

Kuraklık Stresinin Bazı Yem Bezelyesi (*Pisum sativum* L.) Çeşitlerinin Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Etkisi

Ömer Süha USLU^{1*}, Osman GEDİK¹, Mahmud ALHUMEDİ², Kasem ALMINFİ²

¹KSÜ Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye
[ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0858-0305> - (Ö.S. USLU), 0000-0002-4816-3154 (O. GEDİK)]
²KSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, Türkiye
[ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3820-2954> - (M. ALHUMEDİ), 0000-0003-4591-4976
(K. ALMINFİ)]

*Sorumlu yazar: suhauslu@ksu.edu.tr

Öz

Kuraklık dünyayı tehdit eden küresel bir sorun haline gelmiştir. Tarımsal üretimde ciddi verim kayıplarına sebep olmaktadır. Bu araştırma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarında 2019 Şubat ayında yürütülmüştür. Çalışmada Özkaynak, Violetta ve Taşkent yem bezelyesi çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimine dair parametreler incelenmiştir. Bu çeşitlere ait tohumlar farklı kuraklık stresi seviyeleri [0 (kontrol), -0.6, -1.7, -3.2 ve -5.3 bar] kullanılarak çimlendirilmiştir. Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Gözlemler her gün aynı saatte yapılmış, radikula uzunluğu 2 mm'yi geçen tohumlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir. Tohumlar ışık ayarı 12 saat gündüz 12 saat gece olacak şekilde 20 °C'ye ayarlı iklimlendirme dolabında on dört gün süreyle takip edilmiştir. Araştırmada, çeşitlerin ve farklı kuraklık seviyelerine ait ortalamaların arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemli çıktığı tespit edilmiş ve artan kuraklık seviyelerinin çimlenme süresini uzattığı, çimlenme indeksi ve kuraklık tolerans indeksini düşürdüğü, ayrıca fide gelişimini olumsuz yönde etkilediği saptanmıştır. Deneme sonucunda Violetta yem bezelyesi çeşidinin diğer çeşitlere oranla kuraklık stresine daha toleranslı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çimlenme, Kuraklık, PEG-6000, *Pisum* sp., Tohum, Vigor indeks

Effect of Drought Stress on Germination and Seedling Development of Some Forage Pea (*Pisum sativum* L.) Varieties

Abstract

Drought has become a global problem threatening the world. It causes serious yield losses in agricultural production. This study was conducted in Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Agriculture and Department of Field Crops Laboratory in February 2019. In this study, parameters of germination and seedling development of Özkaynak, Violetta and Taşkent field pea varieties were examined. Seeds of these varieties were germinated using different drought stress levels [0 (control), -0.6, -1.7, -3.2 and -5.3 bar]. The experiment was established according to the completely randomized experimental design with four replications. Observations were made every day at the same time, seeds with radicle length exceeding 2 mm were considered germinated. Seeds were monitored for fourteen days at 20 °C in the air-conditioning cabinet. The germination habitat was adjusted for 12 hours of daylight and 12 hours of darkness. In the study, it was determined that the differences between the varieties and the averages of different drought levels were statistically significant and it was determined that increasing drought levels prolong the germination period, reduce the germination index and drought tolerance index, and also negatively affect seedling development. As a result of the experiment, it was observed that the Violetta forage pea variety was more tolerant of drought stress than other varieties.

