

Alkali Stresinin Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Genotiplerinin Fide Gelişimi ve Kalitesi Üzerine Etkisi*

Anıl ŞEN¹, Uğur BAŞARAN², Medine ÇOPUR DOĞRUSÖZ², Erdem GÜLÜMSER^{3**}, Hanife MUT³

¹T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Zonguldak İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Gökçebey İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Gökçebey-Zonguldak, TÜRKİYE

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat, TÜRKİYE

³Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik, TÜRKİYE

Geliş Tarihi/Received: 04.03.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 28.06.2021

ORCID ID (Yazar sırasına göre / by author order)

orcid.org/0000-0001-7659-2549 orcid.org/0000-0002-6644-5892 orcid.org/0000-0002-9159-1699

orcid.org/0000-0001-6291-3831 orcid.org/0000-0002-5814-5275

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author: erdem.gulumser@bilecik.edu.tr

Öz: Bu çalışmada, mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) bitkisinin fide gelişimi üzerinde alkali stresinin etkileri incelenmiştir. Bitki materyali olarak iki adet yerel populasyon (1603 ve 4403) ile İptaş ve GAP Mavisi çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmada alkali çözeltisi olarak sodyum karbonat (Na₂CO₃)'ın 5 farklı konsantrasyonu (0, 25, 50, 100 ve 150 mM) uygulanmıştır. Çalışma tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çimlenme ve fide gelişim özellikleri saksı ortamında 25 °C sabit sıcaklık, 10 saat aydınlık-14 saat karanlık koşullarda ve % 70 nem içeren iklim odasında belirlenmiştir. Yetiştirme ortamı olarak bölgedeki tarım alanlarından alınan toprak kullanılmıştır. Denemede çimlenme hızı, çimlenme oranı, sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, sürgün ve kök kuru ağırlıkları, ham protein ve β-N-oxalyl-L- a, βdiaminopropionic acid (ODAP) içeriği incelenmiştir. Sonuç olarak, alkali stresine karşı vermiş oldukları tepkiler bakımından genotipler arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Alkali dozları kıyaslandığında ise, genotipler 50 mM alkali dozuna kadar olumlu cevap vermiş, 100 mM alkali dozu ile birlikte tüm özelliklerin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Buna göre, çalışmada kullanılan tüm mürdümük genotipleri 50 mM alkali içeriğine sahip alanlarda yetişebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Mürdümük, genotip, alkali stresi, fide gelişimi, ODAP

The Effect of Alkali Stress on Seedling Development and Quality of Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) Genotypes

Abstract: In this study, the effects of alkaline stress on germination and seedling development of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) were investigated. Two landraces (1603 and 4403) and cultivated varieties “İptaş” and “GAP Blue” were used as plant material. Five different concentrations of sodium carbonate (Na₂CO₃) (0, 25, 50, 100, and 150 mM) were applied as alkali solution in the study. The study was arranged as split plots in randomized complete blocks design with 3 replications. Germination and seedling growth characteristics were determined in pots under climate chamber conditions with a 25 °C constant temperature, 10 hours of light-14 hours of darkness, and 70% humidity. Soil taken from the agricultural areas in the region was used as a growth environment. Germination speed, germination rate, root length, shoot length, root and shoot dry weights, crude protein, and ODAP contents were examined in the study. As a result, it was determined that there were differences between genotypes in terms of their responses to alkaline stress. When alkaline doses were compared, the genotypes responded positively up to 50 mM alkaline dose, and it was determined that all properties were negatively affected with 100 mM alkaline dose. Accordingly, it was exhibited that all grass pea genotypes used in this study can grow in alkaline areas up to 50 mM.

Keywords: Grasspea, genotype, alkali stress, seedling development, ODAP

*: Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından kabul edilen birinci yazara ait “Alkali Stresinin Mürdümükün (*Lathyrus sativus* L.) Çimlenme ve Fide Gelişimine Etkisi” isimli Yüksek Lisans Tez çalışmasının bir bölümünden üretilmiştir.

1. Giriş

Toprakta veya suda tuzluluk, bitki büyümesini ve verimliliğini olumsuz etkileyen önemli abiyotik stres faktörlerinden birisidir. Dünya üzerinde 800 milyon hektardan daha fazla alanın tuz stresinden etkilendiği, bu alanın dünya toplam kara alanının % 6'sına karşılık geldiği bilinmektedir. Her toprak belli oranda suda çözünebilir tuzluluk etmenlerini bulundurabilmektedir. Bitki kendi ihtiyacı olan besin maddelerini bu tuzlar arasından alır fakat bu tuzların normal değerlerin üzerine çıkması ve birikmesi toprak tuzluluğuna sebep olmakta ve bu durum bitki büyümesini sınırlamaktadır. Topraktaki tuzlanma; taban kayasından çözünen tuzlar, sulama suyu ile gelen tuzlar, taban suyundan gelen tuzlar ve gübrelemenin sonucunda oluşan tuzlar gibi farklı sebeplerden oluşabilir. Bununla birlikte, toprağın yıkanmasına ve tuzların topraktan drene olmasını sağlayacak kadar yağışın olmadığı durumlarda tuz birikmesi artar ve toprakta tuzluluk problemi ortaya çıkar (Hayward ve Bernstein, 1958; Mahajan ve Tuteja, 2005; Karaoğlu ve Yalçın, 2018).

