



Bakteri uygulamalarının tuz stresinde çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.)'in tohum fizyolojisi, morfolojisi ve verim üzerine etkisi

 Banu KADIOĞLU*

Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Toprak Su Kaynakları Yerleşkesi Aziziye/Erzurum

Öz

Kapilariteyle toprak yüzeyinde biriken tuz toprağın verim ve kalitesini azaltarak toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemekte ve yetiştirilecek bitki türlerinin kısıtlanmasına neden olmaktadır. Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre kurulan deneme 10 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Çalışmada altı farklı (0, 30, 60, 90, 120, 150 mM) NaCl tuz konsantrasyonu ve iki farklı bakteri suşu (*Bacillus* sp. ve *Arthrobacter agilis*) kullanılmıştır. Çalışmada tuz stresine maruz bırakılan çemen tohumlarında farklı bakteri suşlarının çimlenme, büyüme ve verim parametreleri ile bakteri sayısı, ham protein oranı ve toplam azot içeriği üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada, tuz stresinde bakteri uygulamalarının parametrelerde istatistiki olarak önemli olduğu, *Bacillus* sp. suşunun *A. agilis* suşundan daha etkili olduğu tespit edilmiştir. İncelenen parametrelerin 30 mM tuz + bakteri uygulamalarında daha iyi sonuç aldığı ve *Bacillus* sp. ve *Arthrobacter agilis* suşlarının tuz stresinde incelenen tüm parametreler üzerine olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çemen, çimlenme, PGPR, tuz stresi, toprak.

The effect of bacteria applications on seed physiology, morphology and yield of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) under salt stress

Abstract

Salt accumulated on the soil surface due to capillarity reduces the fertility and quality of the soil, affects the physical, chemical and biological properties of the soil and causes restrictions on the types of plants that can be grown. The experiment, which was established according to the factorial experiment design in random plots, was carried out with 10 repetitions. Six different salt concentrations (0, 30, 60, 90, 120, 150 mM) and two different bacterial strains (*Bacillus* sp. and *Arthrobacter agilis*) were used in the study. In the study, the effects of different bacterial strains on germination, growth and yield parameters, as well as bacterial numbers, crude protein ratio and total nitrogen content in fenugreek seeds exposed to salt stress were examined. In the study, bacterial applications in salt stress were statistically significant in the parameters, *Bacillus* sp. It was found that the strain was more effective than the *A. agilis* strain. The examined parameters showed better results with 30 mM salt + bacterial applications and it was found that *Bacillus* sp. and *Arthrobacter agilis* strains had positive effects on all the parameters studied under salt stress.

Keywords: Fenugreek, germination, PGPR, salt stress, soil.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprak tuzluluğu tarımsal üretim alanlarında, toprak verimliliğini, bitki büyümesini, bitkisel verimi ve kalitesini sınırlandıran en önemli sorunlardan birisidir. Toprak tuzluluğuna genel olarak kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde rastlanılmakla birlikte kıyı bölgelerinde de görülmektedir. Kıyı bölgelerinde tarımsal amaçlı taban suyunun veya yer altı suyunun kullanılması tuzluluk problemini artırmaktadır (Yeter ve Yurtsever, 2015). Tuz stresi bitkilerde fizyolojik kuraklığa neden olmakta (Kuşvuran, 2010) çimlenme, büyüme, gelişme gibi pek çok biyolojik olayı da etkilemektedir (Bressan, 2008). Toprakta tuz oranı arttıkça çimlenmede azalma ya da çimlenmenin gerçekleşmemesi, bitkide verim kaybı gibi sorunlar görülebilmektedir (Önal Aşçı, 2011). Gün geçtikçe tarım alanları toprak tuzluluğundan dolayı elden

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (535) 250 1807

E-posta : banu250@hotmail.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 25 Ekim 2023

Kabul Tarihi : 19 Nisan 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1380983

çıkılmaktadır. Tekrarlayan ve yıllar boyunca sorunlara neden olan toprak tuzluluğu toprak kalitesinde azalmaya neden olmakta bu sorun çölleşmeye kadar gidebilmektedir. Tuzlu toprakların ıslahı zordur ve ekonomik değildir. Bununla birlikte tuza dayanıklı bitki yetiştirilerek tuzlu topraklardan ve tuzlu sulardan yararlanılabilir. Tuzlu toprakların biyolojik aktivitesi oldukça önemlidir. Azot döngüsü başta olmak üzere birçok bitki besin maddesinin yarayışlı hale geçmesi ve bu ortamlarda bitki gelişimini teşvik açısından önemli bir toprak kalite göstergesidir.

