasının etkinliği bitki gelişim evresiyle değişebilir. Bu nedenle, her bir tür ya da çeşit için ilgili bulgular net olarak elde edildikten sonra ticari tavsiyelerde bulunulabilir.

Bu çalışma fasulyede tuz stresi ve dışsal putresin uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma neticesinde fasulyenin ilk gelişim aşamasında tuzluluğun olumsuz etkilerini azaltan en uygun putresin dozunun belirlenmesi tuzluluk sorunu olan alanlarda fasulye tarımının güvenle yapılabilmesi için oldukça önem taşımaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2019 yılında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait laboratuvarlarda ve iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak Öz Ayşe sırik taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşidinin tohumları kullanılmıştır.

Çalışmada, 3 farklı tuz (NaCl) seviyesi (50, 100 ve 200 mM) ve 3 farklı putresin dozunun (0.1, 1 ve 2 mM) kullanıldığı toplam 16 farklı uygulama ele alınmış olup, tuz ve putresinin ayrı ayrı ve birlikte etkileri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan uygulamalar ve dozları Çizelge 1’de verilmiştir. Çalışmada 1 no’lu uygulama kontrol olarak kullanılmıştır. Kontrol uygulamasında herhangi bir tuz ve putresin ilavesi yapılmamış ve distile su ile sulanmıştır.

**Çizelge 1.** Çalışmada ele alınan uygulamalar ve içerikleri

Uygulama No	İçerik
1	Kontrol
2	50 mM NaCl
3	100 mM NaCl
4	200 mM NaCl
5	0.1 mM Putresin
6	1 mM Putresin
7	2 mM Putresin
8	0.1 mM Putresin + 50 mM NaCl
9	0.1 mM Putresin + 100 mM NaCl
10	0.1 mM Putresin + 200 mM NaCl
11	1 mM Putresin + 50 mM NaCl
12	1 mM Putresin + 100 mM NaCl
13	1 mM Putresin + 200 mM NaCl
14	2 mM Putresin + 50 mM NaCl
15	2 mM Putresin + 100 mM NaCl
16	2 mM Putresin + 200 mM NaCl

### Çimlendirme Çalışması

Çalışmada öncelikle fasulye tohumlarında tuz stresi ve putresin uygulamalarının çimlenme özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla laboratuvarında çimlendirme denemesi yapılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Deneme 20 °C sıcaklığa sahip çimlendirme kabininde karanlık koşullarda 10 gün süreyle yürütülmüştür. Çimlenme öncesinde tohumların %3'lük sodyum hipoklorit (NaClO) ile yüzeysel sterilizasyonu yapılmış ve daha sonra tohumlar distile su ile yıkanmıştır. Çimlendirme için 12 cm çapındaki petri kapları kullanılmıştır. Petri kapları kullanılmadan önce etüvde 170 °C’de 4 saat steril edilmiştir (Muhammad ve Hussain, 2010). Petri kapları içerisindeki filtre kağıtları üzerine her bir petride 25 tohum olacak şekilde tohumlar yerleştirilmiştir. Daha sonra her bir petri kabına çalışmada yer alan uygulamalara ait hazırlanan çözeltilerden 15 ml ilave edilmiş ve petrilerin kapağı kapatılarak tohumlar çimlendirme kabininde çimlenmeye bırakılmıştır (Asgharipour ve Rafiei, 2011). Kuruyan petri kaplarına eşit miktarda aynı dozlarda çözeltilerden ilave edilmiştir. Çimlenen tohumlar her gün aynı saatte sayılmıştır. Kökçük uzunluğu 10 mm'ye ulaştığında tohum çimlenmiş olarak kabul edilmiş ve ortamdan uzaklaştırılmıştır (Goertz ve Coons, 1989). Çimlendirme denemesinin sonunda (10. gün) çimlenme oranı (%), radikula ve plumula uzunluğu (cm), radikula yaş ve kuru ağırlığı (g), plumula yaş ve kuru ağırlığı (g) belirlenmiştir. Çalışmada çimlenme oranı çimlenme testi süresi sonunda çimlenen tohumların sayısı çimlenme denemesine konulan toplam tohum sayısına oranlanarak (Cokkizgin ve Cokkizgin, 2010); radikula ve

plumula uzunluğu kumpas yardımıyla ölçülerek; radikula yaş ve kuru ağırlığı ile plumula yaş ve kuru ağırlığı hassas terazide tartılarak tespit edilmiştir.

### Fide Çalışması

Fide denemesi,  $23\pm 1^{\circ}\text{C}$  ortam sıcaklığı, %50-55 nem ve 14 saat ışık / 10 saat karanlık periyoda sahip iklim odasında yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her tekerrürde 4 bitki olacak şekilde toplam (16 x 3 x 4) 192 bitki yetiştirilmiştir. Fasulye tohumları torf:perlit (3:1) yetiştirme ortamı içeren 200 ml'lik plastik bardaklara ekilmiştir. Tohum ekiminden sonra gerekli görüldüğünde tüm bitkiler eşit miktarda distile su ile sulanmıştır. Putresin uygulaması gerçek yapraklar çıktıktan sonra 4 gün aralıklarla 4 kez tekrarlanmıştır. Hazırlanan putresin solüsyonları her bitkiye 5 ml olacak şekilde yaprakların altına ve üstüne iyice ıslanacak şekilde püskürtülerek uygulanmıştır. Tuz uygulamalarında sulamalar tuz stresi oluşturmak amacıyla çalışmada ele alınan dozlarda hazırlanan solüsyonlar ile yapılmıştır. Tuz uygulamaları gerçek yapraklar çıktıktan sonra her bitkiye 15 ml olacak şekilde 4 gün aralıklarla 4 kez tekrarlanmıştır. Kontrol uygulamasında yer alan bitkiler distile su ile sulanmıştır. Tohum ekiminden 28 gün sonra deneme sonlandırılmış ve uygulamaların etkilerini belirlemek amacıyla fideler topraktan kökleriyle birlikte sökülerek fide büyüme parametreleri belirlenmiştir. Fide çalışmasında fide boyu (cm), gövde çapı (mm), fide yaş ağırlığı (g), fide kuru ağırlığı (g), kök uzunluğu (cm), kök yaş ağırlığı (g), kök kuru ağırlığı (g), yaprak sayısı (adet bitki<sup>-1</sup>), kuru madde miktarı (%), klorofil değeri (spad), renk (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°), pH ve elektriksel iletkenlik (EC,  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) tespit edilmiştir. Çalışmada fide boyu ve kök uzunluğu cetvel yardımıyla ölçülerek; fide yaş ve kuru ağırlığı ile kök yaş ve kuru ağırlığı hassas terazide tartılarak; gövde çapı dijital kumpasla ölçülerek; yaprak sayısı fidelerde oluşan yapraklar sayılarak; kuru madde oranı Kılıç ve ark. (1991)'e göre; klorofil miktarı yapraklarda klorofil ölçer (Apogee Chlorophyll Concentration Meter, MC-100) ile; renk (L\*, a\*, b\*, C\* ve h°) yapraklarda renk ölçer cihazı (3NH NR60CP) ile; pH ve elektriksel iletkenlik değerleri bitkinin toprak üstü kısımlarında pH metre (Thermo Scientific, Orion Star A111) ve EC metre (Thermo Scientific, Orion Star A212) kullanılarak belirlenmiştir.

### Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma sonucunda elde edilen veriler JMP 13.2 istatistik programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. İncelenen özellikler bakımından istatistiki olarak önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey HSD (Tukey's Honestly Significant Difference Test) çoklu karşılaştırma testi ile tespit edilmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede çimlenme özellikleri üzerine etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. İncelenen tüm çimlenme özellikleri bakımından çalışmada ele alınan uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ( $P<0.01$ ) bulunmuştur. En yüksek çimlenme oranı 1 nolu uygulamada (kontrol, %88.16) belirlenmiş olup, onu istatistiksel olarak aralarında fark olmayan 5 nolu uygulama (%86.67) yakından takip etmiştir. En düşük çimlenme oranı ise 4 nolu uygulamada (%31.11) saptanmıştır. Tuzluluğun fasulye tohumlarında çimlenmeyi büyük ölçüde engellediği tespit edilmiştir. Tuzluluk şiddetinin artması ile fasulye tohumlarında çimlenme oranında önemli derecede azalma görülmüş, 200 mM tuzluluk seviyesinde (4 nolu uygulama) çimlenme oranı en düşük seviyede olmuştur. Çalışmada, 4 nolu uygulamada çimlenme oranında herhangi bir uygulamanın yapılmadığı kontrole (1 nolu uygulama) göre %183.38 oranında azalma meydana gelmiştir. Tuz stresi altında putresin uygulamaları çimlenme oranında artış sağlamıştır. Örneğin tuz ve putresinin birlikte kullanıldığı 10 nolu uygulama (0.1 mM Putresin + 200 mM NaCl) sadece 200 mM tuzun kullanıldığı 4 nolu uygulamaya



göre çimlenme oranında %92.86'lık bir artış sağlamıştır. Radikula uzunluğu, plumula uzunluğu, radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı ve plumula kuru ağırlığı çalışmada ele alınan uygulamalara bağlı olarak sırasıyla 2.07-11.72 cm, 1.63-7.92 cm, 0.08-0.32 g, 0.18-0.98 g, 0.01-0.05 g ve 0.02-0.09 g arasında değişiklik göstermiştir. Bahsedilen bu çimlenme özellikleri bakımından en düşük değerler 4 nolu uygulamada (200 mM NaCl) tespit edilmiştir. En yüksek radikula uzunluğu 5, 6 ve 8 nolu uygulamalarda, en yüksek plumula uzunluğu 6 nolu uygulamada, en yüksek radikula yaş ağırlığı 1, 6 ve 14 nolu uygulamalarda, en yüksek plumula yaş ağırlığı 8 nolu uygulamada, en yüksek radikula kuru ağırlığı 1, 5, 6 ve 11 nolu uygulamalarda ve en yüksek plumula kuru ağırlığı 6, 8 ve 11 nolu uygulamalarda saptanmıştır. Tuz stresinin artan seviyeleri ile birlikte radikula uzunluğu, plumula uzunluğu, radikula yaş ağırlığı, plumula yaş ağırlığı, radikula kuru ağırlığı ve plumula kuru ağırlığı azalma göstermiştir. Diğer taraftan, bazı tuz+putresin kombinasyonlarının çimlenme parametreleri üzerinde önemli artışlar sağladığı tespit edilmiştir. Tuz ve putresinin birlikte kullanıldığı 8 nolu uygulamada (0.1 mM Putresin + 50 mM NaCl) radikula uzunluğu, plumula yaş ağırlığı ve plumula kuru ağırlığı kontrole (1 nolu uygulama) göre daha yüksek bulunmuştur. Nitekim, 8 nolu uygulama hiç tuz verilmeyen kontrole göre radikula uzunluğunu %22.08 oranında, plumula yaş ağırlığını %44.12 oranında ve plumula kuru ağırlığını %12.50 oranında artırmıştır. Aynı şekilde, radikula yaş ağırlığı bakımından 14 nolu uygulama (2 mM Putresin + 50 mM NaCl) ile plumula kuru ağırlığı bakımından 11 nolu uygulamanın (1 mM Putresin + 50 mM NaCl) kontrolden daha yüksek değerlere sahip olduğu gözlenmiştir. Tuz stresi olmadan tek başına putresinin kullanıldığı uygulamalarda (5, 6 ve 7 nolu uygulamalar) da bazı çimlenme özellikleri yönünden kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Genel olarak putresin uygulamaları ile tuzluluğun çimlenme parametreleri üzerine olan olumsuz etkisi azalmıştır. Putresinin üç dozu kendi arasında değerlendirildiğinde, 0.1 ve 1 mM'lık dozların 2 mM'lık doza göre hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda çimlenme özellikleri üzerinde daha etkili olduğu ve çimlenme oranını artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çalışmamıza benzer olarak daha önce yapılan çalışmalarda domateste (Rus ve ark., 2000; Mohamedsrajadan, 2019), biberde (Koç ve ark., 2014), turpta (Çavuşoğlu, 2006), börülcede (Taffouo ve ark., 2010) ve fasulyede (Zeid, 2004; Mena ve ark., 2015) tuz stresinin çimlenme üzerine yaptığı olumsuz etkiler bildirilmiştir. Tuzlu şartlarda çimlenmenin engellenmesinin osmotik stres ile sodyum ve klor iyonlarının toksik etkisi yüzünden olduğu belirtilmiştir (Zeid, 2004). Ayrıca tuzluluğun çimlenmeyi engelleyici etkisinin tuzun tohum içine suyun alımını engellemesinden kaynaklandığı (Mansour, 1994), çimlenme için gerekli depo maddelerinin çözünmesi ve taşınmasının artan tuzluluk ile engellendiği (Prakash ve Prathapasanen, 1988) bilinmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak, fasulyede yapılan diğer çalışmalarda da tuz stresinin şiddeti arttıkça çimlenmenin engellendiği, çimlenme oranının azaldığı ve çimlenme parametrelerinde (radikula ve plumula uzunluğu, radikula ve plumula yaş ağırlığı, radikula ve plumula kuru ağırlığı) kontrole göre düşüşlerin olduğu tespit edilmiştir (Elkoca ve ark., 2003; Cokkızgın, 2012; Dadaşoğlu ve Ekinci, 2013). Putresinin bitkilerde abiotik strese dayanıklılık mekanizmasında önemli etkilere sahip olduğu belirtilmektedir (Gupta ve ark., 2013). Putresin belki tohumların su alımını hızlandırarak ve tuzluluk stresinde tohumların çimlenebilmesi için gereksinim duyduğu su miktarını azaltarak ve belki de tuzlu koşullarda hücre bölünmesini artırarak tuzluluğun çimlenme üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri ortadan kaldırmaktadır (Tekin ve Bozcuk, 1998). Khan ve ark. (2012) acı biberde tuz stresi olmadan tek başına putresin uygulamasının çimlenmeyi teşvik ettiğini, çimlenmede erkencilik ve senkronizasyon sağladığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca putresinin özellikle düşük konsantrasyonlarda daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Zeid (2004) fasulyede yaptığı çalışmada tuzlu şartlarda dışsal putresin uygulaması ile çimlenme oranının arttığını ve bunun nedeninin çimlenme sırasındaki amilaz ve proteaz aktivitesinden kaynaklanabildiğini belirtmiştir.