Bitkilere zarar verecek düzeyde çözünen tuz veya değişebilir sodyum ya da bunların ikisini birden içeren topraklar tuzlu toprak olarak isimlendirilmektedir. Tuzluluğa genelde klorürler, sülfatlar, karbonatlar, bikarbonatlar ve boratlar neden olurken, topraktaki en fazla tuzluluk stresi sodyum klorür (NaCl)'e kaynaklıdır (Önal Aşçı ve Üney, 2016; Karaoğlu ve Yalçın, 2018).

Özellikleri açısından tuzlu-alkali topraklar, tuzlu ve alkali toprakların arasında yer alır. Tuzlu topraklar; elektriksel iletkenliği 4 dS m^{-1} değerinden fazla, pH değeri 8.5 ve daha fazla olan topraklardır. Alkali topraklar ise elektriksel iletkenliği 4 dS m^{-1} değerinden az olan, pH değeri 8.5'dan fazla olan topraklardır. Ayrıca alkali topraklar genellikle açık renkli ve kabuk bağlamış topraklar olarak da bilinmektedir. Alkali topraklar geçirimsiz üst toprak katmanlarının oluşumuna neden olurken, bu durum bitkinin su alımını engeller ve bitkinin zarar görmesine hatta ölmesine neden olabilir (Ekmekçi ve ark., 2005; Yakupoğlu ve Özdemir, 2007; Karaoğlu ve Yalçın, 2018). Bernstein ve Hayward (1958) toprakta bulunan fazla sodyum klorürün tohumların çimlenmesinde ve fide gelişiminde hasar verici bir etkiye sahip olduğunu, Kacar ve ark. (2009) ise toprakta suyun azalması ile birlikte bitkilerde enzim aktivitesi azaldığını, protein sentezinin gerilediğini, zar geçirgenliği azaldığını ve diğer hücresel yapıların önemli ölçüde zarar gördüğünü bildirmişlerdir.

Alkalilik stresinin önüne geçmenin en etkili yollarının başında söz konusu koşullara dayanıklı bitki cins ve türlerinin yetiştirilmesidir. Bu anlamda

yem bitkileri öne çıkmaktadır. Yem bitkileri toprak yüzeyinde sıkı bir örtü oluşturarak derin kökleriyle toprağın alt katmanlarındaki suyu kullanır ve toprakta alkaliliğin ortaya çıkmasını engeller (Tan ve ark., 2002).

Yaygın olarak kullanılan yem bitkilerine alternatif olabilecek mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) bitkisi (Özyazıcı ve Açıkbaş, 2019) hayvan beslemede kullanılan ve Türkiye'de üretim desteği alan yem bitkileri içerisinde yer almaktadır. Bitkinin ülke hayvancılığı açısından şiddetle ihtiyaç duyulan kaliteli kaba yem açığının kapatılmasında önemli bir yeri bulunurken, baklagil bitkisi olması nedeniyle de toprağa azot bağlayarak toprak yapısının iyileşmesine katkı sağlamaktadır (Sayar, 2014). Adaptasyon kabiliyeti yüksek olan mürdümük, kuraklık ve tuzluluk gibi stres koşullarının olduğu toprakların ıslah edilmesi açısından da önem teşkil etmektedir (Şen, 2019). Mürdümük türlerinde, diğer birçok baklagil bitkisinde olduğu gibi beslenme üzerine olumsuz etkileri olan bazı maddeler bulunmaktadır. Bu maddelerin en önemlisi β -N-oxalyl-L- α , β diaminopropionic acid (ODAP)'dir (Hanbury ve ark., 2000; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2021a). ODAP içeriği genellikle genetik olarak kontrol edilmekte, ancak yetiştirme koşullarından da etkilenmektedir (Geda ve ark., 1993). Artan ODAP miktarı bitkide kuraklığa karşı direnç sağlamakta ve stres koşullarına bağlı olarak, bitki bünyesinde artan ODAP sayesinde hücre zarı ve yapraklar fizyolojik işlevlerini devam ettirebilmektedir (Malathi ve ark., 1970).

Bu çalışmada, alkali stresinin mürdümük bitkisinin fide gelişimi ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Yozgat Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi Laboratuvarı'nda yer alan iklim odasında yürütülmüştür. Bitki materyali olarak Malatya ve Bursa orijinli iki yerel populasyon (1603 ve 4403) ile iki tescilli çeşitten (İptaş ve GAP Mavisi) oluşan toplam 4 farklı mürdümük (*L. sativus*) genotipi kullanılmıştır. Alkali çözelti ve konsantrasyonlarının hazırlanmasında sodyum karbonat (Na_2CO_3) kullanılmıştır. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulan çalışmanın; ana parsellerini genotipler, alt parsellerini ise alkali dozları (0, 25, 50, 100 ve 150 mM) oluşturmuştur. Deneme $25 \times 35 \times 7$ cm boyutlarında saksılarda yürütülmüş ve yetiştirme ortamı olarak bölgeden ve 0-30 cm derinlikten alınan tarım toprağı kullanılmıştır. Kullanılan toprağın özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Alınan toprak örnekleri

kurutulduktan sonra dövülerek 4 mm elekten geçirilmiş ve her saksıya eşit ağırlıkta (4 kg) konulmuştur.