Toprak mikro florasının en önemli işlevi, organik maddeyi parçalayıp ayrıştırmasıdır. Mikroorganizmalar organik maddeyi parçalayıp ayrıştırarak bitki besin elementlerinin açığa çıkmasını sağlarlar. Tuzlu topraklarda tuz konsantrasyonunun yüksek olması, pH, yetersiz nem gibi koşullar mikrobiyal faaliyeti olumsuz yönde etkiler. Karbondioksit (CO₂) çıkışı toprakta mikrobiyal aktivitenin önemli bir göstergesidir (Ergene, 1987). Toprakta oluşan CO₂ oranı toprağın ıslanma ve kuruma süreçlerinden de etkilenmektedir. Bitki dokularının en fazla bulunduğu toprak yüzeyinde daha fazla CO₂ çıkışı olmaktadır. Ozmotik basınç farklılığından bitki ihtiyaç duyduğu suyu alamadığından tuzlu suların bulunduğu topraklarda ve tuzlu ve alkali topraklarda tarımsal faaliyetler oldukça zordur (Kacar, 1996). Bu nedenle bu tip topraklarda tuza ve kuraklığa dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi hem toprak koşullarının düzeltilmesini hem de erozyon ve çölleşmenin önlenmesini sağlayabilecektir. Bu nedenle son zamanlarda PGPR bakterilerinin tuz stresine karşı bitkilerin toleransı üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan bir çalışmada, %0, %50, %100, %150, %200, %250 ve %300 tuz konsantrasyonu ve iki farklı bakteri suşu (*Bacillus* sp. ve *Arthrobacter agilis*) uygulanmış, yem bezelyesinde, çimlenme yüzdesi (%), çimlenme oranı (gün), ortalama günlük çimlenme (%), pik değeri (%) ve çimlenme değeri (%) incelenmiş, tuz stresinde bakteri uygulamalarının tüm parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı olduğu *Bacillus* sp. ve *Arthrobacter agilis* suşlarının tuz stresi altında tohum çimlenme biyolojisi üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir (Kadioğlu, 2021).

Farklı tuz konsantrasyonlarında PGPR bakteri uygulamalarının çemen tohumlarında çimlenme, büyüme ve verim parametreleri, bakteri sayısı, ham protein oranı ve azot içeriği üzerine etkisini incelemeyi amaçladığımız çalışmamızda, kurağa ve yüksek sıcaklığa dayanıklı Fabales takımının, Fabaceae (Baklagiller) familyasında yer alan çemen tohumları kullanılmıştır. Çemenin vejetatif kısmının ve tohumlarının farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Çemenin yeşil kısmı, kuru otu ve tohumları yüksek yem verimi ve kalitesinden dolayı yem bitkisi olarak kullanıldığı gibi tohumları da öğütülerek gıdalara lezzet vermek ve gıdaları korumak için baharat olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tıbbi ve aromatik bitkiler içerisinde önemli bir yere sahip olan çemenin tohumları öğütülerek insan sağlığı için tüketilmektedir. Çemen tohumunun tedavi edici özelliği, embriyosunda bulunan, steroidal yapılı bir saponin olan diosgeninden kaynaklanmaktadır (Gökçe ve Efe, 2016).

Materyal ve Yöntem

Çalışma tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 10 tekrarlı olarak 2023 yılında kontrollü ortamda (25±1°C) yürütülmüştür. Denemede kullanılan çemen tohumlarına 6 farklı NaCl dozu, *Bacillus* sp. (kontrol (tuzsuz + bakterisiz), 30 mM NaCl, 60 mM NaCl, 90 mM NaCl, 120 mM NaCl, 150 mM NaCl, kontrol (tuzsuz + bakteri), 30 mM NaCl + *bacillus* sp. 10⁸ CFU, 60 mM NaCl + *bacillus* sp. 10⁸ CFU, 90 mM NaCl + *bacillus* sp. 10⁸ CFU, 120 mM NaCl + *bacillus* sp. 10⁸ CFU, 150 mM NaCl + *bacillus* sp. 10⁸ CFU ve *A. agilis* kontrol (tuzsuz + bakteri), 30 mM NaCl + *A. agilis* 10⁸ CFU, 60 mM NaCl + *A. agilis* 10⁸ CFU, 90 mM NaCl + *A. agilis* 10⁸ CFU, 120 mM NaCl + *A. agilis* 10⁸ CFU, 150 mM NaCl + *A. agilis* 10⁸ CFU) uygulanmıştır. Tohumların yüzey sterilizasyonu tohumların % 5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisinde 10 dakika bekletilmesiyle sağlanmıştır. Sterilize edilen tohumlar; her petri (9 cm x 1.5 cm), kabında 50 adet tohum olacak şekilde, kapların tabanına konan 2 tabaka filtre kâğıdı (Whatman No:2) üzerine yerleştirilmiştir. Petrilere uygulama konularına göre, 10 ml tuzlu su ve tuzlu su + bakteri solüsyonları eklenmiştir (Prodo ve ark., 2000). Filtre kâğıtları tuz birikiminin engellenmesi amacı ile gün aşırı değiştirilmiştir (Kiremitçi ve ark., 2017). Denemede çemen tohumları 2 mm kökçük uzunluğuna sahip olduğunda çimlenmiş olarak kabul edilmiştir (ISTA, 1996). Çalışmada, çimlenme oranı (%), çimlenme hızı (gün), günlük çimlenme ortalaması (%), pik değeri (%) ve çimlenme değeri (%) aşağıda verilen formül ve eşitliklerle belirlenmiştir (Czabator, 1962; Ellis ve Roberts, 1981; Matthews ve Khajeh-Hosseini, 2007; Gairola ve ark., 2011).

