


Tuz stresi Koşullarında Yetiştirilen Çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) Fidelerinde Vermikompost Uygulamalarının Morfolojik ve Fizyolojik Değişimler Üzerindeki Etkileri

Rüveyde TUNÇTÜRK¹  Murat TUNÇTÜRK¹  Rüya ARMAN²  Lütfi NOHUTÇU¹  Ezelhan ŞELEM³ 

¹Van Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye.

²Raif Türkoğlu İlkokulu, Diyarbakır, Türkiye.

³Van Yüzyüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksek Okulu, Peyzaj ve Süs Bitkileri Bölümü. Van, Türkiye.

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ezelhan ŞELEM, e-mail: ezelhanselem@yyu.edu.tr

Özet: Yürütülen çalışmada farklı tuz dozlarına (kontrol (0), 50, 100, 150 mM NaCl)) tabi tutulan çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) bitkisinde farklı vermikompost uygulamalarının (1. Ortam: tarla toprağı + %20 torf, 2. Ortam: %50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit, 3. Ortam: %40 tarla toprağı + %40 vermikompost+ %20 perlit, 4. Ortam: %30 tarla toprağı + %50 vermikompost+ %20 perlit) bazı morfolojik ve fizyolojik değişimler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Deneme, Tesadüf Parselleri Deneme Deseni'ne göre faktöriyel düzende 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Kök uzunluğu, azot balans indeksi (NBI) ve yaprak dokularında iyon sızıntısı miktarı üzerinde tuz uygulamalarının etkisi kontrole göre arttırıcı yönde olurken, diğer tüm parametreler üzerindeki etkisi kontrol ile kıyaslandığında azaltıcı yönde olmuştur. Büyüme ortamları ise kontrol ile kıyaslandığında, tüm parametreler üzerinde olumlu ve arttırıcı etkiye neden olmuştur. Çalışmada, büyüme parametreleri açısından en iyi sonuçlara O2 büyüme ortamından (%50 tarla toprağı + %30 vermikompost+ %20 perlit), fizyolojik parametreler bakımından ise en iyi sonuçlara, O2 (%50 tarla toprağı + %30 vermikompost+ %20 perlit) ve O3 (%40 tarla toprağı + %40 vermikompost+ %20 perlit) büyüme ortamlarından ulaşılmıştır. Çalışmada farklı tuz içerikleri üzerinde vermikompost uygulamalarının etkili olduğu ve stress fizyoloji üzerinde olumlu tesirlerinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dualeks, NaCl, Stres, Solucan gübresi.

The Effects of Vermicompost Applications on Morphological and Physiological Changes in Fenugreek (*Trigonella foenum graecum*

L.) Seedling Grown under Salt Stress Conditions

Abstract: In the study, different vermicompost fertilizer applications of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) plant, which was subjected to different salt doses (control (0), 50, 100, 150 mM NaCl) (1. Medium: field soil + 20% peat, 2. Medium: 50% field soil + 30% vermicompost + 20% perlite, 3. Medium: 40% field soil + 40% vermicompost + 20% perlite, 4. Medium: 30% field soil + 50% vermicompost + 20% perlite). The experiment was carried out in a factorial design with 3 replications according to the randomized plot design. The effect of the result on some morphological and physiological changes was examined. While the effect of salt applications on root length, nitrogen balance index (NBI) and the amount of ion leakage in leaf tissues was increased compared to the control, the effect on all other parameters was decreased compared to the control. Growth media, on the other hand, had a positive and increasing effect on all parameters when compared to the control. In the study, O2 growth medium (50% field soil + 30% vermicompost + 20% perlite) gave the best results in terms of growth parameters, and O2 (50% field soil + 30% vermicompost + 20% perlite) gave the best results in terms of physiological parameters) and O3 (40% field soil + 40% vermicompost + 20% perlite) growth media. In the study, it was determined that vermicompost applications were effective on different salt contents and had positive effects on stress physiology.

Keywords: Dualeks, NaCl, Stress, Worm manure.

GİRİŞ

Fabaceae (Baklagiller) familyasının *Trigonella* cinsinde yer alan çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) önemli endüstri bitkileri arasında yer almaktadır. Bitkinin tohumları ve vejetatif aksamaları hayvancılıkta yem, gıda endüstrisinde baharat ve yağı ise kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır. *Trigonella foenum graecum* L. ince saplı yapısı ve toprakta iyi çözünmesinden dolayı yeşil gübre bitkisi olarak da kullanılma potansiyeline sahiptir (Gökçe ve Efe, 2016). Ayrıca tıbbi olarak da tüketilen önemli bir bitkidir. Tohumunun tedavi edici özelliğinin, steroidal yapıli bir saponin olan diosgeninden kaynaklandığı bildirilmiştir (Shirani ve Ganesharane, 2009). Öğütölmüş tohumunun toz halinde tüketilmesi ile insan sağlığı üzerinde kolesterolü ve kan şekerini düşürücü özelliğı yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Halk hekimliğinde ise, ateş düşürücü, balgam söktürücü, boğaz ağrısı giderici, sindirimi kolaylaştırıcı, yara iyileştirici, süt artırıcı olarak faydalanılmaktadır. (Gruenwald ve ark., 2007; HMPC, 2011; Nagulapalli Venkata ve ark., 2017; Jabeen ve ark., 2018; Yao ve ark., 2019; Keser ve Gürbüz, 2020). Türkiye’de tescil edilmiş üç çemen çeşidi bulunmakta olup üretimi yıl bazında dalgalanmalar göstermektedir. 2014 yılında 1.979 ha olan üretim alanı 2020 yılında 6.521 ha, 2022 yılında 8.903 ha olarak yükselirken üretim miktarının 2014 yılında 218 ton, 2020 yılında 713 ton ve 2022 yılında 1.044 ton olduğu görölmektedir (TUİK, 2023). Yetiştirme alanının artmasına rağmen üretimde beklenen artışın olmadığı görölmektedir. Bitki gelişimi üzerinde birçok faktörün etkili olduğu bilinmektedir. Bu faktörler biyotik, abiyotik, antropojenik ve yetiştirme kaynaklı olabilmektedir.