Key Words: Drought, Germination, PEG-6000, *Pisum* sp., Seed, Vigor index

1.Giriş

Abiyotik stres, özellikle kuraklık stresi, küresel ürün üretimini ciddi şekilde kısıtlayan dünya çapında bir sorundur. Aynı zamanda bitkilerin büyüme ve gelişmesini, buna bağlı olarak verimliliğini olumsuz yönde etkiler. Babu ve Rosaiah (2017)'ın bildirdiğine göre, artan sıcaklık ve azalan toprak nemi şeklinde tezahür eden küresel iklim değişikliği, önümüzdeki 50 yıl içinde tarımsal ürünlerin veriminde ciddi bir azalmaya sebep olacaktır. Bitkiler tohum toprağa düştüğü andan itibaren yetiştirme periyotlarının herhangi bir döneminde kuraklıktan etkilenebilirler. Ancak özellikle çimlenme ve fide gelişimi dönemleri daha hassas oldukları bir evredir. Uslu ve Gedik (2020) topraktaki su eksikliğinin ve buna bağlı olarak kuraklığın çimlenmeyi baskı altına aldığını, tohum canlılığını risk altında bıraktığını ve fide gelişimini zayıflattığını bildirmiştir. Bitkilerin kuraklığa tepkileri birbirinden farklıdır ve genotipe göre değişiklik gösterir (De Leonardis ve ark., 2007). Kuraklığın tarımsal üretimde meydana getirdiği iki temel sorun vardır. Birincisi, çimlenmenin arzu edilen oranda olmaması yani çimlenme oranını düşürmesi, ikincisi ise toprakta tarla kapasitesinden daha düşük seviyede olan su sebebi ile fide gelişimi ve verimde azalmadır (Saxena ve ark., 1993). Çıkışta görülen düzensizlik, istenen bitki sıklığının elde edilememesine, bitkilerin çiçeklenme ve olgunlaşmasında düzensizliklere, verimin düşmesine, hasatta olgunlaşma düzensizliklerine ve hasattan sonra tohumların farklı nem içeriklerinden dolayı depolamada zorluklara neden olabilmektedir (Gürbüz ve ark., 2009). Tohum çimlenmesinin sağlıklı şekilde gerçekleşmesi istenilen bitki sıklığının sağlanması başarılı bir üretim için çok önemlidir (Atış, 2011). Tohumların sağlıklı bir şekilde çimlenebilmesi için ağırlıklarının %50'si kadar suyu topraktan alması gerekmektedir. Bu dönemde oluşacak su eksikliği veya aşırı nem gelişmeyi geciktirmektedir (Çırak ve Esendal, 2006). Tohumun çimlenmesi için gerekli kritik nem seviyesi bitkilere göre farklılık göstermektedir. Bitkilerin çimlenme döneminde kuraklığa karşı verdiği tepki ve bu dönemdeki dayanıklılığı, bitkilerin başarılı şekilde yetiştirilmesinde kritik rol oynamaktadır. Polietilen glikol 6000 (PEG-6000) çevresel kuraklığın laboratuvar koşullarında canlandırılması amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Kaufman ve Eckard, 1971). PEG-6000, yüksek molekül ağırlıklı bir madde olup su alımını düzenleyerek, ortamı istenilen su stresi

koşullarında tutmaktadır. Ayrıca PEG-6000 bitki köklerinde alınmamakta ve toksik etki yaratmamaktadır (Çalikoğlu ve Tilki, 2002). Ürün oluşumu tohum yatağı ortamı ile tohum kalitesi arasındaki etkileşime bağlıdır (Khajeh-Hosseini ve ark., 2003). Bitki yaşam döngüsü tohum çimlenmesi aşamaları arasında, fide ortaya çıkışı ve tohum oluşumu, herhangi bir bitki türünün hayatta kalması ve büyümesinde anahtar süreçlerdir (Almansouri ve ark., 2001). Bitkilerin kuraklığa karşı dayanıklılığı farklılık göstermektedir. Aynı çeşit arasında bile farklılıklar vardır. Polietilen glikol 6000 (PEG-6000) bileşikler, homojen su potansiyellerini korumak için *invitro* ozmotik stres etkilerini test etmek için kullanılmıştır. PEG-6000, bitki hücrelerine herhangi bir toksisiteye neden olmadan ozmotik stres oluşturmak için uygun çözünen madde olarak bulunmuştur (Verslues ve Bray, 2004). Yukarıdaki bulgulardan PEG-6000 çözüntüsünün laboratuvarında kuraklığa tolerans farklılıklarının araştırılmasında kullanılabilmesi öngörülmektedir. Farklı bitkilerin erken çimlenme ve fide dönemlerinde kuraklığa tepkilerinin belirlenmesi amacıyla PEG-6000 kullanılarak çok sayıda araştırma yürütülmüştür (Çalikoğlu ve Tilki, 2002; Van der Berg ve Zeng, 2006; Mut ve Akay, 2010; Piwowarczyk ve ark., 2014; Bilgili ve ark., 2018). Fallahi ve ark. (2015), PEG-6000 kullanarak oluşturdukları 0 (kontrol), -2, -4, -6, -8, -10, -12 ve -14 bar ozmotik basınç düzeylerinde, mürdümükte yaptıkları çalışmada, özellikle -8 bar ozmotik basınç düzeyinde çimlenmenin önemli derecede azaldığını, günlük çimlenme oranının ise tüm düzeylerde kontrole göre önemli derecede düşük olduğunu ve artan kuraklık koşullarına bağlı olarak fide gelişiminin de olumsuz etkilendiğini belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada Aslan ve Atış (2018) mürdümük çeşitlerinin kuraklık stresine tepkilerini belirlemek amacıyla, saf su (kontrol), -3, -6, -9 ve -12 bar ozmotik basınca sahip PEG-6000 solüsyonları ile kuraklık ortamları oluşturmuşlardır. Araştırmada incelenen tüm özelliklerin artan kuraklık düzeylerinden olumsuz etkilendiği ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çimlenme oranının sadece -12 bar ozmotik basınç düzeyinde önemli oranda azaldığı ve diğer özelliklerin kuraklığın daha düşük dozlarından önemli derecede etkilendiği saptanmıştır. Baklagil yem bitkisi olan yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.), Türkiye'de birçok bölgede ve Akdeniz iklimine sahip geniş bir coğrafyada ucuz protein kaynağı olarak yetiştirilmektedir. Kuraklık stresine karşı hassas olduğu bilinmektedir (Wilson