Çimlenme oranı % : $n/\Sigma n \times 100$

n = Çimlenen tohum sayısı

Σn= Toplam tohum sayısı

Çimlenme hızı: $n1/t1 + n2/t2 + \dots$

n1, n2,... çimlenen tohum sayısı t1, t2, ...gün

Ortalama günlük imlenme: Toplam imlenen tohum sayısı/ toplam gün sayısı

Pik değeri: En yüksek tohum sayısı/ en yüksek tohum veren gün

Çimlenme değeri: Ortalama günlük çimlenme x tepe değeri

Çimlenen emen tohumları deneme süresince hidroponik sistemde yetiştirilmiştir. Bu yetiştiricilik sisteminde bir litrelik saksılar kullanılmış olup yosunlaşmayı önlemek amacı ile saksılara deneme süresince siyah poşet geçirilmiştir. Saksı kapakları üzerinde açılan deliğe bir emen fidesi sünger parçacıkları yardımıyla tutturulmuştur. Fidelerin yetiştirildiği çözeltiye oksijeni sağlamak amacıyla havalandırma düzeneği kurulmuştur. Bu amaçla, saksı kapaklarının üzerine ek delikler açılarak bu deliklere cam kılcal borular geçirilmiştir. T borular kullanılarak cam kılcal borular plastik hortumlarla birbirlerine bağlanmışlardır. Son olarak T boru yardımıyla bütün hortumlar hava pompasına bağlanmıştır. Uygulama konularının hacim esasına göre hazırlanması ile elde edilen çözeltiler her gün 2 saatte bir 15dk havalandırılmıştır. Yrtlen çalışmada bitkiler 35 gün sonra hasat edilmiştir. Hasattan sonra oda sıcaklığında kurutulan bitkiler daha sonra 70 °C'de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar etüvde kurutulmuştur. Kurutulmuş ve öğütülmüş bitki örnekleri teflon bıçaklı öğütücüde ortalama 2 mm inceliğinde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). H₂SO₄ karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle bitki örneklerinin toplam azot içeriği belirlenmiştir (AOAC, 1990). Toplam azot içeriğinin 6.25 ile çarpılması ile bitkilerin ham protein oranı belirlenmiştir. Hasat edilen bitki aksamı hassas terazide tartılarak bitki verimi (g/saksı), kök bölgesinden 1 cm yükseklikten hasat edilen çimler hassas terazide tartılarak çim verimi (g/saksı), ve hasat edilen bitki aksamı hassas terazide tartıldıktan sonra ekimde kullanılan tohum miktarına oranlanarak bitki verimi tohum oranı belirlenmiştir (Karaşahin, 2015). Bitki fideleri kök ve gövdelerinin birleşme yerlerinden jiletle kesilerek uzunlukları milimetrik bir cetvel yardımı ile llmştir. Hasat edilen bitkilerin kök ve gövde kısımları hassas terazide tartılarak kök ve gövde yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Bitki kök ve gövde aksamaları 70°C'de sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutma fırınında kurutulduktan sonra bitkilerin kök ve gövde kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Kadioğlu, 2020). Toplam bakteri sayısı dilüsyon-plak yöntemi ile belirlenmiştir (Clark, 1965; Wollum, 1982). Araştırmada, imlenme oranı (GP %) imlenme süresi (GS gün) ortalama günlük imlenme (MDG gün), pik değeri (PV %), imlenme değeri (GV %), kök kuru ve yaş ağırlığı (g/saksı), gövde kuru ve yaş ağırlığı (g/saksı), kök ve gövde uzunluğu (cm), bitki verimi (%), çim verimi (%) ve bitki verimi tohum oranı, bakteri sayısı CFU 10⁸, ham protein oranı % ve toplam azot içeriği % incelenmiştir (Akgün ve ark., 2018).

Varyans analizi ve ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD oklu karşılaştırma testi JMP 5.0.1 programında yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çimlenme parametreleri

Kontrolde göre tuz (NaCl) uygulamasının çimlenme parametreleri üzerine olumsuz etkide bulunurken, bakteri uygulamalarının bu olumsuz etkiyi minimize ettiği belirlenmiştir. Çimlenme parametrelerinde en yüksek değerler kontrolden sonra 30 mM NaCl uygulamasında sırası ile %61.83, 5.52 gün, 3.47 gün, %1.30 ve %4.41 olarak belirlenmiştir. Bakteri uygulamasında *Bacillus* sp. suşunun *A. agilis* suşundan daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bakteri + tuz interaksiyonunda en düşük değerler 150 mM NaCl + 10⁸ *A. agilis* interaksiyonundan alınmıştır. Tuz konsantrasyonu arttıķa çimlenme oranının azaldığı, çimlenme sresinin ve ortalama günlük çimlenme sresinin uzadığı, bakteri uygulamalarının tuz stresine karşı etkili olduğu ve incelenen çimlenme parametrelerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir (izelge 1).