Tablo 1. Saksı denemesinde kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri (Yakupoğlu, 2018)

Table 1. Some physical and chemical traits of the soil used in the pot experiment (Yakupoğlu, 2018)

Özellik	Değeri	Açıklama
Kil (g kg ⁻¹)	476	
Silt (g kg ⁻¹)	138	Killi
Kum (g kg ⁻¹)	1386	
pH	7.09	Nötr
Toplam tuz (%)	0.178	Hafif tuzlu
Kireç (CaCO ₃) (%)	7.15	Orta kireçli
Organik madde (%)	2.49	Orta
Toplam azot (%)	0.15	Yeterli
Fosfor (µg g ⁻¹)	78	Fazla
Potasyum (µg g ⁻¹)	728	Fazla
Kalsiyum (µg g ⁻¹)	7060	Fazla
Magnezyum (µg g ⁻¹)	5604	Çok fazla
Demir (µg g ⁻¹)	8.08	Fazla
Bakır (µg g ⁻¹)	2.84	Yeterli
Çinko (µg g ⁻¹)	0.62	Az
Mangan (µg g ⁻¹)	4.07	Az

Mürdümük tohumları 2.5 cm derinlikte ve her saksıda 30 adet olacak şekilde ekimi yapılmıştır. Ekimden sonra, saksılar hazırlanan solüsyonlarla tarla kapasitesinde olacak şekilde (1200 ml/saksı) sulanmış ve daha sonra iklim odasına (25 °C, % 70 nem ve 12 saat aydınlık-12 saat karanlık koşullarda) alınmıştır. Alkali koşullar Na₂CO₃ saf suda çözülerek 4 farklı konsantrasyon (25, 50, 100, 150 mM) halinde oluşturulmuştur. Kontrol olarak saf su kullanılmıştır.

Çimlenme oranları 8. günün sonunda, fide özellikleri ise 21. günün sonunda belirlenmiştir. Buna göre, deneme sonunda mürdümük genotiplerinde çimlenme hızı, çimlenme oranı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök ve sürgün kuru ağırlığı ile ham protein (HP) ve ODAP içerikleri belirlenmiştir.

Çimlenme hızı (ÇH) Eşitlik 1 yardımıyla saptanmıştır (Czabator, 1962).

$$\text{ÇH} = \frac{\sum (\text{Ç1/G1} + \text{Ç2/G2} + \dots + \text{Çn/Gn})}{n} \quad (1)$$

Eşitlikte Ç, çimlenmiş tohum sayısını; G, çimlenme gün sayısını ifade etmektedir.

Çimlenme oranı, Kayaçetin ve ark. (2018) tarafından bildirildiği üzere, (Çimlenen tohum sayısı/toplam tohum sayısı) x 100 formülü ile saptanmıştır.

HP oranı: Çalışmada 21. günün sonunda hasat edilen toprak üstü bitki örnekleri 60 °C'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutularak 1 mm çapındaki

elekten geçecek şekilde değirmende öğütülmüş ve analize hazır hale getirilmiştir. Daha sonra örneklerin HP içerikleri Yakın Kızıl Ötesi Yansıması Spektroskopisi (Near Infrared Reflectance Spectroscopy, NIRS) (Foss 6500) cihazıyla IC-0904FE paket programı ile belirlenmiştir.

ODAP içeriği: ODAP analizi bitkinin toprak üstü aksamalarında Rao (1978) tarafından bildirilen OPT (o-phthalaldehyde) metoduna göre yapılmıştır. OPT; O-fitalaldehit reaktif, borat tamponu ve mercaptoetanol ile karıştırılarak hazırlanmış ve standart olarak diaminopropionik asit (DAP) kullanılmıştır. Toz haline getirilmiş (2 g) örnekler deney tüpüne konulmuş ve üzerine 2 ml saf su eklenmiştir. Tüpler kaynar suda tutulmuş ve oda sıcaklığına soğutulmuş santrifüjlenmiştir. Tüpten alınan berrak çözeltiliye 0.2 ml 3 N KOH eklenerek 30 dakika kaynar suda bekletilmiştir. Hidrolizden sonra, tüpe 0.7 ml su ve 2 ml OPT ilave edilmiş ve okuma işlemi spektrofotometrede (Perkinelmer Lambda 25) 425 nm'de gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen veriler bölünmüş parseller deneme desenine göre MSTAT-C paket programı ile analiz edilmiş, ortalamalar arasındaki farklılıklar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile kontrol edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Mürdümük genotiplerinin saksı koşullarında ve farklı alkali dozları altında belirlenen çimlenme hızı ve çimlenme oranı değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Her iki özellik bakımından da alkali dozları ve genotipler arasındaki farklılık ile genotip x alkali dozu interaksyonu istatistiki olarak çok önemli (p<0.01) bulunmuştur. İkili interaksyona göre çimlenme hızı en yüksek (8.57) kontrol işleminde 1603 no'lu yerel popülasyonunda, en düşük (4.02) GAP Mavis'i çeşidinde 150 mM alkali işleminde elde edilmiştir. Çimlenme hızı değerleri; genotipler arasında 1603 no'lu yerel popülasyonunda, alkali dozları arasında ise kontrol grubu ile 25 mM alkali dozunda en yüksek olarak belirlenmiştir. Genotipler arasında çimlenme hızı bakımından farklılıkların olduğu belirlenmiş olup, bu durum çevresel faktörlere karşı dayanıklılığın genotiplere göre değişiklik göstermesinden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan, artan alkali stresi bütün genotiplerde çimlenme hızını olumsuz yönde etkilemiştir. Ancak düşük dozda uygulanan alkali stresi kontrolle aynı etkiye sahip olmuştur (Tablo 2). El-Bastawisy ve ark. (2018)'nın farklı bakla genotipleri üzerine 4 farklı NaCl dozunu (0, 50, 100 ve 200 mM) uyguladıkları çalışmada; genotipler arasında çimlenme hızı bakımından farklılıkların olduğunu,