ve ark., 1985). Ancak çeşit düzeyinde özellikle çimlenme ve fide aşamalarında, nem koşullarındaki değişime verdiği tepkiler bilinmemektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar yetersiz olduğu için yem bezelyesi çeşitlerinin çimlenme ve fide aşamasında kuraklık stresine karşı tepkilerini incelemeye ve anlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırmada üç farklı yem bezelyesi çeşidinin kuraklık stresine karşı tepkileri, çimlenme ve fide gelişimi yönünden incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada yer alan uygulama ve analizler, 2019 yılı Şubat ayında, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarında yapılmıştır. Araştırma, 3 farklı yem bezelyesi (*Pisum sativum* L.) çeşidinin (Özkaynak, Taşkent ve Violetta) farklı kuraklık seviyelerinde çimlenme ve fide gelişimlerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Yem bezelyesi çeşitlerinin kuraklık stresine tepkilerini belirlemek amacı ile 50, 100, 150 ve 200 g/l PEG-6000 kullanılarak kuraklık ortamları oluşturulmuştur. Kontrol için saf su kullanılmıştır. Oluşan kuraklık ortamlarının ozmotik basınç değerleri (sırası ile -0.6, -1.7, -3.2 ve -5.3 bar) Michel ve Kaufmann (1973) tarafından tanımlanan aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Formülde geçen C harfi kullanılan PEG-6000 miktarını, T harfi ise ortam sıcaklığını ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Ozmotik basınç (bar)} \\ &= -(1.18 \times 10^{-2})C \\ &- (1.18 \times 10^{-4})C^2 \\ &+ (2.67 \times 10^{-4})CT \\ &+ (8.39 \times 10^{-7})C^2T \end{aligned}$$

C: PEG-6000 konsantrasyonu (g/kg H₂O), T: Sıcaklık (°C).

Çalışma, petri kaplarında dört tekerrürlü olarak, tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. 5 dakika boyunca % 5'lik NaClO (sodyum hipoklorit) çözeltisi içinde yüzey sterilizasyonuna tabi tutulan tohumlar daha sonra saf suyla durulanmıştır. Petri kaplarına kurutma kâğıtları yerleştirilmiş ve her petri kabına (90 mm çap) 25 tohum yerleştirilmiştir. Saf su (kontrol) ve farklı ozmotik basınçlardaki sulardan içerisinde "Whatman No1" fitre kâğıdı bulunan tüm petri kaplarına 10 ml ilave edilmiş ve petri kaplarının üzeri kapaklarla kapatılmıştır. Su kaybını önlemek ve tekrar su ilave edilerek PEG-6000 birikimini engellemek için kapaklar parafilm ile iyice

sarılmıştır. Tohumlar ışık ayarı 12 saat gündüz 12 saat gece olacak şekilde 20 °C'ye ayarlı iklimlendirme dolabında on dört gün süreyle takip edilmiştir.