Büyüme parametreleri

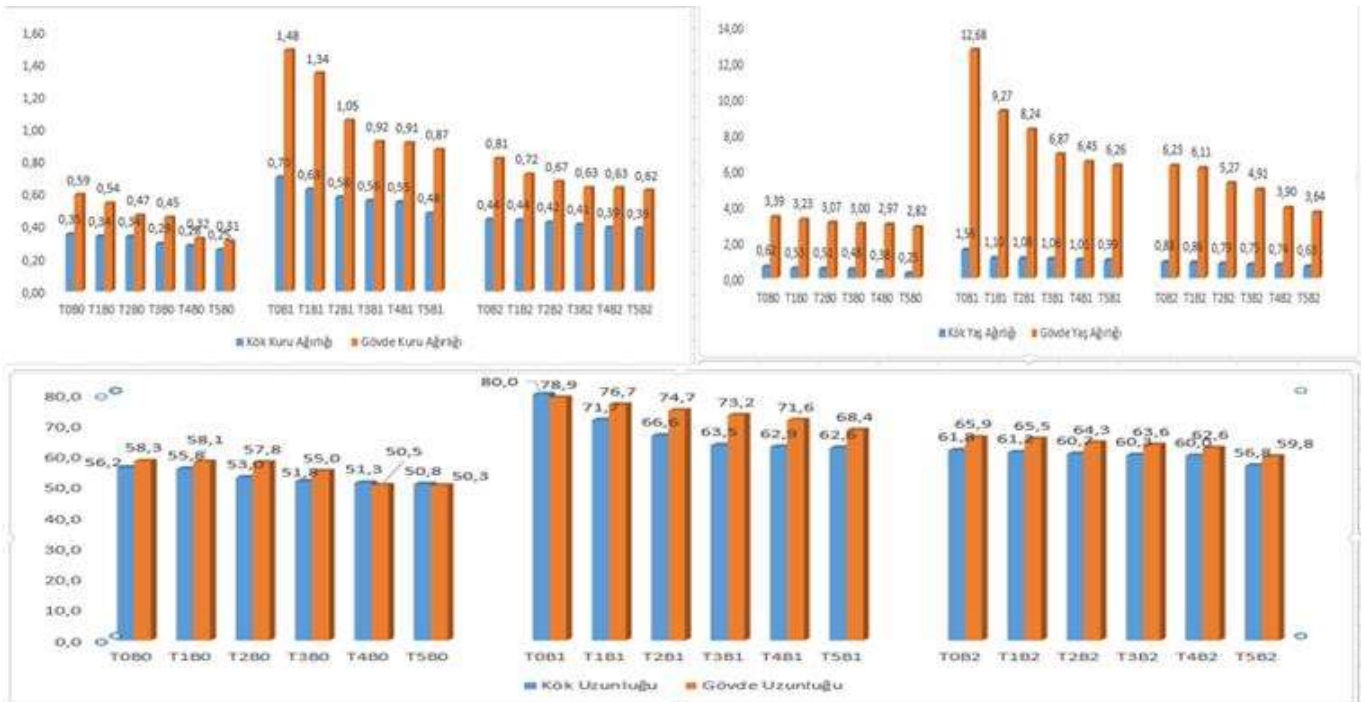
Farklı tuz dozlarında emen üzerine bakteri uygulamalarının etkisinin araştırıldığı çalışmamızda kök kuru ve yaş ağırlığı ve kök uzunluğu, gövde kuru ve yaş ağırlığı ve gövde uzunluğunu içeren büyüme parametreleri incelenmiştir. İncelenen parametreler sırası ile 0.32, 0.43, 55.92, 0.46, 2.93 ve 53.02 ile 150 mM NaCl uygulamasında en düşük değerleri almıştır. İncelenen tüm büyüme parametreleri *Bacillus* sp. > *A. agilis* > kontrol sıralamasını takip etmiştir. İncelenen büyüme parametrelerinde interaksiyonda en yüksek değerler kontrol uygulaması ve 30 mM NaCl + *Bacillus* sp. uygulaması vermıştir (şekil 1).

Çizelge 1. Farklı tuz dozlarında PGPR uygulamalarının çemen çimlenme parametrelerine etkisi

Uygulamalar	Çimlenme Oranı, %	Çimlenme Hızı, gün	Ort. Günlük Çimlenme, gün	Pik Değeri, %	Çimlenme Değeri, %
T0B0	76	6.93	3.31	1.18	2.30
T0B1	85	8.63	4.63	2.11	6.52
T1B0	62	4.66	3.05	0.93	3.59
T1B1	69	7.32	4.60	1.50	9.86
T2B0	52	4.03	2.08	0.92	2.43
T2B1	65	7.03	3.12	1.30	5.21
T3B0	48	3.87	1.83	0.76	1.63
T3B1	61	6.22	2.90	1.28	4.93
T4B0	8	2.07	1.36	0.72	1.28
T4B1	43	2.99	1.83	1.04	3.52
T5B0	31	1.17	0.57	0.64	0.75
T5B1	26	1.80	1.43	1.14	2.98
T0B0	76	6.93	3.31	1.18	2.30
T0B2	76	8.29	3.38	1.31	3.08
T1B0	62	4.66	3.05	0.93	3.59
T1B2	71	6.05	3.35	1.31	4.72
T2B0	52	4.03	2.08	0.92	2.43
T2B2	58	4.87	2.43	1.12	3.17
T3B0	48	3.87	1.83	0.76	1.63
T3B2	50	3.93	1.99	1.08	2.96
T4B0	48	2.07	1.36	0.72	1.28
T4B2	41	2.72	1.39	0.82	3.42
T5B0	21	1.17	0.57	0.64	0.75
T5B2	12	1.42	0.72	0.80	1.14
T0B0	76	6.93	3.31	1.18	2.30
Tuz	*	*	*	öd	öd
Bakteri	*	öd	öd	öd	**
Tuz+Bakteri	*	öd	öd	öd	*