Son yıllarda tarım topraklarının ıslah edilmesinde organik madde olarak solucan gübresi, yarasa gübresi, su yosunu ve kanatlı gübresi gibi biyolojik ortamlar organik madde olarak kullanılmaktadır (Karagöz, 2014; Yıldız ve ark., 2017; Başdinç, 2019). Önemli abiyotik faktörlerden olan tuz stresi, bitkisel üretimi sınırlandırmaktadır. Yapılan bitkisel üretiminde üreticilerin karşılaştığı problemlerin başında tuz stresi gelmektedir. Özellikle yaşanan küresel ısınma su kaynaklarının hızla tükenmesine, yarı kurak ve kurak alanların önemli düzeyde artmasına neden olmuş ve tuz seviyesinin de topraklarda yükselmesine yol açmıştır. Stres koşullarındaki bitkiler büyüme ve gelişmelerini devam ettirebilmeleri için farklı fizyolojik savunma mekanizmaları geliştirirler. Tuz stresine bağıli olarak bitkilerde yaprakta bulunan su seviyesinin düşmesi ve yaprakların nispi nem içeriğinin azalmasıyla bitkide fotosentez miktarı düşmektedir. Bu durumun sonucunda bitkilerde verim ve kalitede önemli kayıplar yaşanmaktadır (Başdinç, 2019).

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk hem tarım yapılan toprakları olumsuz etkilemekte hem de tuzluluk tehdidi altındaki topraklarda yetişen bitkilerde pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011, Yaşar ve Yaşar, 2022). Çimlenme ortamında bulunan yüksek tuz seviyeleri, iyon toksisitesi ve/veya ozmotik etki ile hem tohum çimlenmesinin ve hem de büyümesinin azalmasına ve ayrıca tamamen engellenmesine neden olabilir (Cirka ve ark., 2021). Ekilebilir alanlardaki böylesi tuz birikiminin, küresel anlamda daha fazla zarar verici seviyelere ulaşacağı öngörülmektedir. Bu durum, ürün verimi ve kalitesindeki azalmaya bağıli olarak büyük ekonomik kayıplara da neden olmaktadır (Mahajan ve Tuteja, 2005). Özellikle çevresel faktörler ve fizyolojik etkilerle birlikte meydana gelen tuza tolerans özelliğinin esas kaynağı kalıtsal unsurlardır. Tuza tolerans türler hatta genotipler arasında önemli farklılıkların bulunduğu bilinmektedir (Kuşvuran, 2010). Tuzluluğa dayanıklı genotiplerin belirlenmesi ve bu konudaki ıslah çalışmalarının önemli olmasına karşın orta ve hafif seviyelerdeki tuzlu topraklarda bitkilerin yetiştirilmeleri için tuza dayanımı artırıcı uygulamalar da önem arz etmektedir (Altunlu, 2019). Abiyotik stres koşullarında bitkilerde su ve besin maddesi alınımının devamlılığını sağlayan vermikompost (solucan gübresi) gübresinin dayanımı artırıcı etkileri birçok çalışmada ortaya konmuştur (Küçükymuk ve ark., 2014; Akhzari ve Pessarakli, 2017; Zahmacioğlu, 2017). Buğday bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada Çirka ve ark. (2022),

vermikompostun incelenen parametrelerde önemli bir artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. vermikompost uygulamalarının tuzluluğun yarattığı olumsuzlukları azaltmak için iyi bir alternatif olabileceği görülmüş ve yapılan çalışmalarda birçok türde tuzlu koşullarda vermikompost uygulamalarının faydaları bildirilmiştir (Hınıslı, 2014; Sheikhi ve ark. 2015; Akhzari ve ark., 2016; Perez-Gomez ve ark., 2017; Beykkhormizi ve ark., 2018; Uluğ, 2018; Şelem ve ark., 2021).

Çalışmada, tuz stresi koşullarında yetiştirilen çemende organik gübre olarak kullanılan vermikompostun (solucan gübresi) büyüme ve gelişim parametreleri ile bazı fizyolojik özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma materyali olarak Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü adına tescil edilmiş Çiftçi çemen çeşidi kullanılmıştır. Araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü'ne ait tam kontrollü şartlara sahip iklim kabininde Tesadüf Parselleri Deneme Deseni' ne göre faktöriyel düzende kurulmuştur. Üç tekrarlamalı olarak yürütülen çalışmada bitkiler 8/16 saatlik karanlık/aydınlık fotoperiyotta, 25°C sıcaklık ve %65 neme sahip olan ortamda 500cc'lik saksılarda yetiştirilmiştir. Çalışmada faktör olarak yetiştirme ortamları (1. Ortam: tarla toprağı + %20 torf, 2. Ortam: %50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit, 3. Ortam: %40 tarla toprağı + %40 vermikompost + %20 perlit, 4. Ortam: %30 tarla toprağı + %50 vermikompost + %20 perlit) ve tuz dozları (kontrol (0), 50, 100, 150 mM NaCl) kullanılmıştır. Tohumların ekimi 31.08.2020 tarihinde yapılmıştır. Denemede farklı dozlardaki tuz (NaCl) solüsyonları bitkilerin 10-15 cm olduğu dönemde verilmiştir. İlk tuz dozları 14. 10. 2020 tarihinde uygulanmış ve üçer gün arayla toplamda beş uygulama olacak şekilde yapılmıştır. Çalışma 26.10.2020 tarihinde gerekli ölçüm ve gözlemler yapılmak üzere sonlandırılmıştır. Çalışmada kullanılan torf materyaline ait özellikler; pH 6, 160-260 mg/L N, 180-280 mg/L P₂O₅, 200- 150 mg/L K₂O₅, 80- 150 mg/L Mg, % 0.8 N, % 70 organik madde, % 35 C şeklindedir. Çalışmada kullanılan toprak killi kumlu tın tekstür yapısında, pH alkali reaksiyonlu (8.18), kireçli (% 17.9) olup organik madde (% 1.17), tuz oranı (% 0.021), potasyum (488 ppm), azot içeriği (0.049 me 100g⁻¹) ve yarıyıllı fosfor içeriği (6.70 ppm) miktarı belirlenmiştir.