Benzer şekilde, Mohamedsrajen (2019) tarafından domateste, Çavuşoğlu (2006) tarafından turpta, Koç ve ark. (2014) tarafından biberde yapılan çalışmalarda da tuzluluk ile çimlenmenin engellendiği ve tuz stresinin çimlenme parametreleri üzerine olan zararlı etkilerinin putresin ile azaltılabildiği belirtilmiştir. Bulgularımız daha önce yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir.

**Çizelge 2.** Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede çimlenme oranı, radikula ve plumula uzunluğu, radikula ve plumula yaş ağırlığı, radikula ve plumula kuru ağırlığı üzerine etkileri

Uygulamalar	Özellik						
	Çimlenme oranı (%)	Radikula uzunluğu (cm)	Plumula uzunluğu (cm)	Radikula yaş ağırlığı (g)	Plumula yaş ağırlığı (g)	Radikula kuru ağırlığı (g)	Plumula kuru ağırlığı (g)
1	88.16a**	9.60ab **	7.87ab **	0.29a **	0.68ef **	0.05a **	0.08ab **
2	56.71a-d	8.39abc	6.39a-d	0.23cd	0.62f	0.03abc	0.06bc
3	48.89cd	4.06de	4.11def	0.15f	0.49gh	0.02bc	0.04cd
4	31.11d	2.07e	1.63f	0.08g	0.18i	0.01c	0.02d
5	86.67ab	10.89a	6.94abc	0.18ef	0.72de	0.05a	0.08ab
6	71.11abc	10.50a	7.92a	0.32a	0.90b	0.05a	0.09a
7	68.89abc	8.39abc	7.66ab	0.16f	0.83bc	0.03abc	0.08ab
8	57.86a-d	11.72a	7.81ab	0.24bcd	0.98a	0.04ab	0.09a
9	55.66bcd	8.33abc	3.83def	0.28ab	0.44h	0.04ab	0.05cd
10	60.00a-d	6.61bcd	5.31a-e	0.27abc	0.63f	0.03abc	0.06bc
11	66.67abc	9.97ab	7.02ab	0.16f	0.77cd	0.05a	0.09a
12	59.08a-d	5.61cde	5.17b-e	0.19ef	0.61f	0.03abc	0.06bc
13	57.78a-d	5.08cde	3.63ef	0.22de	0.43h	0.03abc	0.05cd
14	57.78a-d	5.28cde	5.72a-e	0.32a	0.68ef	0.04ab	0.06bc
15	51.72cd	3.53de	3.37ef	0.16f	0.45h	0.02bc	0.04cd
16	50.24cd	3.84de	4.22c-f	0.21de	0.53g	0.02bc	0.05cd