** P < 0,01 düzeyinde, * P < 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

T0B0: Kontrol+Kontrol,T1B0: 30 mM NaCl+Kontrol,T2B0: 60 mM NaCl+Kontrol, T3B0: 90 mM NaCl+Kontrol, T4B0: 120 mM NaCl+Kontrol, T5B0: 150 mM NaCl+Kontrol, T0B1: Kontrol+*Basillus* sp.,T1B1: 30 mM NaCl+*Basillus* sp., T2B1: 60 mM NaCl+*Basillus* sp., T3B1: 90 mM NaCl+*Basillus* sp., T4B1: 120 mM NaCl+*Basillus* sp., T5B1: 150 mM NaCl+*Basillus* sp., T0B2: Kontrol+*A.agilis*, T1B2: 30 mM NaCl+*A.agilis*, T2B2: 60 mM NaCl+*A.agilis*,T3B2: 90 mM NaCl+*A.agilis*,T4B2: 120 mM NaCl+*A.agilis*,T5B2: 150 mM NaCl+*A.agilis*

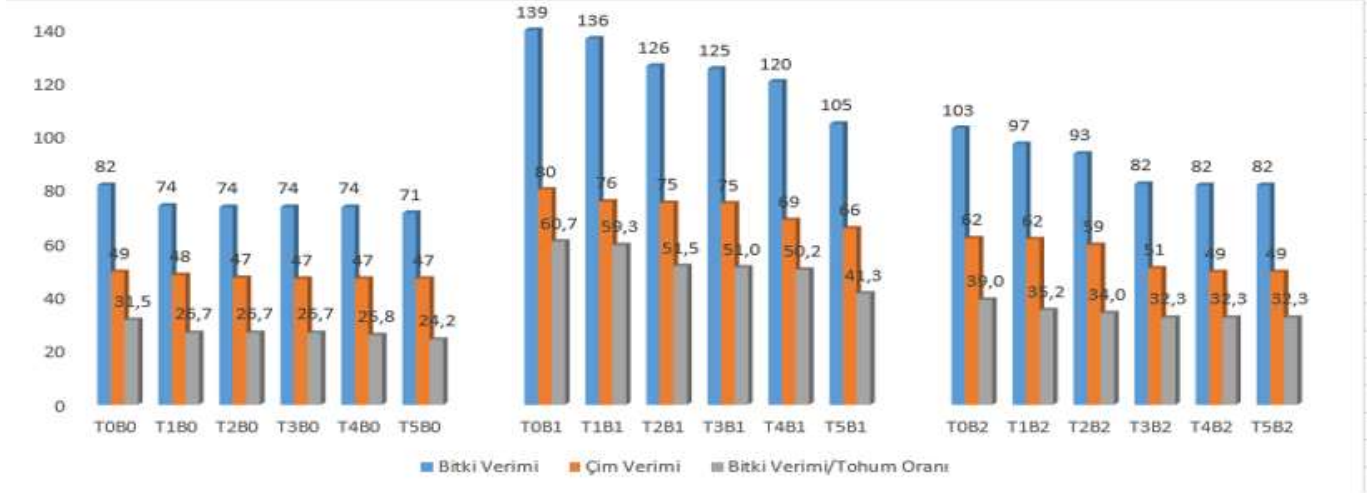


Şekil 1. Tuz × bakteri interaksiyonunun bitki büyüme parametrelerine etkisi

T0B0: Kontrol+Kontrol,T1B0: 30 mM NaCl+Kontrol,T2B0: 60 mM NaCl+Kontrol, T3B0: 90 mM NaCl+Kontrol, T4B0: 120 mM NaCl+Kontrol, T5B0: 150 mM NaCl+Kontrol, T0B1: Kontrol+*Basillus* sp.,T1B1: 30 mM NaCl+*Basillus* sp., T2B1: 60 mM NaCl+*Basillus* sp., T3B1: 90 mM NaCl+*Basillus* sp., T4B1: 120 mM NaCl+*Basillus* sp., T5B1: 150 mM NaCl+*Basillus* sp., T0B2: Kontrol+*A.agilis*, T1B2: 30 mM NaCl+*A.agilis*, T2B2: 60 mM NaCl+*A.agilis*,T3B2: 90 mM NaCl+*A.agilis*,T4B2: 120 mM NaCl+*A.agilis*,T5B2: 150 mM NaCl+*A.agilis*

Verim parametreleri

Verim parametreleri üzerine tuz dozlarının olumsuz etkiye sahip olduğu doz arttıkça verim parametrelerinin azaldığı belirlenmiştir. Verim parametreleri kontrol > 30 mM NaCl > 60 mM NaCl > 90 mM NaCl > 120 mM NaCl > 150 mM NaCl sırasını takip etmiştir. Bakteri uygulamalarının parametreler üzerinde etkili olduğu kontrol > *Bacillus* sp. > *A. agilis* sırasını takip ettiği belirlenmiştir. İnteraksiyonda parametrelerin 60 mM tuz konsantrasyonundan sonra azalmaya başladığı *A. agilis* suşunun daha hassas olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).