Gövde ve kök uzunluğu dijital kumpasla, yaş ve kuru ağırlığı ise hassas terazi yardımıyla belirlenmiştir (Tunçtürk ve ark., 2023). Bitkilerin bağıl (oransal) su içeriği, Arora ve ark. (2002)'na, yaprak dokularında membran stabilite indeksi ve yaprak dokularında iyon sızıntısı ise Premchandra ve ark. (1990) ve Sairam (1994)'e göre hesaplanmıştır. Nitrojen balans indeksi ve toplam flavonol miktarlarının ölçümü taşınabilir özellikte olan Dualex Scientific+™ cihazı ile gerçek zamanlı ve tahribatsız olarak yapılmıştır (Şelem ve ark., 2021; Yolci ve ark., 2022).

Verilerin hesaplanması COSTAT (6.3 versiyonu) bilgisayar analiz programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bitki gelişimi üzerinde olumlu etkisi olduğu bilinen vermikompostun, farklı tuz dozlarında yetiştirilen çemen bitkisinin bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklerinde meydana getirdiği değişimler Tablo 1 ve Tablo 2' de verilmiştir.

Gövde uzunluğunda tuz ve vermikompost uygulamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Gövde uzunluğu artan tuz stresine paralel olarak azalış göstermiş olup en uzun değer kontrol grubundan 22.85 cm, en kısa değer ise T₃ uygulamasından 16.23

cm olarak alınmıştır. Farklı vermikompost miktarlarının kullanıldığı ortamlarda ise en yüksek gövde uzunluğu 24.54 cm ile O₂ ortamından elde edilirken en kısa boylu bitkiler 16.05 cm ile O₄ uygulamalarından belirlenmiştir (Tablo 1.).

Araştırma sonunda elde edilen verilere göre çemen bitkisinde kök uzunluğu üzerine farklı dozlarda tuz ve vermikompostun etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz uygulamalarına göre en uzun kök uzunluğu ortalama değeri 22.46 cm ile T₃ uygulamasından elde edilirken, T₂ uygulaması ile aynı Duncan grubu içerisinde yer almıştır. En kısa kök uzunluğu (16.60 cm) değeri ise T₀ uygulamasından tespit edilmiştir. Farklı büyüme ortamlarına göre en yüksek kök uzunluğu değerleri 21.59 cm ile O₂ ortamından tespit edilirken, O₁ ortamı ile aynı Duncan grubunda yer almıştır. En düşük değer ise 18.10 cm ile O₄ ortamından elde edilmiş ve O₃ büyüme ortamı ile aralarında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Tablo 1).

Kök yaş ve kuru ağırlığı üzerinde tuz ve vermikompost uygulamaları ile bu faktörlerin interaksyonunu arasındaki farkın istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. En yüksek kök yaş ağırlığı (0.74 g) ve kök kuru ağırlığı (0.12 g) değerleri kontrol uygulamalarından, en düşük değerler ise kök yaş ağırlığı (0.46 g) ve kök kuru ağırlığı (0.05 g) değerleri T₃ tuz uygulamalarından tespit edilmiştir. Büyüme ortamları bakımından ise en yüksek değerler her iki parametre için sırasıyla; 0.90 ve 0.12 g ile O₂ büyüme ortamından tespit edilmiştir. Ancak kök kuru ağırlığında O₁ ve O₂ büyüme ortamları arasında farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Tuz ve büyüme ortamı arasındaki interaksyonda ise en yüksek kök yaş ağırlığı 1.21 g ile T₀xO₂ interaksyonundan elde edilmiştir.

Çizelge 1. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen çemende vermikompost uygulamalarının büyüme parametreleri üzerindeki etkisi