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Çizelge 3'te görüldüğü gibi, EC ve pH ile renk özelliklerinden a\*, b\* ve C\* değerleri bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli (P<0.01) bulunmuştur. Buna karşılık, klorofil değeri ile L\* ve h° renk değerleri yönünden uygulamalar arasındaki farklılıkların önemsiz (P>0.05) olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada klorofil değeri 35.90-42.06 spad arasında değişmiştir. İstatistiki olarak farklılık gözlenmemekle beraber, tuzluluk arttıkça klorofil değeri azalmıştır ve putresin uygulamaları klorofil içeriğini artırmıştır. Çalışmada ele alınan uygulamalar incelendiğinde, EC seviyesi bakımından 13 nolu uygulama 1075.08  $\mu\text{S cm}^{-1}$  ile ilk sırada yer almıştır. En düşük EC değerleri ise istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 1, 5 ve 6 nolu uygulamalarda (sırasıyla 285.33, 332.79 ve 443.73  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) gözlenmiştir. EC seviyesi 13 nolu uygulamada (1 mM Putresin + 200 mM NaCl) hiç tuz verilmeyen kontrole göre (1 nolu uygulama) yaklaşık 3.7 kat artış göstermiştir. Fasulye fidelerindeki EC değerlerinde uygulamaların etkisinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Artan tuz seviyesine paralel olarak EC değerleri de artış göstermiş olup, tuz içeren uygulamalarda EC değerinin kontrol (1 nolu uygulama) ve tuz stresi olmadan yalnızca putresinin kullanıldığı uygulamalardan (5, 6 ve 7 nolu uygulamalar) önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fasulye fidelerinde pH değeri 4.77-5.77 arasında değişmiştir. Tuz stresi olmadan yalnızca putresinin kullanıldığı uygulamalarda (5, 6 ve 7 nolu uygulamalar) pH değerinin diğer uygulamalardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, en düşük pH değerleri aralarında istatistiksel olarak fark bulunmayan 4, 10 ve 13 nolu uygulamalarda bulunmuştur. Genel olarak tuz konsantrasyonu arttıkça pH değerlerinde bir düşüş meydana gelmiştir. Çalışmada ele alınan uygulamalara bağlı olarak fasulye fidelerinde a\* değeri (-11.74) - (-8.60) arasında değişmiş olup, en yüksek 10 ve 16 nolu uygulamalarda, en düşük ise 2 nolu uygulamada gözlenmiştir. Renk parametrelerinden a\* değeri kırmızıdan (pozitif) yeşile (negatif) renk değişimlerini ifade etmektedir. Çalışmada b\* değeri 16.62-23.22 arasında ve Kroma (C\*) değeri 18.71-25.62 arasında

bulunmuştur.  $b^*$  ve  $C^*$  renk değerleri bakımından 2 nolu uygulama ilk sırada yer alırken, 10 nolu uygulamanın ise en düşük  $b^*$  ve  $C^*$  renk değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Renk parametrelerinden  $b^*$  değeri sarıdan (pozitif) maviye (negatif) renk değişimlerini belirtmektedir.  $C^*$  değeri büyüdükçe rengin doygunluğu artmaktadır. Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulye fidelerinde  $L^*$  ve  $h^\circ$  renk değerlerinde meydana getirdiği değişiklik istatistiki olarak önemli görülmemiş olup,  $L^*$  ve  $h^\circ$  renk değerleri sırasıyla 39.15-41.92 ve 116.83-118.29 arasında bulunmuştur (Çizelge 3).

Çalışmamıza benzer şekilde Zeid (2004) fasulyede tuz stresi ile klorofil içeriğinin azaldığını ve dışsal putresin uygulaması ile klorofil içeriğinin arttığını bildirmiştir. Aynı şekilde domateste (Mohamedsrajen, 2019) ve hıyarda (Shu ve ark., 2012) tuzluluk ile klorofil içeriğinin önemli derecede azaldığı, putresinin klorofil miktarını artırdığı tespit edilmiştir. Tuz stresi altında bitkide EC değerlerinin artış gösterdiği Eraslan ve ark. (2007) tarafından marulda yapılan çalışmada da belirlenmiş, bulgularımız bu anlamda paralellik göstermiştir. Mohamedsrajen (2019) tarafından domateste yapılan çalışmada tuz konsantrasyonundaki artış ile EC içeriğinin de önemli ölçüde arttığı, putresin uygulamalarının hem tuzlu hemde tuzsuz koşullarda kontrole göre EC içeriğini azalttığı ifade edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise putresin uygulamalarında EC içeriği kontrole göre daha yüksek bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada alternatif yeşilliklerde (mibuna, mizuna ve komatsuna) tuz stresinin renk değerleri üzerindeki etkisi incelenmiş, tuz seviyesi arttıkça  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinin arttığı belirlenmiştir (Furkan, 2019).

**Çizelge 3.** Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede klorofil, elektriksel iletkenlik, pH ve renk özellikleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $h^\circ$ ) üzerine etkileri

Uygulamalar	Özellik							
	Klorofil (spad)	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	pH	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
1	38.70öd	285.33f **	5.32bc**	40.80öd	-10.90bcd **	20.47abc**	23.39abc**	117.99öd
2	37.60	615.98de	5.14cde	41.52	-11.74d	23.22a	25.62a	116.83
3	36.90	691.47cd	4.86de	40.93	-10.96cd	20.94abc	23.63ab	117.65
4	35.90	803.14c	4.81e	39.94	-10.28a-d	19.31abc	21.89abc	118.13
5	38.34	332.79f	5.56ab	41.70	-11.11cd	21.13ab	23.88ab	117.81
6	39.36	443.73f	5.66ab	39.15	-10.34a-d	19.23abc	21.83abc	118.29
7	38.90	455.62ef	5.77a	40.50	-10.93bcd	20.54abc	23.27abc	118.07
8	39.92	687.98cd	5.24bcd	40.39	-9.51abc	17.82bc	20.20bc	118.09
9	39.68	767.79cd	5.11cde	40.37	-9.40abc	17.86bc	20.18bc	117.73
10	38.70	840.60bc	4.83e	39.75	-8.60a	16.62c	18.71c	117.50
11	40.90	687.79cd	5.11cde	40.29	-9.33abc	17.64bc	19.96bc	117.91
12	38.14	814.82bc	4.88de	40.27	-9.45abc	17.64bc	20.01bc	118.23
13	37.80	1075.08a	4.77e	41.71	-9.81abc	19.44abc	21.78abc	117.38
14	42.06	732.18cd	5.06cde	41.03	-9.08ab	17.79bc	19.98bc	117.05
15	37.84	818.35bc	5.01cde	41.92	-10.43a-d	19.92abc	22.49abc	117.76
16	37.74	985.45ab	4.92cde	40.14	-9.01a	17.11bc	19.35bc	117.79