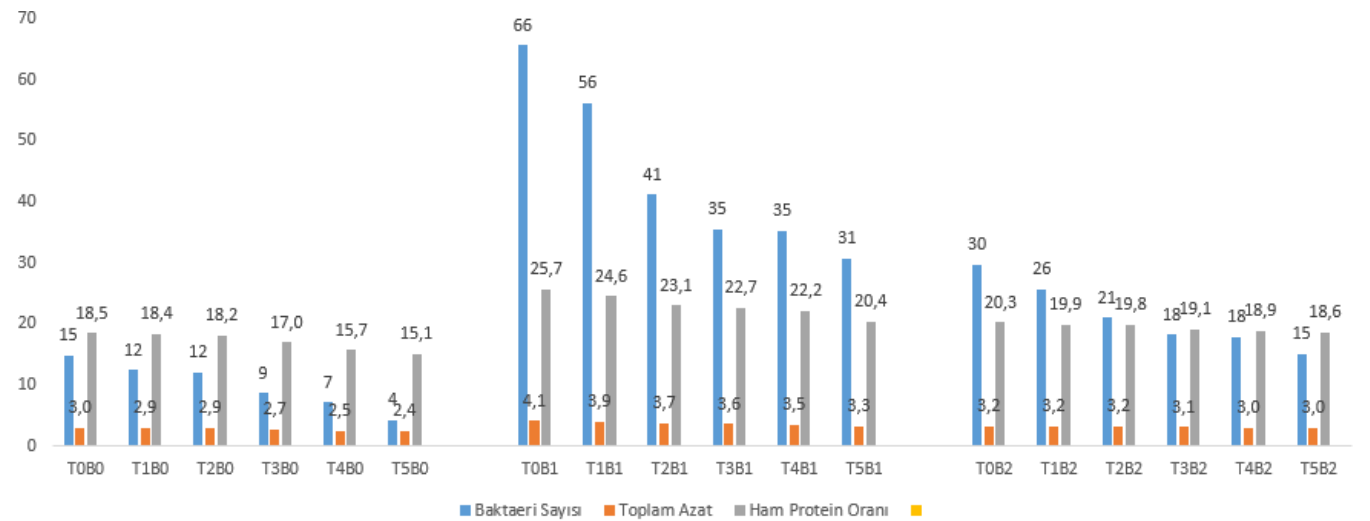


Şekil 2. Tuz x bakteri interaksiyonunun bitki verim parametrelerine etkisi

T0B0: Kontrol+Kontrol, T1B0: 30 mM NaCl+Kontrol, T2B0: 60 mM NaCl+Kontrol, T3B0: 90 mM NaCl+Kontrol, T4B0: 120 mM NaCl+Kontrol, T5B0: 150 mM NaCl+Kontrol, T0B1: Kontrol+*Bacillus* sp., T1B1: 30 mM NaCl+*Bacillus* sp., T2B1: 60 mM NaCl+*Bacillus* sp., T3B1: 90 mM NaCl+*Bacillus* sp., T4B1: 120 mM NaCl+*Bacillus* sp., T5B1: 150 mM NaCl+*Bacillus* sp., T0B2: Kontrol+*A.agilis*, T1B2: 30 mM NaCl+*A.agilis*, T2B2: 60 mM NaCl+*A.agilis*, T3B2: 90 mM NaCl+*A.agilis*, T4B2: 120 mM NaCl+*A.agilis*, T5B2: 150 mM NaCl+*A.agilis*

Bakteri sayısı, ham protein oranı ve azot içeriği

Çemen tohumlarında farklı tuz konsantrasyonlarında bakteri uygulamalarının bakteri sayısı, ham protein oranı ve azot içeriği üzerine etkileri incelenmiş; tuz uygulamasında en düşük değerler 10,52 CFU 10⁸, %16,54 ve %3,01 olarak 150 mM tuz uygulamasından elde edilmiştir. *Bacillus* sp. uygulamasının *A. agilis* suşundan daha etkili olduğu en yüksek değerleri *Bacillus* sp. suşunun verdiği belirlenmiştir. *A. agilis* + 150 mM NaCl interaksiyonunun tüm parametrelerde en düşük değerleri gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Tuz x bakteri interaksiyonunun bakteri sayısı ile bitkinin ham protein oranı ve azot içeriği

T0B0: Kontrol+Kontrol, T1B0: 30 mM NaCl+Kontrol, T2B0: 60 mM NaCl+Kontrol, T3B0: 90 mM NaCl+Kontrol, T4B0: 120 mM NaCl+Kontrol, T5B0: 150 mM NaCl+Kontrol, T0B1: Kontrol+*Bacillus* sp., T1B1: 30 mM NaCl+*Bacillus* sp., T2B1: 60 mM NaCl+*Bacillus* sp., T3B1: 90 mM NaCl+*Bacillus* sp., T4B1: 120 mM NaCl+*Bacillus* sp., T5B1: 150 mM NaCl+*Bacillus* sp., T0B2: Kontrol+*A.agilis*, T1B2: 30 mM NaCl+*A.agilis*, T2B2: 60 mM NaCl+*A.agilis*, T3B2: 90 mM NaCl+*A.agilis*, T4B2: 120 mM NaCl+*A.agilis*, T5B2: 150 mM NaCl+*A.agilis*