Tuz	Ortamlar	Gövde uzunluğu (cm)	Kök uzunluğu (cm)	Kök yaş ağırlığı (g)	Kök kuru ağırlığı (g)	Gövde yaş ağırlığı (g)	Gövde kuru ağırlığı (g)
T ₀	O ₁	23.3	17.1	0.88bc	0.15ab	1.56a	0.26ab
	O ₂	24.5	20.0	1.21a	0.17a	1.77a	0.32a
	O ₃	22.1	14.5	0.50def	0.10bc	0.76cde	0.11def
	O ₄	21.5	14.8	0.39ef	0.048efg	0.044i	0.07fg
T ₀		22.85a	16.60c	0.74a	0.12a	1.03a	0.19a
T ₁	O ₁	19.7	21.7	0.86bc	0.14ab	0.78cd	0.16cd
	O ₂	23.4	21.4	0.93b	0.14ab	1.12b	0.19bc
	O ₃	15.2	16.8	0.46ef	0.05ef	0.51fg	0.07fg
	O ₄	17.2	16.7	0.35f	0.02g	0.04i	0.05gh
T ₁		18.90b	19.16b	0.65b	0.09b	0.61b	0.12b
T ₂	O ₁	17.0	22.4	0.53de	0.07cd	0.76de	0.13de
	O ₂	27.4	21.8	0.80c	0.08cd	1.10b	0.19bc
	O ₃	19.7	20.4	0.54de	0.05ef	0.39gh	0.05gh
	O ₄	14.0	22.6	0.34f	0.03fg	0.02i	0.05gh
T ₂		19.56b	21.82a	0.55c	0.06c	0.57b	0.10b
T ₃	O ₁	18.0	24.7	0.44ef	0.06e	0.59ef	0.09f
	O ₂	22.8	23.1	0.66cd	0.07de	0.93c	0.11ef
	O ₃	12.6	23.6	0.52de	0.04fg	0.33h	0.06g
	O ₄	11.4	18.3	0.23g	0.02g	0.02i	0.03h
T ₃		16.23c	22.46a	0.46d	0.05d	0.47c	0.07c
Ortam Ortalaması	O ₁	19.53b	21.50a	0.68b	0.10a	0.92b	0.16b
	O ₂	24.54a	21.59a	0.90a	0.12a	1.23a	0.20a
	O ₃	17.43bc	18.85b	0.50c	0.065b	0.50c	0.07c
	O ₄	16.05c	18.10b	0.33d	0.034c	0.03d	0.05c
VK (%)		15.92	12.83	15.41	18.20	15.81	21.20
Tuz Dozları		**	**	**	**	**	**
Ortam		**	**	**	**	**	**
T x O		ög	ög	**	**	**	**

Tuz stresi Koşullarında Yetiştirilen Çemen (*Trigonella foenum graecum* L.) Fidelerinde Vermikompost Uygulamalarının Morfolojik ve Fizyolojik Değişimler Üzerindeki Etkileri

Tuz dozları: T₀: Kontrol (normal sulama), T₁: 50 mM NaCl, T₂: 100 mM NaCl, T₃: 150 mM NaCl. vermikompost uygulamaları: O₁: Kontrol (tarla toprağı + %20 torf), O₂: %50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit, O₃: %40 tarla toprağı + %40 vermikompost + %20 perlit, O₄: %30 tarla toprağı + %50 vermikompost + %20 perlit, T: Tuz dozları, O: Ortam dozları, Vk: Varyans katsayısı, ög: önemli görülmemiştir. *P<0.05, ** P<0.01

Gövde yaş ve kuru ağırlığında tuz ve vermikompost dozları uygulaması ile bunların etkisi arasındaki farkın istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamalarında gövde kuru ve yaş ağırlığı bakımından en yüksek değerler sırasıyla; T₀ uygulamasından 1.03 g ile 0.19 g olarak belirlenirken, en düşük ortalama değer ise 0.47 ile 0.07 g olarak T₃ uygulamasından elde edilmiştir. Farklı vermikompost oranlarının kullanıldığı ortamlarda ise en yüksek gövde yaş ve kuru ağırlığı O₂'den 1.23 g ile 0.20 g olarak tespit edilmiştir. En düşük değerler ise 0.03 ve 0.05 g olarak O₄ ortamından belirlenmiştir. Deneme faktörlerinin etkisi bakımından ise en yüksek değerler sırasıyla; 1.77 ve 0.32 g ile T₀xO₂ etkileşiminden tespit edilmiştir (Tablo 1).

NBI üzerine deneme faktörlerinin etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz uygulamalarında en yüksek ortalama değer T₁ uygulamasından 109.8 mg/g olarak tespit edilirken en düşük değer 68.4 mg g⁻¹ ile T₃ uygulamasından elde edilmiştir. Ortam uygulamalarında ise en yüksek değer O₁ (104.0 mg g⁻¹) uygulamalarından elde edilirken O₂ (93.90 mg g⁻¹) büyüme ortamı ile aralarında istatistiksel bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. En düşük değer ise O₃ büyüme ortamından (66.9 mg g⁻¹) tespit edilmiş ve O₄ (76.6 mg g⁻¹) büyüme ortamıyla arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır (Tablo 2). Flavonol içeriği bakımından tuz dozu uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunurken, ortam uygulamaları ile tuz dozu x ortam etkileşiminin etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tuz dozları uygulamaları bakımından en yüksek flavonol içeriği 0.42 dx olarak T₂ uygulamalarından tespit edilirken T₀ ve T₃ ile aynı Duncan grubunda yer aldığı görülmektedir (Tablo 2). En düşük flavonol miktarı 0.36 dx olarak T₁'den sağlanmıştır. Ortam uygulamalarında en yüksek flavonol değeri O₄ (0.45 dx) uygulamalarından elde edilirken, O₃ (0.43 dx) uygulamaları ile aynı Duncan grubunda yer almıştır. En düşük değer ise 0.36 dx ile O₁ ortamından tespit edilmiştir. Ancak O₂ uygulamaları ile aynı grup içerisinde yer aldığı Tablo 2' de izlenebilmektedir. Faktörlerin etkileşimi bakımından ise en yüksek flavonol içeriği 0.52 dx ile T₁xO₄ uygulamalarından belirlenmiştir.