NaCl dozlarının artmasıyla çimlenme hızının azaldığını, artan dozların genotiplerin çimlenme hızı üzerinde inhibitör görevi üstlendiğini

bildirmişlerdir. Mahdavi ve Sanavy (2007) ve Ertekin ve ark. (2017) farklı dozlarda uygulanan tuzun su alımını etkilemesi sebebi ile çimlenme hızını olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Tablo 2. Mürdümük genotiplerinin çimlenme hızı ve çimlenme oranı

Table 2. Germination speed and rate of grasspea genotypes

Genotip	Alkali dozları (mM)					Ortalama
	0	25	50	100	150	
Çimlenme hızı						
1603	8.57 a	6.90 bc	6.05 c-f	6.24 b-f	4.95 h-i	6.54 A
4403	5.88 d-g	6.71 bcd	5.72 e-h	5.97 def	4.41 ij	5.74 B
İptaş	7.10 b	6.94 b	5.42 f-i	5.05 g-i	4.73 iij	5.85 B
GAP Mavisi	6.57 b-e	7.11 b	7.00 b	5.49 f-i	4.02 j	6.03 B
Ortalama	7.03 A	6.91 A	6.04 B	5.69 B	4.52 C	
Önemlilik dereceleri: Genotip (G)** , Alkali dozu (AD)** , GxAD interaksiyonu**						
Çimlenme oranı (%)						
1603	96.44 ab	93.32 ab	95.00 ab	100.00 a	81.11 cde	93.17 A
4403	88.89 bc	100.00 a	98.22 a	95.00 ab	75.00 e	91.42 A
İptaş	92.11 ab	88.55 bc	78.22 de	75.00 e	73.22 e	81.42 C
GAP Mavisi	95.00 ab	95.00 ab	95.00 ab	83.22 cd	63.22 f	86.28 B
Ortalama	93.11 A	94.21 A	91.61 B	88.30 B	73.14 C	
Önemlilik dereceleri: Genotip (G)** , Alkali dozu (AD)** , GxAD interaksiyonu**						

Aynı grupta aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur, **: p<0.01 düzeyinde önemli farklılık

Genotip ve genotip x alkali dozu interaksiyonuna göre mürdümük genotiplerinin çimlenme oranı % 63.22 ile % 100.00 arasında değişmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yerel populasyonlarda (1603, 4403) 100 mM alkali stresine kadar çimlenme oranının olumlu etkilendiği, çeşitlerin (İptaş ve GAP Mavisi) ise alkali stresine toleranslarının daha düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Bu durum yerel populasyonların alkali stresine karşı daha iyi olduğunu göstermektedir. Arslan ve Aydınoglu (2018) 2 farklı mürdümük (Ceora ve Yerel çeşit) çeşidine 6 farklı NaCl (0, 25, 50, 75, 100 ve 150 mM) dozunu uygulamışlar; çeşitlerin çimlenme oranlarının % 85-100 arasında değiştiğini ve Ceora çeşidinin tuz stresi altında yerel çeşide göre daha stabil bir durum sergilediğini bildirmişlerdir. Diğer taraftan artan alkali dozu genotiplerinin çimlenme oranını azaltmıştır (Tablo 2). Bu durum alkali stresi ile birlikte osmotik basıncının artması ve tohumların su alıp çimlenmesinin zorlaşmasından kaynaklanmaktadır (Steppuhn ve ark., 2001; Duan ve ark., 2004). Nitekim bitkilerde çimlenme oranının farklı stres koşulları altında azaldığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Kaya ve İpek, 2003; Öz ve Karasu, 2007; Dumlupınar, 2005; Day ve ark., 2008; Kuşvuran, 2015; Önal Aşçı ve Üney, 2016; Kaymak ve Acar, 2020; Açıkbaş ve Özyazıcı, 2021b; Özyazıcı ve Açıkbaş, 2021).

Sürgün uzunluğu bakımından genotipler arasındaki fark istatistiki açıdan önemli (p<0.05),

alkali dozları arasındaki fark ve genotip x alkali doz interaksiyonu ise çok önemli (p<0.01) olmuştur. İkili interaksiyona göre sürgün uzunluğu 30.80-43.43 cm arasında değişmiştir. Genotipler arasında 1603 yerel populasyonu diğer genotiplerden daha düşük sürgün uzunluğuna sahip olmuştur. Artan alkali stresi tüm genotiplerinin sürgün uzunluğunu azaltmıştır (Tablo 3). Bu durumu, Arslan ve Aydınoglu (2018) bitkilerin toprak üstü aksamının toprak altı aksamına göre stres faktörlerinden daha fazla etkilendiği şeklinde açıklamaktadır. Zira ortamda bulunan yüksek miktardaki tuz, osmotik su potansiyelini azaltarak fidelerde su stresi yaratmaktadır (Mahdavi ve Sanavy, 2007).