2.1. İncelenen Özellikler

2.1.1.Çimlenme Oranı, çimlenme indeksi ve ortalama çimlenme süresi

Çimlenme oranını ve çimlenme indeksini bulmak için ikinci günden itibaren on dördüncü güne kadar her 24 saatte bir sayım yapılmıştır. Radikula uzunluğu 2 mm olan tohumlar çimlenmiş kabul edilmiştir (Mackay ve ark., 1995). Çimlenme oranı, çimlenmiş tohumların toplam tohum sayısına bölünmesi ve ardından 100 ile çarpılmasıyla bulunmuştur (Maquire, 1962).

$$\begin{aligned} \text{Çimlenme Oranı (\%)} \\ &= (\text{Çimlenen Tohum Sayısı} \\ &/ \text{Tohum Sayısı}) * 100 \end{aligned}$$

Çimlenen tohum sayıları kullanılarak çimlenme indeksi (Çİ) (Wang ve ark., 2004) ve ortalama çimlenme süresi (OÇS) (Ellis ve Roberts, 1980) değerleri hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Çİ} &= \Sigma (G_i / T_t) \\ G_i &= t. \text{ günde çimlenen tohum sayısı, } T_t = t. \text{ günün gün sayısı} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{OÇS (gün)} &= \Sigma (f_x) / \Sigma f \\ f: &\text{ çimlenen tohum sayısı, } x: \text{ çimlenme günü} \end{aligned}$$

2.1.2.Radikula ve plumula uzunluğu

Tesadüfi olarak seçilen 10 tane fidenin radikula ve plumula uzunlukları bir kumpas yardımı ile tohumdaki çıkış noktasından en uç kısmına kadar ölçülmüştür.

2.1.3.Fide yaş ve kuru ağırlığı

Fideler araştırmanın son günü su ve PEG-6000 kalıntılarını gidermek için kurutma kâğıdı ile kurutulmuştur. Daha sonra 0.0001 g hassasiyet ile yaş ağırlık tartımları yapılmış ardından 70 °C'de 48 saat sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek kuru ağırlık tartımları yapılmıştır.

2.1.4.Vigor indeksi

Vigor indeksi değeri, fide uzunluğunun çimlenme oranı ile çarpılmasıyla bulunmuştur (Abdul-Baki ve Anderson, 1973).

$$\text{VI} = \text{Fide uzunluğu(cm)} \times \text{Çimlenme oranı(\%)}$$

2.1.5. Kuraklık tolerans indeksi

Kuraklık tolerans indeksi Aslan ve Atış (2018) tarafından tarif edildiği şekilde aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kuraklık Tolerans İndeksi (KTİ)} = (T_x \text{ TYA} / T_0 \text{ TYA}) \times 100$$

TYA= toplam yaş ağırlık, T_x= x dozu toplam yaş ağırlığı, T₀= kontrol toplam yaş ağırlığı

2.2. İstatistik Analiz

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin varyans analizleri SAS (Anonim, 2014) programı kullanılarak, tesadüf parselleri deneme desenine göre yapılmıştır. Önemli bulunan özelliklere

ilişkin ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi (Steel ve Torrie, 1980) ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Çimlenme Oranı (%), Çimlenme İndeksi ve Çimlenme Süresi (Gün)

Artan PEG-6000 seviyelerinin çimlenme oranı üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Çeşitler arasındaki fark ve çeşit x kuraklık seviyesi interaksyonu önemsiz çıkmıştır (Çizelge 1). Çimlenme oranları -5.3 bar haricindeki kuraklık seviyelerinde aynı grupta yer almıştır. Artan kuraklık seviyeleri çimlenme oranını düşürmüştür.

Çizelge 1. Farklı Kuraklık Seviyelerinde Elde Edilen Çimlenme Oranı, Çimlenme İndeksi, Ortalama Çimlenme Süresi, Radikula ve Plumula Uzunluğu Değerleri

Table 1. Germination Rate, Germination Index, Average Germination Time, Radicle and Plumule Length Average Values at Different Drought Levels.