Membran dayanıklılık indeksi (YDMDİ) üzerine vermikompost uygulamalarının etkisi %1 düzeyinde önemli görülürken, tuz dozları ile tuz dozları x ortam etkileşiminde etkisinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Tuz uygulamaları bakımından en yüksek YDMDİ değeri %87.30 olarak T₀ uygulamalarından tespit edilirken en düşük YDMDİ değeri %62.82 olarak T₃ uygulamasından elde edilmiştir. Farklı ortam uygulamaları açısından en yüksek ortalama YDMDİ değeri %82.37 ile O₃ ortamından tespit edilirken, en düşük değer %71.78 ile O₂ uygulamalarından belirlenmiştir. Tuz x büyüme etkileşimi bakımından ise en yüksek değer % 88.29 olarak T₀xO₁ uygulamasından elde edilmiştir.

Yaprak dokularında iyon sızıntısı (YDİS) üzerine tuz dozları ve vermikompost uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunurken etkileşimlerinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Tuz dozu uygulamalarında en yüksek YDİS oranı T₃ (%31.15) uygulamasından elde edilirken, en düşük değer kontrol grubundan (%13.97) elde edilmiştir. Farklı ortam uygulamalarında ise en yüksek değer %26.92 olarak O₂ ortamından elde edilirken, en düşük değer % 19.57 olarak O₃ uygulamalarından elde edilmiştir. O₁, O₃ ve O₄ büyüme ortamları aynı duncan grubunda yer almıştır (Tablo 2).

Yapılan çalışmada vermikompost uygulamaları ve tuz dozlarının yaprak dokularında bağıl su içeriği (YDBSİ) üzerindeki etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunurken, tuz dozları x ortam etkileşiminde etkisinin % 5 seviyesinde önemli bulunmuştur. Tuz dozu uygulamalarına göre en fazla bağıl su içeriği ortalama değeri % 79.83 olarak T₀ uygulamalarından tespit edilirken, en düşük oran %58.69 ile T₃ uygulamalarından sağlanmıştır. Ortam uygulamaları bakımından en yüksek YDBSİ

değeri %73.26 ile O₃ uygulamalarından tespit edilirken, O₃ ve O₄ ortamları aynı grup içerisinde yer almıştır. En düşük değer ise (%63.46) O₁ uygulamalarından elde edilirken O₂ uygulamaları ile aynı grup içerisinde yer almaktadır. Tuz x Büyüme ortamı interaksiyonunda en yüksek değer % 89.00 ile T₀xO₄ uygulamalarından tespit edilmiştir (Tablo 2).

Çizelge 2. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen çemende vermikompost uygulamalarının bazı fizyolojik parametreler üzerindeki etkisi

Tuz	Ortamlar	NBİ (mg g ⁻¹)	Flavonol (dx)	YDMĐ (%)	YDİS (%)	YDBSİ (%)
T ₀	O ₁	114.2abc	0.35bcde	88.29	11.71	73.48bcd
	O ₂	69.7cde	0.32cde	86.34	16.22	74.98bc
	O ₃	77.1cd	0.50ab	87.19	15.37	81.89ab
	O ₄	65.1cde	0.49ab	87.39	12.60	89.00a
T₀ Ortalama		81.5bc	0.41a	87.30a	13.97d	79.83a
T ₁	O ₁	123.2ab	0.30e	81.60	15.08	66.89cd
	O ₂	141.2a	0.32de	70.52	26.05	69.61cd
	O ₃	96.5bc	0.31e	86.03	13.96	67.62cd
	O ₄	78.4c	0.52a	77.36	22.63	72.54cd
T₁ Ortalama		109.8a	0.36b	78.88b	19.43b	69.16b
T ₂	O ₁	105.7bc	0.41bc	76.62	25.60	63.45d
	O ₂	98.3bc	0.41bc	76.18	33.33	62.76d
	O ₃	41.1e	0.47ab	82.59	17.40	78.95b
	O ₄	90.9c	0.40bc	77.68	22.31	63.95d
T₂ Ortalama		84.0b	0.42a	78.27b	24.66b	67.28b
T ₃	O ₁	82.5c	0.39bcd	78,45	28,09	50,01e
	O ₂	66.4cde	0.41bc	67.92	32.07	54.02e
	O ₃	52.8de	0.45b	73.66	31.55	64.57d
	O ₄	72.2cd	0.41bc	67.11	32.88	66.13d
T₃ Ortalama		68.4c	0.41a	71.78c	31.15a	58.69c
Ortam Ortalaması	O ₁	106.4a	0.36b	81.24a	20.12b	63.46b
	O ₂	93.9a	0.37b	75.24b	26.92a	65.34b
	O ₃	66.9b	0.43a	82.37a	19.57b	73.26a
	O ₄	76.6b	0.45a	77.39ab	22.60b	72.91a
VK (%)		19.5	12.87	8.96	18.96	7.48
Tuz Dozları		**	*	öd	**	**
Ortam		**	**	**	**	**
T x O Dozları		**	**	ög	ög	*

Tuz dozları: T₀: Kontrol (normal sulama), T₁: 50 mM NaCl, T₂: 100 mM NaCl; T₃: 150 mM NaCl. vermikompost uygulamaları: O₁: Kontrol (tarla toprağı + %20 torf), O₂:%50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit, O₃: %40 tarla toprağı + %40 vermikompost + %20 perlit, O₄: %30 tarla toprağı + %50 vermikompost + %20 perlit, T: Tuz dozları, O: Ortam dozları, V_k: Varyans katsayısı, ög: önemli görülmemiştir. *P<0.05, ** P<0.01, öd: Önemli değil.