Genotiplerinin kök uzunluğu üzerine etkisi istatistik açıdan önemsiz olurken; alkali dozlarının etkisi önemli (p<0.05), genotip x alkali dozu interaksiyonu ise çok önemli (p<0.01) olmuştur. Genotip x alkali dozu interaksiyonu incelendiğinde, en yüksek kök uzunluğu GAP Mavisi çeşidinde 150 mM alkali dozu işleminde (23.37 cm), en düşük ise yine aynı çeşitte ve 25 mM (13.75 cm) alkali dozu işleminde belirlenmiştir. Ayrıca 1603 no'lu yerel populasyonu ve İptaş çeşidinde genel olarak yüksek dozlarda kök uzunluğunun azaldığı gözlemlenirken, 4403 no'lu yerel populasyonunda 50 ve 100 mM alkali dozlarının kök uzunluğunu (sırasıyla, 18.70 cm ve 18.33 cm) pozitif etkilediği belirlenmiştir. Alkali dozları incelendiğinde; genotiplerinin ortalaması olarak en yüksek kök uzunluğu 17.58 cm ile 150 mM alkali dozunda

Tablo 3. Mürdümük genotiplerinin sürgün ve kök uzunluğu değerleri

Table 3. Shoot and root length values of grasspea genotypes

Genotip	Alkali dozu (mM)					Ortalama
	0	25	50	100	150	
Sürgün uzunluğu (cm)						
1603	37.58 bc	39.43 b	36.63 bc	36.60 bc	35.13 c	37.07 B
4403	38.93 bc	39.40 b	38.32 bc	39.57 b	37.00 bc	38.64 AB
İptaş	38.00 bc	43.43 a	37.07 bc	39.93 ab	37.03 bc	39.09 A
GAP Mavisi	40.20 ab	39.20 b	40.40 ab	37.00 bc	30.80 d	37.52 AB
Ortalama	38.68 AB	40.36 A	38.10 B	38.27 B	34.99 B	
Önemlilik dereceleri: Genotip (G)*, Alkali dozu (AD)**, GxAD interaksyonu**						
Kök uzunluğu (cm)						
1603	17.13 b-f	17.30 b-f	16.15 b-g	17.00 b-g	15.67 c-g	16.64
4403	15.30 d-g	14.04 fg	18.70 bc	18.33 b-e	15.15 efg	16.30
İptaş	16.78 b-g	16.04 b-g	19.26 b	14.07 fg	16.14 b-g	16.45
GAP Mavisi	14.93 fg	13.75 g	15.75 c-g	18.59 bcd	23.37 a	17.27
Ortalama	16.03 C	15.27 C	17.46 AB	16.99 AB	17.58 A	
Önemlilik dereceleri: Genotip (G) ^{öd} , Alkali dozu (AD)*, GxAD interaksyonu**						

Aynı grupta aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur, *: p<0.05, **: p<0.01 düzeyinde önemli farklılık, öd: Önemli değil

belirlenirken, 50 (17.46 cm) ve 100 (16.99 cm) mM alkali dozları ile aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yüksek dozda alkali uygulaması GAP Mavisi çeşidinde kök uzunluğunu arttırmış, diğer genotiplerde ise kök uzunluğu orta düzeydeki alkali uygulamalarında daha yüksek olmuştur (Tablo 3). Bu sonuçlar alkali koşullara toleransta genotipin önemini ortaya koymaktadır. Önal Aşçı ve Üney (2016) farklı dozlarda NaCl stresinin Macar fiğinde fide gelişimi üzerine etkilerini incelemişler ve 25 mM doz uygulamasının kök uzunluğunu teşvik ettiğini ve 0, 50 ve 150 mM dozların da 25 mM ile aynı istatistiksel grupta yer aldığını bildirmişlerdir. Bununla beraber, Mahdavi ve Sanavy (2007), Ertekin ve ark. (2017) ile Şimşek Soysal ve ark. (2018) mevcut çalışmadan farklı olarak stres faktörünün artmasıyla kök uzunluğunun azaldığını belirlemişlerdir.

Sürgün kuru ağırlığı üzerine alkali dozları ve genotip x alkali dozu interaksyonunun etkisi istatistiki açıdan önemli (p<0.05), genotiplerin etkisi ise çok önemli (p<0.01) olmuştur. Genotipler ortalamasında sürgün kuru ağırlığı en yüksek İptaş (5.36 g) çeşidinde, en düşük ise 1603 no'lu (3.81 g) yerel populasyonunda belirlenmiştir. Ortalama olarak 4.89 g ile 50 mM alkali dozu en yüksek sürgün kuru ağırlığına sahip olmuş, diğer alkali dozları ise daha düşük değerlerle istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır (Tablo 4). Koca (2007) tuz stresinin susam çeşitleri üzerinde etkilerini incelemiş, bazı genotiplerde 50 ve 100 mM tuz (NaCl) uygulamalarında sürgün ağırlığında artış, bazı genotiplerde ise azalma olduğunu gözlemlemiştir. Dolayısıyla strese dayanım noktasında dozların etkisi benzerlik gösterirken, genotiplerin etkisinin daha önemli olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Genotip x alkali dozu