Yürütölen araştırmada incelenen tün parametrelerde çemen üzerine tuz stresinin negatif yönde etkili olduğu ve ayrıca bakteri uygulamalarının tuz stresinin etkisini minimize ettiği belirlenmiştir. Bitki gelişimi ve tohum çimlenmesinde toprak tuzluluğu oldukça önemlidir. Toprak tuzluluğu yavaş ve yetersiz çimlenmeye ve fizyolojik kuraklığa neden olmaktadır. Bitki tohum çimlenmesinde fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olan toprak tuzluluğu tohum çimlenmesini ve bitki büyümesini önemli derecede etkilemektedir (Kacar, 1996). Çemen tohumlarında farklı tuz seviyelerinde bakteri uygulamasının çimlenme parametreleri incelediğimiz çalışmamızda çimlenme oranı, çimlenme hızı, ortalama günlük çimlenme, pik ve tepe değerleri incelenmiş, tuz uygulamasının artmasına paralel olarak parametrelerde azalma olduğu, bakteri uygulamalarının tuz uygulamasının olumsuz etkisini azalttığı *A. agilis* bakteri suşunun tuza karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen araştırma sonuçları yapılan diğer araştırma sonuçları ile paralellik göstermektedir. Üç farklı ada çayı çeşidi üzerinde farklı tuz konsantrasyonlarının uygulandığı bir araştırmada, artan tuz konsantrasyonlarının tohum çimlenme parametreleri üzerine olumsuz etkide bulunduğu ifade edilmiştir (Kadioğlu, 2020). Domateste tuz stresi üzerine yapılan çalışmada da tuz konsantrasyonu arttıka çimlenme yüzdesinin azaldığı belirtilmiştir (Isık, 2022). Yonca üzerinde farklı tuz düzeylerinin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, çimlenme oranının tuz düzeyi arttıka azaldığı belirtilmiştir (Ercan, 2020). Yine 18 yonca çeşidinde yapılan diğer bir çalışmada; üç farklı tuz konsantrasyonu (100, 200, 300 mM) uygulanmış, tuz seviyesi arttıka fide gelişiminin kısıtladığı ve çimlenme oranlarının kontrole göre azaldığı ifade edilmiştir (Özkurt ve ark., 2018; Öztürk ve ark., 2018). Normal bitki gelişimi için toprak neminin yeterli olması gerekmektedir. Bitki kök bölgesinde suyun azalması bitkilerin su kullanımlarını etkilemekte su kullanımının azalmasına neden olmaktadır. Toprak tuzluluğu bitkinin suyu kolaylıkla almasını engelleyen durumlardan birisidir. Zayıf çimlenme geçiren bitki vejetatif olarak iyi gelişememekte ve verimde azalmaya neden olmaktadır. Bitkiler tohum çimlenmesi ya da fide oluşum devrelerinde tuzluluğa karşı oldukça hassastır (Bayraklı, 1998). Yürütölen araştırmada büyüme parametreleri incelenmiş incelenen parametrelerde en düşük değerlerin 150 mM tuz dozunda *A. agilis* bakterinin verdiği belirlenmiştir. Çok yıllık çimde yapılan bir çalışmada artan tuz konsantrasyonlarına paralel olarak çimlenme oranı, sürgün ve kök uzunluğu, sürgün ve kök yaş ağırlığı ve tuza karşı toleransın azaldığı belirtilmiştir (Türk ve Alagöz, 2020). Araştırmalar tuz stresine maruz kalan bitkilerde kök, gövde ve sürgün büyümesi gibi özelliklerin azaldığını buna paralel olarak verim gibi özelliklerin de azaldığını ifade etmişlerdir (Köşkeroğlu, 2006). Toprak tuzluluğunu ve kuraklığı azaltmak ve çimlenmeyi artırmak için biyo-gübreler, kullanılmaktadır. PGPR uygulamaları bitki metabolizmasını etkileyerek bitkilerin gelişimini, azot fiksasyonunu, çimlenme oranını, bitki verimini, kök gelişimini artırmakla birlikte bitkilerin stres koşullarına karşı hassasiyetlerini de artırmaktadır. Farklı tuz dozlarında keten üzerine bakteri uygulamasının yapıldığı araştırmada tuz dozları arttıka çimlenme parametrelerinin azaldığı bakteri uygulamasının tuz uygulamasının olumsuz etkisini minimize ettiği belirlenmiştir (Kadioğlu, 2022). Diğer bir araştırmada farklı tuz dozlarında yem bezelyesine PGPR bakterileri uygulanmış, PGPR uygulamalarının çimlenme biyolojisini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Kadioğlu, 2021). Araştırmamızda kullandığımız bio-gübrelerin kontrole göre etkili olduğu tuz stresinin etkilerini azalttığı görölmüştür. Kontrole göre bakteri uygulamasının çimlenme, verim ve büyüme parametrelerinde ve bakteri sayısı, ham protein oranı ve azot içeriği üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Kontrolde sonra bakteri uygulamalarının en yüksek değerleri aldığı, çalışmada uygulanan bio-gübrelerin incelenen parametrelerde olumlu etkide bulunduğu belirlenmiştir.

Sonuç

Araştırmada; farklı tuz dozlarında uygulanan PGPR'ların çimlenme, büyüme ve verim parametreleri ve bakteri sayısı, ham protein oranı, toplam azot içeriği incelenmiş, bakteri uygulamalarının incelenen tüm parametreler üzerine kontrole göre etkili olduğu, kullanılan bakteri suşlarının çemen tohumu üzerine tuz stresinin olumsuz etkisini en aza indirdiği, *Bacillus* sp. uygulamasının daha etkili olduğu belirlenmiştir. Çemen üzerine 150 mM NaCl uygulamasında *A. agilis* uygulamasının daha hassas olduğu bulunmuştur. Toprak tuzluluğunun yüksek olduğu alanlarda, tuzu tolere edebilecek bitkilerin yetiştirilmesi, toprak tuzluluğunun etkilerini hafifletecek bio-gübreler gibi toprak düzenleyicilerin kullanılması elden çıkan tarım alanlarının geri kazanımını sağlayabilecektir. 150 mM NaCl tuz uygulamasında *Bacillus* sp. bakteri suşunun çemende tarımsal özelliklerin iyileştirilmesinde kullanılabileceği önerilmektedir.