Yapılan çalışmada bitki kök ve gövdesinde yaş ve kuru ağırlıkların artan tuz stresine paralel olarak azaldığı belirlenmiştir. Paul and Metzger (2005) sebzelerde, Akhzaria ve ark., (2016)'da *Medicago rigidula* bitkisinde benzer şekilde tuz stresinin bitki gelişim parametrelerinde düşümlere sebep olduğunu ortaya koymuştur. *Medicago rigidula* bitkisinde gelişim parametreleri açısından gübresiz ortamın tüm tuzluluk stres seviyelerinde (0, 50 ve 100 mM NaCl) vermikompost uygulama oranlarına (%10, %20 ve %30) kıyasla daha düşük olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca kullanılan vermikompost oranlarında en iyi sonucun %30 vermikompost içeren ortamdaki belirtilmiştir (Akhzaria ve ark., 2016). Sheikhi ve ark. (2015) ıspanakta yaptığı çalışmada %10 oranındaki vermikompostun bitki yaş ağırlığında olumlu etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Yolci ve ark (2022) kısıtlı sulama altında yetiştirdikleri çemen bitkisinde rizobakteri uygulamalarının morfolojik gelişim parametreleri üzerinde olumlu etkisinin olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılar bitkide kök uzunluğunu 17.53-21.1 cm, gövde uzunluğunu 11.70-22.43 cm olarak belirlerken çalışmamızda bu değerlerin sırasıyla; 14.5-24.7 cm ve 11.4-27.4 cm aralığında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Yolci ve ark. (2022) çemende yaptığı çalışmada NBI değerinin kuraklık stresinde 54.5-59.85 mg/g aralığında değiştiğini bildirmiştir. Oral ve ark. (2021) soyada kuraklık stresine bağlı olarak NBI değerinin değişiklik gösterdiği ve bu değerlerin 70.64 ile 82.90 mg g⁻¹ aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

Altuner ve ark. (2021) buğday mikro yeşillerinde yaptığı çalışmada flavonol miktarını 0.42 ile 0.60 dx aralığında tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Vastakaite ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada *Brassica rapa* var. *chinensis* 'Rubi' F1, *Brassica rapa* var. *rosularis* ve *Ocimum basilicum* L. türlerinde flavonol miktarının 0.18-0.89 dx aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda flavonol değerinin 0.30-0.52 dx aralığında değişiklik gösterdiği ve literatürle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Tuz, sıcaklık ve kuraklık stresi gibi abiyotik faktörler altında bitki hücrelerinin geçirgenlik stabilitesinde ve bütünlüğünde bozulmalar meydana gelmektedir (Blokhina ve ark., 2003). Bu bozulma sonucunda dokulardaki zararın tespitinde hücre içine ve dışına iyon hareketlerinin miktarı önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Tunçtürk ve ark., 2021). Yolci ve ark. (2022) çemen bitkisinde kuraklık stresinin iyon sızıntısı miktarını arttırdığını ve en düşük oranın %51.85 ile kontrol grubunda olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Valentovic ve ark. (2006)'nın mısır ile çeşitli kuraklık seviyelerinde yürüttükleri çalışmada iyon sızıntısının kontrol gruplarına göre %11 ile %54 arasında daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Khan, (2000) tarafından toprak tuzluluğunun YDBSİ' de önemli azalmaya neden olduğu ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmada, YDBSİ 'nin artan tuz dozlarına göre azalma gösterdiği ve vermikompostun iyileştirici etkisinin olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları YDBSİ 'nin vermikompost uygulamasıyla önemli ölçüde iyileştirildiğini belirleyen Verma ve ark. (2013) (*Gerbera* bitkisinde) ile Akhzaria ve ark., (2016) (*Medicago rigidula* bitkisinde) uyumlu olduğu görülmüştür. Deveci ve Tuğrul (2017), ıspanakta YDBSİ ortalamalarının %51.86 ile % 91.88 arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Buna karşılık, Jain ve ark. (2012), *Citrus reticulata* Blanco'da YDBSİ' nin vermikompost ilavesinden önemli ölçüde etkilenmediğini kaydetmişlerdir.

Arslan (2011), doku membran geçirgenliğini, bitkilerde stres altında zar (membran) bütünlüğünü koruyabilme kabiliyetlerinin bir ifadesi olarak belirtmiştir. Deveci ve Tuğrul (2017) ıspanağa 4 tuz konstrasyonu (EC=kontrol, 6, 8 ve 10 dSm-1) uygulamış ıspanak bitkisinde membran zararlanma indeksi değerini en düşük kontrol grubunda, en yüksek ise 10 dSm-1 tuz dozunda tespit etmişlerdir. Tunçtürk ve ark. (2021), soya bitkisinde kısıtlı su stresinde YDMDİ değerinin %76.8 ile %80.5 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Yolci ve ark. (2022), çemen bitkisinde en yüksek YDMDİ değerini kontrol grubunda %63.86 olarak tespit ederken, en düşük değerin %25.81 olarak en yüksek stres dozunda olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma bulgularımız ilgili literatürler ile uyum içerisindedir.