Tablo 4. Mürdümük genotiplerinin sürgün ve kök kuru ağırlıkları

Table 4. Shoot and root dry weights of grasspea genotypes

Genotip	Alkali dozları (mM)					Ortalama
	0	25	50	100	150	
Sürgün kuru ağırlığı (g)						
1603	3.49 g	3.69 fg	3.91 fg	3.98 fg	3.98 fg	3.81 D
4403	4.23 ef	4.36 def	4.00 fg	4.11 fg	3.92 fg	4.12 C
İptaş	5.48 bc	5.19 bc	6.15 a	4.87 b-e	5.13 bc	5.36 A
GAP Mavisi	5.03 bc	4.84 cde	5.53 b	5.05 bc	4.90 bcd	5.07 B
Ortalama	4.55 B	4.51 B	4.89 A	4.50 B	4.48 B	
Önemlilik dereceleri: Genotip (G)**, Alkali dozu (AD)*, GxAD interaksyonu*						
Kök kuru ağırlığı (g)						
1603	2.01 b	1.04 g	1.32 efg	1.61 cde	1.23 fg	1.44
4403	1.83 bc	1.98 b	1.22 fg	1.64 cde	1.53 c-f	1.63
İptaş	1.29 fg	1.50 def	2.41 a	1.41 ef	1.50 def	1.62
GAP Mavisi	1.63 cde	1.49 def	1.34 efg	1.74 bcd	1.50 def	1.54
Ortalama	1.68 A	1.50 BC	1.57 BC	1.60 AB	1.43 C	
Önemlilik dereceleri: Genotip (G) ^{öd} , Alkali dozu (AD)*, GxAD interaksyonu**						

Aynı grupta aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur, *: p<0.05, **: p<0.01 düzeyinde önemli farklılık, öd: Önemli değil

interaksiyonunda en yüksek sürgün kuru ağırlığı İptaş çeşidinde 50 mM alkali dozunda (6.15 g), en düşük ise 1603 no'lu yerel populasyonun kontrol işleminden (3.49 g) elde edilmiştir (Tablo 4).

Kök kuru ağırlığı bakımından genotipler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz, alkali dozları arasındaki farklılık önemli ($p<0.05$), genotip x alkali dozu interaksiyonu ise çok önemli ($p<0.01$) olmuştur. Dozlar arasında, en yüksek ortalama kök kuru ağırlığı kontrol (1.68 g) işleminde belirlenirken, kök kuru ağırlığı yönünden kontrol ile 100 mM (1.60 g) alkali dozu arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemsiz çıkmıştır (Tablo 4). Alkali doz oranlarının artması bitkilerde toksik etki yaratmış (Yakit ve Tuna, 2006; Önal Aşçı ve Üney, 2016; Tepe ve Aydemir, 2016) ve kök kuru ağırlıkları azalmıştır. Genotipler arasında 4403 no'lu yerel populasyonu (1.63 g) diğer genotiplere göre alkali stresine daha dayanıklı olmuştur. Genotip x alkali dozu interaksiyonunda kök kuru ağırlığı 1.04-2.41 g arasında değişmiştir (Tablo 4).

Mürdümük genotiplerine ait HP ve ODAP içerikleri Tablo 5'te verilmiştir. Protein içeriği bakımından alkali dozları arasındaki farklılık ve genotip x alkali dozu interaksiyonu istatistiksel açıdan çok önemli ($p<0.01$), genotipler arasındaki farklılık ise önemsiz olmuştur. İkili interaksiyonlara göre HP oranı % 31.80 ile % 36.04 arasında değişmiştir. Genotiplerin alkali doz oranlarına karşı farklı tepkiler verdiği görülmüş ancak, alkali stresinin artması protein içeriklerini genel olarak pozitif etkilemiştir (Tablo 5). Benzer olarak Yakıt ve Tuna (2006), tuz stresi altındaki mısır bitkisinin protein içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Bu durum, stres altındaki bitkilerin ilgili genleri aktive edilerek transkripsiyon faktörlerinin

sentezlenmesi ve stres proteinlerinin üretimini teşvik edilmesi ile açıklanmaktadır (Yılmaz ve ark., 2011). Yani stres koşulları altında bitkilerin protein oranının artması, bitkilerin strese karşı geliştirdikleri tolerans stratejileridir.

Mürdümük genotiplerinin farklı dozlardaki alkali stresi altında, ODAP içerikleri üzerine genotiplerin ve alkali dozlarının etkisi ile genotip x alkali dozu interaksiyonu çok önemli ($p<0.01$) olmuştur. Genotip x alkali dozu interaksiyonuna göre en fazla ODAP içeriği; 1603 no'lu yerel populasyonunun kontrol grubu (% 0.920), en düşük ise İptaş çeşidinin 25 mM (% 0.508) ve GAP Mavisi çeşidinin 50 mM (% 0.517) dozlarından elde edilmiştir. Genotipler arasında en yüksek ODAP içeriğine 1603 no'lu yerel populasyonu (% 0.779), en düşük ise İptaş çeşidi (% 0.599) sahip olmuştur (Tablo 5). Haque ve ark. (2011) ile Tokarz ve ark. (2020) düşük tuzluluk konsantrasyonlarında mürdümük bitkisinde ODAP içeriğinin düştüğünü, ancak yüksek dozlarda arttığını bildirmişlerdir. Mevcut çalışma söz konusu araştırmacıların bulguları ile benzerlik göstermekte olup, genotiplerin ODAP içerikleri 50 mM alkali dozuna kadar azalmış, 100 mM alkali dozu ile birlikte tekrar artmıştır. Mürdümük bitkisinde hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi ile bilinen ODAP merkezi sinir sistemini etkileyerek, hayvanların arka bacaklarında kalıcı felce yol açmaktadır. Hayvan sağlığı açısından ODAP içeriğinin 2.0 mg g⁻¹'in altında olması önerilmektedir (Abd El-Moneim ve ark., 2010).