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli, öd: önemli değil  $P > 0.05$ , Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede fide gelişim parametreleri üzerine etkileri Çizelge 4'te verilmiştir. Fide kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kuru madde oranı bakımından uygulamalar arasındaki farklılıklar  $P < 0.01$  düzeyinde önemli; fide boyu ve fide yaş ağırlığı bakımından ise uygulamalar arasındaki farklılıklar  $P < 0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Diğer taraftan, gövde çapı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve yaprak sayısı yönünden uygulamalar arasındaki farklılıklar önemsiz ( $P > 0.05$ ) bulunmuştur. Fide boyu çalışmada ele alınan uygulamalara bağlı olarak 20.86-42.13 cm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek fide boyu istatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan 1 (kontrol) ve 6 nolu uygulamalarda tespit edilmiştir. Buna karşılık, en düşük fide boyu 4 nolu uygulamada (200 mM tuz stresinde) gözlenmiştir. Artan tuzluluk seviyesine paralel olarak fasulyede fide boyunda önemli seviyede azalma meydana gelmiş ve çalışmada kullandığımız en yüksek tuz seviyesi olan 200



mM tuz stresinde fide boyu en düşük bulunmuştur. Çalışmada, 4 nolu uygulamada fide boyu kontrole (1 nolu uygulama) göre %101.97 oranında azalmıştır. Tuz stresi altında putresin uygulamaları fide boyunda artış sağlamıştır. Örneğin tuz ve putresinin birlikte kullanıldığı 10 nolu uygulama (0.1 mM Putresin + 200 mM NaCl) sadece 200 mM tuzun kullanıldığı 4 nolu uygulamaya göre fide boyunda %45.54'lük bir artış sağlamıştır. Fide boyunda olduğu gibi fide yaş ağırlığı yönünden de en yüksek değerler 1 ve 6 nolu uygulamalarda (sırasıyla 4.92 ve 4.91 g) belirlenmiştir. Buna karşılık, en düşük fide yaş ağırlığı 4 nolu uygulamada (3.79 g) tespit edilmiştir. Fide yaş ağırlığı da tuz konsantrasyonunun artması ile birlikte azalmıştır. Tuz stresi altında putresin uygulamaları fide yaş ağırlığını artırmıştır. Fide kuru ağırlığı incelendiğinde, en yüksek değerler istatistiksel olarak aralarında fark olmayan 6 ve 7 nolu uygulamalarda (0.55 g) gözlenmiş, en düşük değerler ise 4 ve 16 nolu uygulamalarda (0.45 g) tespit edilmiştir. Tuzluluk arttıkça fide kuru ağırlığı azalmış, tuz stresi altında putresin uygulamaları fide kuru ağırlığında artış sağlamıştır. Tuz ve putresinin birlikte kullanıldığı 8, 11 ve 12 nolu uygulamalarda fide kuru ağırlığı kontrole göre (1 nolu uygulama) daha yüksek bulunmuştur. Çalışmada en yüksek kök kuru ağırlığı istatistiksel olarak aynı grupta yer alan 6 ve 9 nolu uygulamalarda (0.21 g) belirlenirken, en düşük kök kuru ağırlığı 2 nolu uygulamada (0.14 g) gözlenmiştir. Fasulye fidelerinde kuru madde miktarının 9 nolu uygulamada (%12.66) en yüksek olduğu, en düşük değerlerin ise istatistiksel olarak aralarında fark bulunmayan 4 ve 3 nolu uygulamalarda (sırasıyla %9.64 ve %9.67) olduğu tespit edilmiştir. Tuzluluk ile fasulye fidelerinde kuru madde oranı etkilenmiş, sadece tuzun kullanıldığı uygulamalarda (2, 3 ve 4 nolu uygulamalar) kuru madde miktarının diğer uygulamalara göre önemli derecede düştüğü tespit edilmiştir. Tuz stresinde putresin uygulamaları ile kuru madde oranında artış sağlanmıştır. Çalışmada 9 nolu uygulama (0.1 mM Putresin + 100 mM NaCl) sadece 100 mM tuzun kullanıldığı 3 nolu uygulamaya göre kuru madde miktarını %30.92 oranında artırmıştır. Çalışmada gövde çapı, kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı ve yaprak sayısı yönünden uygulamalar arasında fark bulunmamıştır. Fasulye fidelerinde gövde çapının 3.55-4.06 mm, kök uzunluğunun 17.79-24.36 cm, kök yaş ağırlığının 1.56-2.64 g ve yaprak sayısının 4.71-5.86 arasında değiştiği tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak farklılık göstermemekle birlikte yukarıda bahsedilen fide gelişim parametreleri yönünden yalnızca tuz içeren uygulamalardan (2, 3 ve 4 nolu uygulamalar) diğer uygulamalara göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Çalışmada, tuz stresi altında putresin uygulamalarında fide gelişim parametrelerinin yalnızca tuz içeren uygulamalara (2, 3 ve 4 nolu uygulamalar) göre daha iyi olduğu ve putresin uygulamalarının tuz stresinin fide gelişimi üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkiyi azalttığı belirlenmiştir. Putresin dozları içerisinde 0.1 ve 1 mM'lık dozların 2 mM'lık doza göre hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda fide büyümesi üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Tuzluluk fide ve bitki gelişimini önemli derecede etkilemektedir. Bitkilerin tuza hassasiyetlik dereceleri farklılık göstermekte olup, fasulye tuza hassas bitkiler içerisinde yer almaktadır (Yaşar ve ark., 2008). Tuzluluk, ortamda bitkinin suyu kolaylıkla almasını engelleyerek, bitkinin su alabilmek için fazla enerji harcamasına, dolayısıyla bitki gelişiminin yavaşlamasına ve durmasına neden olmaktadır (Ekmeççi ve ark., 2005). Ayrıca, yüksek tuz konsantrasyonlarında iyon birikimi ve stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlikler nedeniyle toplam klorofil miktarında azalmalar olduğu ve sonuç olarak fotosentez etkinliğinin azalarak bitki gelişiminin olumsuz yönde etkilendiği ifade edilmiştir (Aranda ve Syvertsen, 1996). Çalışmamıza benzer şekilde, daha önce yapılan çalışmalarda kavunda (Kuşvuran, 2010), biberde (Rastgeldi, 2010), bamyada (Kuşvuran, 2011), hıyarda (Zhang ve ark., 2009) ve fasulyede (Elkoca ve ark., 2003; Mena ve ark., 2015; Seymen ve Önder, 2015) tuz stresinin fide gelişimi üzerine olumsuz etkileri olduğu tespit edilmiştir. Poliaminlerin dışsal uygulamasının bitkilerdeki hücre iyon dengesinin ve hücre membran stabilitesinin devamlılığını sağlayarak, klorofil kaybını önleyerek, protein, nükleik asit ve koruyucu alkaloidlerin sentezini artırarak farklı stres koşullarında bitki büyüme ve