SONUÇ

Yapılan çalışmada farklı oranlarda vermikompost uygulamalarında yetiştirilen bitkilere farklı konsantrasyonlarda tuz uygulamaları yapılmış ve vermikompost uygulamalarının stres fizyolojisi üzerinde olumlu etkiler gösterdiği kaydedilmiştir. Tuzlu alanlarda yetiştirilen bitkilerde büyüme ve gelişmenin daha yavaş olduğu bilinmektedir. Bu alanlarda toprağın organik maddelerce ıslah edilmesi önem taşımaktadır. Tuzlu alanlarda vermikompost uygulamalarının bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Çalışmanın sonucunda tuz uygulaması ve farklı ortamların bitki gelişimine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Büyüme parametreleri açısından en iyi sonuçlara O₂ büyüme ortamından (%50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit), fizyolojik parametreler bakımından ise en iyi sonuçlara, O₂ (%50 tarla toprağı + %30 vermikompost + %20 perlit) ve O₃ (%40 tarla toprağı + %40 vermikompost + %20 perlit) büyüme ortamlarından ulaşılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda çemenin tuzluluk sorunu olan bölgelerde vermikompost uygulamaları ile birlikte yetiştirilebileceği kanısına varılmıştır. Ancak bu çalışmanın sonuçlarını doğrulamak için özellikle arazi koşullarında daha fazla çalışmanın yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Akhzari D, Pessaraki M, Khedmati M, 2016. Effects of Vermicompost And Salinity Stress on Growth and Physiological Traits of *Medicago rigidula* L. Journal of Plant Nutrition, 39(14), 2106-2114.
- Akhzari D, Pessaraki M, 2017. Effects Of Vermicompost and Urea Fertilizers on Qualitative and Quantitative Characteristics of *Vetiveria zizanioides* Stapf. Grown Under Drought Stress Conditions. Journal of Plant Nutrition, 40(14): 2063-2075.
- Altuner F, Tuncurk R, Oral E, Tuncurk M, 2021. Evaluation of Pigment, Antioxidant Capacity and Bioactive Compounds İn Microgreens of Wheat Landraces and Cereals. Chilean Journal of Agricultural Research, 81(4), 643-654.
- Altunlu H, 2019. Tuzlu Koşullarda Mikoriza Uygulamasının Kopya Biberde (*Capsicum annuum* L.) Fide Gelişimi ve Antioksidant Enzimler Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 56(2), 139-146.
- Arslan A, 2011. Biberde 24-Epibrassinolid Uygulamaları ile kuraklık stresine karşı toleransın artırılması. Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Başdınç M, 2019. Ispanakta Vermikompost ve Su Yosununun Tuz Stresi Üzerine Etkisi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Beykhhormizi A, Sarghein SH, Sarafraz Ardakani MR, Moshtaghioun SM, Mousavi Kouhi SM, 2018. Alleviation of Salinity Stress by Vermicompost Extract: A Comparative Study on Five Fennel Landraces. Communications İn Soil Science And Plant Analysis, 49(17): 2123-2130.
- Blokhina O, Virolainen E, Fagerstedt KV, 2003. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress Annual Bot. 91: 179-194.
- Cirka M, Kaya A.R, Eryigit T, 2021. Influence of Temperature and Salinity Stress on Seed Germination and Seedling Growth of Soybean (*Glycine max* L.). Legume Research-An International Journal, 44(9), 1053-1059.
- Committee On Herbal Medicinal Products (HMPC), 2011. Community Herbal Monograph on *Trigonella foenum-graecum* L., Semen. European Medicines Agency (EMA):1-7. 27.
- Çirka M, Altuner F, Eryigit T, Oral E, Bildirici N, 2022. Effects of Vermicompost Applications on Some Yield and Yield Properties of Wheat. J. of Appl. Sci., 7(1): 146–156.
- Deveci M, Tuğrul B, 2017. Ispanakta Tuz Stresinin Yaprak Fizyolojik Özelliklerine Etkisi. Akademik Ziraat Dergisi, 6, 89-98.
- Gökçe Z, Efe L, 2016. Çemen (*Trigonella Foenum-Graecum* L.) Bitkisinin Kullanım Alanları ve Tıbbi Önemi. Nevşehir Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 5, 355-363.
- Gruenwald J, Brendler T, Jaenicke C, 2007. Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*). Physicians' Desk Reference for Herbal Medicines.;304-305.
- Hınıslı N, 2014. Vermikompost Gübresinin Kıvrıkcık Bitkisinin Gelişmesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi ve Diğer Bazı Organik Kaynaklı Gübrelerle Karşılaştırılması, Namık Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Jabeen A, Rani S, İbrahim M, 2018. Pharmacognostic and Therapeutic İmportance of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences;5(6):5253-5262. 23.
- Jain MC, Sharma MK, Bhatnagar P, Meena M, Yadav RK, 2012. Effect of Mycorrhiza and Vermicompost Onproperties of Vertisol Soil and Leaf NPK Content of Nagpur Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco).The Asian Journal Ofhorticulture7: 528–532.
- Karagöz K, 2014. Yarasa Gübresinin Tarımda Kullanılma Olanakları. Alınteri Zirai Bilimler Dergisi, 27(2), 35-42.
- Keser M, Gürbüz İ, 2020. Piyasadan Temin Edilen Bazı Çemen Tohumu Örneklerinin Avrupa Farmakopesi Ölçütleri Açısından Değerlendirilmesi. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp

Dergisi, 10(3), 327-335.