4. Sonuçlar

Alkali stresinin mürdümük bitkisinde çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkilerinin incelendiğinde çalışma sonucunda, hem genotipler hem de dozlar

Tablo 5. Mürdümük genotiplerinin ham protein ve ODAP içeriği

Table 5. Crude protein and ODAP contents of grasspea genotypes

Genotip	Alkali dozları (mM)					Ortalama
	0	25	50	100	150	
Ham protein içeriği (%)						
1603	34.23 b-g	33.71 d-g	34.28 b-g	36.04 a	33.48 efg	34.34
4403	33.42 efg	33.01 gh	34.35 b-g	31.80 h	35.41 abc	33.59
İptaş	34.07c-g	33.53 efg	33.08 gh	34.82 a-f	35.59 ab	34.12
GAP Mavisi	33.32 fg	33.33 fg	33.81 d-g	34.87 a-e	35.11 a-d	34.08
Ortalama	33.76 C	33.39 C	33.88 BC	34.83 AB	34.90 A	
ODAP içeriği (%)						
1603	0.920 a	0.807 b	0.690 de	0.737 cd	0.743 c	0.779 A
4403	0.760 c	0.627 fgh	0.583 hi	0.637 fg	0.843 b	0.690 B
İptaş	0.591 ghı	0.508 i	0.551 ii	0.649 ef	0.693 de	0.599 D
GAP Mavisi	0.637 fg	0.670 ef	0.517 i	0.733 cd	0.753 c	0.662 C
Ortalama	0.727 B	0.652 D	0.585 E	0.688 C	0.758 A	

Önemlilik dereceleri: Genotip (G)^{öd}, Alkali dozu (AD)^{**}, GxAD interaksiyonu^{**}

Aynı grupta aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur, **: $p<0.01$ düzeyinde önemli farklılık, öd: Önemli değil

arasında anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür. İncelenen özellikler bakımından populasyonların da çeşitler kadar alkali stresine olumlu cevap verdiği tespit edilmiştir. Genotipler incelenen özelliklere 50 mM alkali dozuna kadar olumlu cevap vermiş, ancak 100 mM alkali dozu ile birlikte özelliklerin olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. ODAP içeriği de kontrol dozuna göre 25, 50 ve 100 mM alkali dozlarında daha düşük olmuştur. Kontrole göre 150 mM alkali dozunda daha yüksek ODAP içeriği belirlenmiştir. Buna göre, bütün özellikler dikkate alındığında çalışmada kullanılan tüm mürdümük genotiplerinin 50 mM alkali içeriğine sahip alanlarda yetişebileceği görülmüştür.

Kaynaklar

- Abd El-Moneim, A.M., Nakkoul, H., Masri, S. and Ryan, J., 2010. Implications of zinc fertilization for ameliorating toxicity (Neurotoxin) in Grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 12(1): 69-78.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2021a. Yem bitkilerinde bulunan toksik maddelerin kaba yem kalitesi açısından değerlendirilmesi. II. *International Hazar Scientific Researches Conference*, Bildiriler Kitabı, 10-12 April, Baku, s. 853-864.
- Açıkbaş, S., Özyazıcı, M.A., 2021b. Silisyum tohum ön uygulamasının tuz stresine maruz bırakılan yem bezelyesi [*Pisum sativum* ssp. *arvense* L. (Poir.)]'nin çimlenme gelişimine etkisi. *Middle East International Conference on Contemporary Scientific Studies-V*, Bildiriler Kitabı, 27-28 March, Ankara, s. 148-158.
- Arslan, M., Aydınoğlu, B., 2019. Tuzluluk (NaCl) stresinin mürdümükte (*Lathyrus sativus* L.) çimlenme ve erken fide gelişme özelliklerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 7(1): 49-54.
- Bernstein, L., Hayward, H.E., 1958. Physiology of salt tolerance. *Annual Review of Plant Physiology*, 9(1): 25-46.
- Czabator, F.J., 1962. Germination value: An index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*, 8(4): 386-395.
- Day, S., Kaya, M.D., Kolsarıcı, Ö., 2008. Bazı çerezlik ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) genotiplerinin çimlenmesi üzerine NaCl konsantrasyonlarının etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(3): 230-236.
- Duan, D., Liu, X., Khan, M.A., Gul, B., 2004. Effects of salt and water stress on the seed germination of *Chenopodium glaucum* L. *Pakistan Journal of Botany*, 36(4): 793-800.
- Dumlupınar, Z., 2005. Elektrik akımı ve tuz konsantrasyonlarının makarnalık buğdayda çimlenmeye etkisi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118-125.
- El-Bastawisy, Z.M., El-Katony, T.M., El-Fatah, S.N.A., 2018. Genotypic variability in salt tolerance of *Vicia faba* during germination and early seedling growth. *Journal of King Saud University-Science*, 30(2): 270-277.
- Ertekin, E., Yılmaz Ş., Atak, M., Can, E., Çeliktaş, N., 2017. Tuz stresinin bazı yaygın fiğ (*Vicia sativa* L.) çeşitlerinin çimlenmesi üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 10-18.
- Geda, A., Briggs, C.J., Venkataram, S., 1993. Determination of the neurotoxicogen b-N-oxalyl-L-a,b-diaminopropionic acid using highperformance liquid chromatography with fluorometric detection. *Journal of Chromatography A*, 635(2): 338-341.
- Haque, R.M., Kuo, Y.H., Lambein, F., Hussain, M., 2011. Effect of environmental factors on the biosynthesis of the neuro-excitatory amino acid β -ODAP (β -N-oxalyl-l- α,β -diaminopropionic acid) in callus tissue of *Lathyrus sativus*. *Food and Chemical Toxicology*, 49(3): 583-588.
- Hanbury, C.D., White, C.L., Mullan, B.P., Siddique, K.H.M., 2000. A review of the potential of *Lathyrus sativus* L. and *L. cicera* L. grain for use as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 87(1-2): 1-27.
- Hayward, H.E., Bernstein, L., 1958. Plant-growth relations on salt-affected soils. *The Botanical Review*, 24: 584-635.
- Kacar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş., 2009. Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Karaoğlu, M., Yalçın, A.M., 2018. Toprak tuzluluğu ve İğdir Ovası örneği. *Journal of Agriculture*, 1(1): 27-41.
- Kaya, M.D., İpek, A., 2003. Effects of different soil salinity levels on germination and seedling growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 27: 221-227.
- Kayaçetin, F., Efeoğlu, B., Alizadeh, B., 2018. Effect of NaCl and PEG-induced osmotic stress on germination and seedling growth properties in wild mustard (*Sinapis arvensis* L.). *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 28(1): 62-68.
- Kaymak, G., Acar, Z., 2020. Orman üçgülü (*Bituminaria bituminosa* L.) genotiplerinin tuzluluğa dayanıklılık düzeylerinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(1): 51-58.
- Koca, H., 2007. Tuz stresinin farklı susam çeşitlerinin fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi. Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kuşvuran, A., 2015. The effects of salt stress on the germination and antioxidative enzyme activity of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.) varieties. *Legume Research*, 38(1): 51-59.