gelişmesini önemli ölçüde iyileştirdiği bildirilmiştir (Xu ve ark., 2011; Shi ve ark., 2013). Stressiz koşullarda fasulyede (Abdel-Azem ve ark., 2015), soğanda (Amin ve ark., 2011) ve acı biberde (Khan ve ark., 2012) putresin uygulamasının fide gelişimini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. Hıyar bitkisinde tuz stresinin fotosentetik aktiviteyi önemli derecede azalttığı, bununla birlikte yapraklardan bitkiye uygulanan putresinin tuz stresinin fotosentez üzerindeki olumsuz etkisini önlediği ifade edilmiştir (Shu ve ark., 2012). Zeid (2004) fasulyede yaptığı çalışmada hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda putresin uygulamasının fide büyümesini artırdığını ve ayrıca putresinin tuzun zararlı etkisini azalttığını ifade etmiştir. Benzer şekilde, Mohamedsrajen (2019) tarafından domateste ve Yuan ve ark. (2019) tarafından hıyarda yapılan çalışmalarda da tuzluluk ile fide büyümesinin engellendiği ve putresin uygulamasının fide gelişimi üzerindeki tuzun olumsuz etkisini azalttığı bildirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla uyum göstermektedir.

**Çizelge 4.** Tuz stresi ve putresin uygulamalarının fasulyede fide boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve kuru madde oranı üzerine etkileri

Uygulamalar	Özellik								
	Fide boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Kök uzunluğu (cm)	Fide yaş ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Kök yaş ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Fide kuru ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Kök kuru ağırlığı (g bitki <sup>-1</sup> )	Yaprak sayısı	Kuru madde oranı (%)
1	42.13a*	4.06öd	24.36öd	4.92a*	2.04öd	0.50a-d**	0.18bcd **	5.43öd	10.91 **
2	29.59ab	3.56	20.43	4.29ab	1.56	0.47bcd	0.14f	5.00	9.78l
3	26.21ab	3.55	19.86	4.01ab	1.83	0.46cd	0.16def	5.00	9.67m
4	20.86b	3.57	17.79	3.79b	1.61	0.45d	0.15ef	4.71	9.64m
5	35.21ab	3.66	23.71	4.66ab	1.95	0.48bcd	0.16def	5.86	11.29g
6	39.73a	3.72	21.50	4.91a	2.21	0.55a	0.21a	5.43	12.53b
7	32.79ab	3.69	20.86	4.63ab	1.74	0.55a	0.20ab	5.29	11.16h
8	32.57ab	3.59	20.79	4.51ab	1.84	0.52ab	0.17cde	5.00	12.42c
9	31.07ab	3.58	22.86	4.53ab	2.64	0.49a-d	0.21a	5.43	12.66a
10	30.36ab	3.57	20.57	4.50ab	1.83	0.48bcd	0.16def	5.14	11.49f
11	32.84ab	3.69	20.93	4.57ab	1.86	0.51abc	0.17cde	5.29	11.33g
12	31.36ab	3.59	21.07	4.51ab	2.11	0.51abc	0.19abc	5.00	10.11k
13	29.93ab	3.58	22.07	4.51ab	2.00	0.48bcd	0.19abc	5.14	12.18d
14	30.56ab	3.62	20.71	4.52ab	1.75	0.48bcd	0.16def	5.29	10.49j
15	30.00ab	3.60	20.57	4.48ab	1.85	0.47bcd	0.15ef	5.29	10.12k
16	29.50ab	3.58	20.21	4.47ab	1.74	0.45d	0.15ef	5.00	12.00e

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli, \* : P<0.05 düzeyinde önemli, öd: önemli değil P>0.05, Aynı sütunda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemli değildir.

## SONUÇ

Tuzluluk, bitki gelişimi ve verimliliğini olumsuz etkileyen, bunun sonucunda tarımsal üretimi sınırlayan abiyotik stres faktörlerinin en önemlilerinden biridir. Gerek dünyada gerekse ülkemizde üretim ve tüketim bakımından önemli bir yere sahip olan fasulye, tuzluluğa en hassas sebze türleri içerisinde yer almaktadır. Bu çalışmada, fasulyede tuz stresi ve putresin uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda tuzluluğun fasulye tohumlarında çimlenmeyi büyük ölçüde engellediği tespit edilmiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça çimlenme oranında ve fide büyümesinde önemli derecede azalma görülmüştür. Özellikle en yüksek tuz seviyesi olan 200 mM NaCl dozunda (4 nolu uygulama) tuz stresinin tohum çimlenme ve fide aşamasında oluşturduğu zarar düzeyi en yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Çalışmada tuz stresi altında putresin uygulamalarının çimlenme özellikleri ve fide gelişim parametrelerini artırdığı saptanmıştır. Tuz stresi olmadan tek başına putresinin kullanıldığı uygulamalarda (5, 6 ve 7 nolu uygulamalar) da bazı çimlenme özellikleri ve fide gelişim parametreleri yönünden kontrole göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Genel olarak