- Khan MA, Irwin A, Allan MS, 2000. The Effect of Salinity on The Growth, Water Status And İon Content of A Leafsucculent Perennial Halophyte, Suaeda Fruticosa. Journal of Arid Environments 45: 73–84.
- Kuşvuran Ş, 2010. Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Küçükyumuk Z, Gültekin M, Erdal İ, 2014. Solucan gübresi ve Mikorizanın Biber Bitkisinin Gelişimi ile Mineral Beslenmesi Üzerine Etkisi. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(1): 51-58.
- Mahajan S, Tuteja N, 2005. Cold, Salinity and Drought Stress: An Overview, Archives of Biochemistry and Biophysics, 444: 139-158.
- Nagulapalli Venkata KC, Et Al. 2017. A Small Plant With Big Benefits: Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* Linn.) for Disease Prevention and Health Promotion. Molecular Nutrition Food Research; 61(6).
- Oral E, Tunçtürk R, Tunçtürk M, 2021. The Effect of Rhizobacteria in The Reducing Drought Stress in Soybean (*Glycine max* L.). Legum. Res. - An Int. J. 44: 1172-1178.
- Paul LC, Metzger JD, 2005. Impact of Vermicompost on Vegetable Transplant Quality. Hortscience 40: 2020–2023.
- Pérez-Gómez JDJ, Abud-Archila M, Villalobos-Maldonado JJ, Enciso-Saenz S, Hernández De León H, Ruiz-Valdiviezo VM, Gutiérrez-Miceli FA, 2017. Vermicompost and Vermiwash Minimized The Influence of Salinity Stress on Growth Parameters in Potato Plants. Compost Science Utilization, 25(4): 282- 287.
- Sheikhi J, Ronaghi A, Mousavi SM, 2015. Influence of Vermicompost and Sodium Chloride on Growth of Spinach and Some Chemical Properties of Post-Harvest Soil. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture-Isfahan University of Technology, 5(4): 83-92.
- Şelem E, Nohutçu L, Tunçtürk R, Tunçtürk M, 2021. Vermikompostlu Ortamda Yetiştirilen *Calendula officinalis* L. Bitkisinde Tuz Stresinin Morfolojik ve Anatomik Gelişim Parametreleri Üzerindeki Etkisi. Journal of The Institute of Science And Technology, 11(4), 3222-3231.
- Şelem E, Nohutçu L, Tunçtürk R, Tunçtürk M, 2021. The Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria Applications on Some Growth Parameters and Physiological Properties of Marigold (*Calendula officinalis* L.) Plant Grown under Drought Stress Conditions. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 31(4): 886-897.
- Shirani G, Ganesharane R, 2009. Exruded Product with Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Chickpea and Rices: Physical Properties Sensory Acceptability and Glycaemic İndex. Journal of Food Engineering. 90: 44-52.
- TUİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>.
- Tunçtürk R, Tunçtürk M, Erol O, 2021. Kuraklık Stresi Koşullarında Yetiştirilen Soya Fasulyesinin (*Glycine max* L.) Bazı Fizyolojik Özellikleri Üzerine Rizobacterium (PGPR) Uygulamalarının Etkisi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2), 359-368.
- Tunçtürk M, Rezaee Danesh Y, Tunçtürk R, Oral E, Najafi S, Nohutçu L, ... & Filho MCM, 2023. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Response to Cadmium Stress: Morpho-Physiological Traits and Mineral Concentrations. Life, 13(1): 135.
- Uluğ Z, 2018. Solucan Gübresi Ve Mikoriza Kullanımının Fasulye ve Soğanda Bitki Gelişimi ve Verim Üzerine Etkileri, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış).
- Valentovic P, Luxova M, Kolarovic L, Gasparikova O, 2006. Effect of Osmotic Stress on Compatible Solutes Content, Membrane Stability and Water Relations in Two Maize Cultivars. Plant Soil Environ. 52(4): 186- 191.
- Vastakaite V, Viršilė A, Brazaitytė A, Samuolienė G, Jankauskienė J, Sirtautas R, Et Al. 2015. The Effect of Blue Light Dosage on Growth and Antioxidant Properties of Microgreens. Sodininkystė Ir Daržininkystė 34(1-

2):25-35.

- Verma AK, Sindhu SS, Janakiram T, Singh MC, Singh A, Singh B, Sharma RR, 2013. Influence of Vermi-Products and Pusa Hydrogel on Growth and Flowering of Landscape Gerbera Under Greenhouse Condition. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology* 6: 109–115.
- Yaldız G, Çamlıca M, Eratalar SA, Kulak M, 2017. Farklı Dozda Kıbele Gübre Uygulamasının Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Verimine Etkisi. *Journal of The Institute of Science and Technology*, 7(1), 363-369.
- Yaşar F, Yaşar Ö, 2022. Tuz Stresi Altındaki Çarliston Biber Çeşidinin Gelişim Performansı. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 835-841.
- Yao D, Zhang B, Zhu J, Zhang Q, Hu Y, Wang S, ... & Xiao J, 2019. Advances on Application of Fenugreek Seeds as Functional Foods: Pharmacology, Clinical Application, Products, Patents and Market. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*:1-11.
- Yılmaz E, Tuna AL, Bürün B, 2011. Bitkilerin Tuz Stresine Karşı Geliştirdikleri Tolerans Stratejileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 7: 47–66.
- Yolci M, Tuncturk R, Tuncturk M, Ceylan S, Arvas Y, 2022. Effect of Rhizobacteria and Microalgae Treatments on Some Physiological and Biochemical Parameters of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) Grown under Drought Stress. *Legume Research*, 45(4).
- Yolci MS, Tuncturk R, Eryigit T, Tuncturk M, 2022. Boron toxicity and PGPR phytoremediation effects on physiological and biochemical parameters of medical sage (*Salvia officinalis* L.). *Journal of Elementology*, 27(4): 1021-1036.
- Zahmacıoğlu A, 2017. Sera Koşullarında Vermikompost ve Amonyum Nitrat Uygulamalarının Brokoli (*Brassica oleracea* L. var *italica*) Bitkisine Etkisinin Toprak ve Yaprak Analizleriyle Belirlenmesi Namık Kemal Üniversitesi.