- Mahajan, S., Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444(2): 139-158.
- Mahdavi, B., Sanavy, S.A.M.M., 2007. Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(2): 273-279.
- Malathi, K.A., Padmanaban, G., Sarma, P.S., 1970. Biosynthesis of β -N-oxalyl-L- α , β -diaminopropionic acid, the *Lathyrus sativus* neurotoxin. *Phytochem*, 9(7): 1603-1610.
- Önal Aşçı, Ö., Üney, H., 2016. Farklı tuz yoğunluklarının Macar fiğinde (*Vicia pannonica* Crantz) çimlenme ve bitki gelişimine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(1): 29-34.
- Öz, M., Karasu, A., 2007. Pamuğun çimlenmesi ve erken fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(1): 9-21.
- Özyazıcı, M.A., Açıkbaz, S., 2019. Yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) genotiplerinin yarı kurak iklim koşullarında bazı tarımsal özellikleri ile verim performanslarının belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17: 1058-1068.
- Özyazıcı, G., Açıkbaz, S., 2021. Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) bitkisinin tuz stresi altında çimlenme özelliklerinin belirlenmesi. II. *International Hazar Scientific Researches Conference*, Bildiriler Kitabı, 10-12 April, Bakü, s. 347-353.
- Rao, S.L.N., 1978. A sensitive and specific colorimetric method for determination of α , β -diaminopropionic acid and *Lathyrus sativus* neurotoxin. *Analytical Biochemistry*, 86(2): 386-396.
- Sayar, S.M., 2014. Mürdümük Tarımı ve Yeni Geliştirilen GAP Mavisi Mürdümük Çeşidi. (file:///C:/Users/User/Downloads/29-MARDNMRD MK.pdf.), (Erişim tarihi: 07.02.2021).
- Steppuhn, H., Volkmar, K.M., Miller, P.R., 2001. Comparing canola, field pea, dry bean, and durum wheat crops grown in saline media. *Crop Science*, 41(6): 1827-1833.
- Şen, A., 2019. Alkali stresinin mürdümüğün (*Lathyrus sativus* L.) çimlenme ve fide gelişimine etkisi. Yüksek lisans tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat.
- Şimşek Soysal, A.Ö., Demirkol, G., Önal Aşçı, Ö., Kaşko Arıcı, Y., Acar, Z., Yılmaz, N., 2018. Tuz stresinin sorgumxsudanotu melezinde çimlenme ve fide gelişim özelliklerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2): 247-252.
- Tepe, D.H., Aydemir, T., 2016. Farklı konsantrasyonlarda tuz stresi uygulanmış mercimek bitkilerine (*Lens culinaris*) bor ilavesinin bitki mineral değişimi üzerindeki etkileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13(3): 769-775.
- Tan, M., Koç, A., Erkovan, İ.H., 2002. Dumlu Yöresi (Erzurum) tuzlu-alkali topraklarında yetişebilecek yembitkisi türlerinin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3): 277-281.
- Tokarz, B., Wójtowicz, T., Makowski, W., Jędrzejczyk, R.J., Tokarz, K.M., 2020. What is the difference between the response of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) to salinity and drought stress?-A physiological study. *Agronomy*, 10(6): 833.
- Yakıt, S., Tuna, L.A., 2006. Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K'nın etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1): 59-67.
- Yakupoğlu, T., 2018. Bozok yöresinde araştırma amaçlı kullanılan tarım arazilerinin bazı toprak özellikleri ve bölgesel kalkınmaya katkı sağlayacak araştırmalar açısından çeşitli öneriler. III. *Uluslararası Bozok Sempozyumu*, Bildiriler Kitabı, 3-5 Mayıs, Yozgat, s. 1344-1349.
- Yakupoğlu, T., Özdemir, N., 2007. Tuzluluk ve alkaliliğin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 132-138.
- Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 47-66.