putresin uygulamalarının tohum çimlenmesi ve fide büyümesinde olumlu etkileri olduğu, tuz stresinin çimlenme ve fide gelişimi üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkileri önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Putresinin üç dozu kendi arasında değerlendirildiğinde, 0.1 ve 1 mM'lık dozların 2 mM'lık doza göre hem tuzlu şartlarda hem de normal şartlarda çimlenme ve fide büyümesi üzerinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, tuzluluk sorunu olan alanlarda fasulye yetiştiriciliğinde tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmak için putresin alternatif bir uygulama yöntemi olarak önerilebilir. Bununla birlikte, iklim odası koşullarında yapılan bu denemenin arazi koşullarında da yapılmasının daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından gerekli olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abdel-Azem HS, Shehata SM, El-Gizawy AM, El-Yazied AA, Adam SM, 2015. Snap Bean Response to Salicylic Acid and Putrescine Used Separately and Jointly Under Two Sowing Dates. Middle East Journal of Applied Sciences, 5 (4): 1211-1221.
- Alian A, Altman A, Heuer B, 2000. Genotypic Difference in Salinity and Water Stress Tolerance of Fresh Market Tomato Cultivars. Plant Science, 152: 59-65.
- Amin AA, Gharib FAE, El-Awadi M, El-Sherbeny MR, 2011. Physiological Response of Onion to Foliar Application of Putrescine and Glutamine. Scientia Horticulturae, 129: 353-360.
- Aranda RR, Syvertsen JP, 1996. The Influence of Foliar Applied Urea Nitrogen and Salina Solutions on Net Gas Exchange of *Citrus* Leaves. Journal of American Society for Horticultural Science, 12: 501-506.
- Asgharipour MR, Rafiei M, 2011. Effect of Salinity on Germination and Seedling Growth of Lentils. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5 (11): 2002-2004.
- Bekircan T, 2012. Poliaminlerin Oksidatif Strese Etkisinin Biyokimyasal Seviyede Araştırılması. Rize Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Blair MW, 2013. Mineral Biofortification Strategies for Food Staples: The Example of Common Bean. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61: 8287-8294.
- Cokkızgın A, 2012. Salinity Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Germination. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 40 (1): 177-182.
- Cokkızgın A, Cokkızgın H, 2010. Effects of Lead (PbCl<sub>2</sub>) Stress on Germination of Lentil (*Lens culinaris* Medic.) Lines. African Journal of Biotechnology, 9 (50): 8608-8612.
- Çavuşoğlu K, 2006. Arpa ve Turp Tohumlarının Normal Şartlar Altındaki Çimlenme ve Fide Büyümesine Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 1 (1-2): 1-13.
- Çavuşoğlu K, Kabar K, 2008. Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Tuzlu Koşullar Altındaki Arpa Tohumlarının Çimlenmesi Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (1): 43-55.
- Çulha Ş, Çakırlar H, 2011. Tuzluluğun Bitkiler Üzerine Etkileri ve Tuz Tolerans Mekanizmaları. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11: 11-34.
- Dadaşoğlu E, Ekinci M, 2013. Farklı Sıcaklık Dereceleri, Tuz ve Salisilik Asit Uygulamalarının Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Tohumlarında Çimlenme Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44 (2): 145-150.
- Direk M, Bayramoğlu Z, Paksoy M, 2002. Konya İlinde Fasulye Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (30): 21-27.
- Dölarıslan M, Gül E, 2012. Toprak Bitki İlişkileri Açısından Tuzluluk. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 5 (2): 56-59.
- Ekmekçi E, Apan M, Kara T, 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (3): 118-125.
- Elkoca E, Kantar F, Güvenç İ, 2003. Değişik NaCl Konsantrasyonlarının Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Çimlenme ve Fide Gelişmesine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (1): 1-8.

- El-Tayeb MA, 2005. Response of Barley Grains to the Interactive Effect of Salinity and Salicylic Acid. *Plant Growth Regulation*, 45: 215-224.
- Eraslan F, Inal A, Savasturk O, Gunes A, 2007. Changes in Antioxidative System and Membrane Damage of Lettuce in Response to Salinity and Boron Toxicity. *Scientia Horticulturae*, 114 (1): 5-10.
- FAOSTAT, 2020. Statistical databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://faostat.fao.org> (Date of access: 13 July 2020).
- Flowers TJ, Yeo AR, 1995. Breeding for Salinity Resistance in Crop Plants Where Next. *Australian Journal of Plant Physiology*, 22: 875-884.
- Furkan ZE, 2019. Alternatif Yeşilliklerde (Mibuna, Mizuna ve Komatsuna) Tuz Stresinin Meydana Getirdiği Bazı Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Galston AW, Kaur-Sawhney R, 1995. Polyamines as Endogenous Growth Regulators. In: *Plant Hormones and their Role in Plant Growth and Development*. Ed: P.J. Davies, pp. 280-295.
- Goertz SH, Coons JM, 1989. Germination Response of Tepary and Navy Beans to Sodium Chloride and Temperature. *HortScience*, 24 (6): 923-925.
- Gupta K, Dey A, Gupta B, 2013. Plant Polyamines in Abiotic Stress Responses. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 2015-2036.
- Hussain SS, Ali M, Ahmad M, Siddique KHM, 2011. Polyamines: Natural and Engineered Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Plants. *Biotechnology Advances*, 29: 300-311.
- Kalefetoğlu T, Ekmekçi Y, 2005. The effects of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (4): 723-740.
- Khan HA, Ziaf K, Amjad M, Iqbal Q, 2012. Exogenous Application of Polyamines Improves Germination and Early Seedling Growth of Hot Pepper. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72 (3): 429-433.
- Kılıç O, Çapur U, Görtay Ş, 1991. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, Bursa.
- Koç E, Üstün AS, İşlek C, Kaşko Arıcı Y, 2014. Effect of Exogenously Applied Spermine and Putrescine on Germination and *In Vitro* Growth of Pepper (*Capsicum annuum* L.) Seeds under Salt Stress. *Bilim ve Teknoloji Dergisi C –Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*, 3 (2): 63-71.
- Kreps JA, Wu Y, Chang H, Zhu T, Wang X, Harper JF, 2002. Transcriptome Changes for *Arabidopsis* in Response to Salt, Osmotic, and Cold Stress. *Plant Physiology*, 130: 2129-2141.
- Kuşvuran Ş, 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Kuşvuran Ş, 2011. Bamyada (*Abelmoschus esculentus* L.) da Tuz Stresine Tolerans Bakımından Genotipsel Farklılıklar ve Tarama Parametrelerinin Araştırılması. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 28 (2): 55-70.
- Mansour MMF, 1994. Changes in Growth, Osmotic Potential and Cell Permeability of Wheat Cultivars under Salt Stress. *Biological Plant*, 36: 429-434.
- Mena E, Leiva-Mora M, Jayawardana EKD, García L, Veitía N, Bermúdez-Carabaloso I, Collado R, Ortíz RC, 2015. Effect of Salt Stress on Seed Germination and Seedlings Growth of *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 36 (3): 71-74.
- Mohamedsrajaaden NS, 2019. Poliaminlerin Tuzlu Şartlarda Domateste Çimlenme, Fide Gelişimi, Antioksidan Enzim Aktivitesi ve Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Muhammad Z, Hussain F, 2010. Effect of NaCl Salinity on the Germination and Seedling Growth of Some Medicinal Plants. *Pakistan Journal of Botany*, 42 (2): 889-897.
- Prakash L, Prathapasenan G, 1988. Putrescine Reduces NaCl-Induced Inhibition of Germination and Early Seeding Growth of Rice (*Oryza sativa* L.). *Australian Journal of Plant Physiology*, 15: 761-767.
- Qureshi RH, Rashid A, Ahmad N, 1990. A Procedure for Quick Screening of Wheat Cultivars for Salt Tolerance. In: N. El Bassam et al. (eds.), *Genetics Aspects of Plant Mineral Nutrition*. Kluwer Academic Publishers in the Netherlands, pp. 315-324.