Teşekkür

Araştırmada kullanılan bakteriler ticari olarak temin edilmiş, bakteri analizleri SYN BIO tarafından yapılmıştır.

Kaynaklar

- Akgun İ, Ayata R, Karaman R. 2018. Effect of wheat grass (*Triticum aestivum* L.) juice on seed germination. *Academia Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1(4), 19-24.
- AOAC, 1990. In: Helrich, K (Ed.), *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Washington, DC.
- Bayraklı F. 1998. *Toprak Kimyası*. OMÜ Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 26, 1. Baskı, Samsun, 214s.
- Bressan RA. 2008. Stres Fizyolojisi 591-620. *Bitki Fizyolojisi* (Eds. L. Taiz & E. Zeiger; Çeviri Ed. İ. Türkan). Palme Yayıncılık, Ankara, 690 s.
- Clark FE. 1965. Agar-Plate Metod for Total Microbial Count. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, C. A. Black, D. D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger, F. E. Clark and R. C. Dinaver, Eds., , Madson, New York, 1965, pp. 1460-1466.
- Czabator FJ. 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*, 8, 386-395.
- Ercan MYİ. 2020. Yoncada (*Medicago sativa* L.) farklı klor tuzu ve dozlarının çimlenme ve fide gelişimine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Ergene A. *Toprak Biliminin Esasları*. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 245.
- Ellis RH, Roberts ET. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science Technology*, 9, 373-409.
- Gairola KC, Nautiyal AR, Dwivedi AK. 2011. Effect of temperatures and germination media on seed germination of *Jatropha curcas* L. *Advances in Bioresearch*, 2(2), 66-71.
- Gholizadeh F, Manzari-Tavakkoli A, Pazoki A. 2016. Evaluation of salt tolerance on germination stage and morphological characteristics of some medicinal plants artichoke, flax, safflower and coneflower. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 5(3), 229-237.
- Gökçe Z, Efe L. 2016. Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) bitkisinin kullanım alanları ve tıbbi önemi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD, Özel Sayı*, 355-363.
- Isik G. 2022. Ecophysiological responses of *Solanum hycopersicum* L. to different levels of salt stress. *Pakistan Journal of Botany*, 54(1), 1-5.
- ISTA, 2003. *Handbook of Vigour Test Methods*. 2nd Edition. Zürich, Switzerland. pp. 49-56.
- Kacar B, İnal A. 2008. *Bitki Analizleri*. Nobel Yayın No: 1241. Fen Bilimleri. ISBN 97 J.H.
- Kacar B. 1996. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi No: 1447.
- Kadioğlu B. 2020. Determination of germination biology of some sage (*Salvia* spp.) species under salinity stress. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 18(2), 359-367.
- Kadioğlu B. 2021. Effect of different bacterial strains on the germination forage pea (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.) under salt stress. *Legume Research*, 44(11), 1333-1337.
- Kadioğlu B. 2022. Effects of the application *Bacillus* sp. on the germination of linen (*Linum usitatissimum*) seeds under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(07), 6782-6786.
- Karasahin M. 2015. Grass juice yield and nutritional values of some cereals in soilless culture. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech*, 5(4), 57-64.
- Kiremitçi MS, Hacıkamiloğlu MS, Arslan H, Kurt O. 2017. The effects of different irrigation water salinity levels on germination and early seedling development of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Anadolu J. Agr Sci*, 32, 350-357.
- Köşkeroğlu S. 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Kuşvuran Ş. 2010. Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Doktora Tezi (Basılmamış), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Matthews S, Khajeh-Hosseini M. 2007. Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Science and Technology*, 35(1), 200-212.
- Prodo FE, Boero C, Gallardo M, Gonzalez JA. 2000. Effect of NaCl on germination growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* (Wild) seeds. *Bot Bull Acad Sin*, 41, 27-34.
- Önal Asci O. 2011. Salt tolerance in red clover (*Trifolium pratense* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 10(44), 8774-8781.
- Özkurt M, Saygılı İ, Özdemir-Dirik K. 2018. Bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin erken gelişme dönemindeki tuz toleransının belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(3), 251-258.
- Öztürk Y, Tatar N, Budaklı-Çarpıcı E. 2018. Tuz stresi koşullarında polietilen glikol ön uygulamalarının kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb.) tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergi*, 32(1), 141-149.

- Türk M, Alagöz M. 2020. Kamışsı yumak (*Festuca arundinaceae* Schreb.) tohumlarının çimlenmesi üzerine tuz stresinin etkileri. Bursa Uludag Üniv. Ziraat Fak. Derg, 34(2), 317-324.
- Wollum AG II, 1982. Cultural Methods for Soil Microorganisms Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties. AL Page (ed.) Amer. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisconsin USA. Agron 9. Part 2. Second Edition. pp. 781-801.
- Yeter T, Yurtseven E. 2015. Sulama suyu tuzluluğu ve yıkama gereksinimi oranlarının yoncada çimlenme ve gelişmeye etkisi. Soil-Water Journal (Toprak Su Dergisi), 4(1), 36-42.