- Rastgeldi ZHA, 2010. Biberde Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Fizyolojik Parametreler ile Mineral Madde İçeriği Üzerine Etkisi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Rus MA, Rios S, Olmos E, Santa-Cruz A, Bolarin CM, 2000. Long-Term Culture Modifies the Salt Responses of Callus Lines of Salt-Tolerant and Salt Sensitive Tomato Species. *Journal Plant Physiology*, 157: 413-420.
- Sang T, Shan X, Li B, Shu S, Sun S, Guo S, 2016. Comparative Proteomic Analysis Reveals the Positive Effect of Exogenous Spermidine on Photosynthesis and Salinity Tolerance in Cucumber Seedlings. *Plant Cell Report*, 35: 1769-1782.
- Seymen B, Önder M, 2015. Kuru Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinde Tuzluluğun Fide Gelişimi Üzerine Etkisi. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 2 (2): 109-115.
- Shi H, Ye T, Chan Z, 2013. Comparative Proteomic and Physiological Analyses Reveal the Protective Effect of Exogenous Polyamines in the Bermuda Grass (*Cynodon dactylon*) Response to Salt and Drought Stresses. *Journal of Proteome Research*, 12: 4807-4829.
- Shu S, Gua SR, Sun J, Yuan LY, 2012. Effects of Salt Stress on the Structure and Function of the Photosynthetic Apparatus in *Cucumis sativus* and its Protection by Exogenous Putrescine. *Physiologia Plantarum*, 146: 285-296.
- Singh P, Gautam S, 2013. Role of Salicylic Acid on Physiological and Biochemical Mechanism of Salinity Stress Tolerance in Plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 2345-2353.
- Sprent JI, 2001. Nodulation in Legumes, Royal Botanic Gardens, Kew, U.K. 14-25.
- Taban S, Gunes A, Alpaslan M, Özcan H, 1999. Değişik Mısır (*Zea mays* L. cvs.) Çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23: 625-633.
- Taffouo VD, Wamba OF, Youmbi E, Nono GV, Akoa A, 2010. Growth, Yield, Water Status and Ionic Distribution Response of Three Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) Landraces Grown under Saline Conditions. *International Journal Botany*, 6 (1): 53-58.
- Takahashi T, Kakehi J, 2010. Polyamines: Ubiquitous Polycations with Unique Roles in Growth and Stress Responses. *Annals of Botany*, 105: 1-6.
- Tekin F, Bozcuk S, 1998. *Helianthus annuus* L. var. Santafe (Ayçiçeği) Tohumlarının Çimlenmesi ve Erken Büyüme Üzerine Tuz ve Dışsal Putresin'in Etkileri. *Turkish Journal of Biology*, 22: 331-340.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr) (Erişim tarihi: 10 Temmuz 2020).
- Vinocur B, Altman A, 2005. Recent Advances in Engineering Plant Tolerance to Abiotic Stress: Achievements and Limitations. *Current Opinion in Biotechnology*, 16: 123-132.
- Xu X, Shi G, Ding C, Xu Y, 2011. Regulation of Exogenous Spermidine on the Reactive Oxygen Species Level and Polyamine Metabolism in *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb under Copper Stress. *Plant Growth Regulation*, 63: 251-258.
- Yaşar F, Ellialtıoğlu Ş, Yıldız K, 2008. Effect of Salt Stress on Antioxidant Defense Systems, Lipid Peroxidation, and Chlorophyll Content in Green Bean. *Russian Journal of Plant Physiology*, 55 (6): 782-786.
- Yuan Y, Zhong M, Du N, Shu S, Sun J, Guo S, 2019. Putrescine Enhances Salt Tolerance of Cucumber Seedlings by Regulating Ion Homeostasis. *Environmental and Experimental Botany*, 165: 70-82.
- Zeid IM, 2004. Response of Bean (*Phaseolus vulgaris*) to Exogenous Putrescine Treatment under Salinity Stress. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7 (2): 219-225.
- Zhang W, Jiang B, Li W, Song H, Yu Y, Chen J, 2009. Polyamines Enhance Chilling Tolerance of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Through Modulating Antioxidative System. *Scientia Horticulture*, 122: 200-208.
- Zhu JK, 2003. Salt and Drought Stress Signal Transduction in Plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53: 247-273.