		ÇO GR (%)	Çi GI	OÇS MGD (gün)	RU RL (cm)	PU PL (cm)
Çeşitler Varieties	Özkaynak	89.06	10.54 a	2.32 b	4.94 b	1.39 b
	Violetta	88.26	2.27 b	2.82 a	6.20 a	1.57 ab
	Taşkent	94.66	10.18 ab	2.72 a	4.83 b	1.98 a
	LSD	9.51	0.96	0.23	1.05	0.54
Kuraklık Seviyeleri/ Drought Levels (bar)	0	99.55 a	13.22 a	1.94 d	7.63 a	3.50 a
	-0.6	99.11 a	12.28 ab	2.04 dc	7.00 ab	2.54 b
	-1.7	96.44 a	11.22 b	2.25 c	5.56 b	1.27 c
	-3.2	91.11 a	8.58 c	2.93 b	3.90 c	0.55 d
	-5.3	67.11 b	4.70 d	3.93 a	2.52 d	0.39 d
	LSD	12.27	1.24	0.30	1.36	0.69
Özkaynak	0	98.66 a	13.44 a	1.91 d	5.90 cd	3.96 a
	-0.6	97.33 a	12.25 ab	2.04 d	5.47c-e	1.31 a
	-1.7	96.00 a	11.23 bc	2.26 d	5.36 c-e	1.05 a
	-3.2	90.66 a	10.00 cd	2.37 d	4.60 c-f	0.35 a
	-5.3	62.66 b	5.80 e	3.00 bc	3.39 e-g	0.31 a
Violetta	0	100.00 a	13.50 a	1.92 d	10.54 a	2.73 b
	-0.6	100.00 a	12.22 ab	2.06 d	8.90 ab	2.77 ab
	-1.7	96.00 a	10.61 b-d	2.34 d	6.02 cd	1.31 c
	-3.2	90.66 a	6.73 e	3.50 b	3.67 d-g	0.69 c
	-5.3	54.66 b	3.33 f	4.27 a	1.85 g	0.37 c
Taşkent	0	100.00 a	8.00 ab	2.00 d	6.47 c	3.81 ab
	-0.6	100.00 a	0.00 ab	2.02 d	6.64 bc	3.53 ab
	-1.7	97.33 a	4.61 a-c	2.14 d	5.32 c-e	1.47 c
	-3.2	92.00 a	8.00 d	2.92 c	3.43 e-g	0.61 c
	-5.3	84.00 a	14.42 ef	4.52 a	2.32 fg	0.50 c
	LSD	21.27	2.149	0.5197	2.37	1.20
Ortalama/Mean		90.66	10.03	2.62	5.32	1.65
VK/CV (%)		14.02	12.84	11.85	26.54	43.65

ÇO: Çimlenme Oranı / GR: Germination Rate; RU: Radikula Uzunluğu / RL: Radicle Length; PU: Plumula Uzunluğu / PL: Plumule Length; FYA: Fide Yaş Ağırlığı / SFW: Seedling Fresh Weight; FKA: Fide Kuru Ağırlığı / SDW: Seedling Dry Weight; Vİ: Vigor İndeks / VI: Vigour Indeks; KTİ: Kuraklık Tolerans İndeksi / DTI: Drought Tolerance Index; VK: Varyasyon Katsayısı / CV: Variation of Coefficient; KS: Kuraklık Seviyeleri / DL: Drought Levels.

En yüksek kuraklık seviyesi olan -5.3 bar'da çeşitlerin çimlenme oranında % 16.00 (Taşkent) ile % 45.33 (Violetta) arasında düşüş meydana gelmiştir.

3.2. Radikula, Plumula ve Fide Uzunluğu (cm)

PEG-6000 stresi çimlenmiş tohumların fidelerinin radikula, plumula ve fide uzunluklarını da etkilemiştir (Çizelge 1 ve 2). Kuraklık seviyesi kontrol uygulamasından -5.3 bar'a çıktığında radikula, plumula ve fide uzunluklarında istikrarlı bir azalma meydana gelmiştir. Kontrol uygulamasındaki bitkiler ile kıyaslandığında, -5.3

bar'da radikula, plumula ve fide uzunluklarında yüksek oranlarda (sırası ile % 66.9, 88.9 ve 73.8) düşüş gerçekleşmiştir (Çizelge 1 ve 2). Abiyotik stres faktörlerine bağlı olarak oluşan stres radikula, plumula ve fide gelişimini azaltmıştır.

3.3. Fide Yaş ve Kuru Ağırlığı (g)

Farklı PEG-6000 stresi altında kaydedilen, çeşitlere ait fide yaş ve kuru ağırlığı değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Fide kuru ağırlığına dair ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli, fide yaş ağırlığına dair ortalamalar arasındaki fark önemsiz çıkmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı Kuraklık Seviyelerinde Elde Edilen Fide Uzunluğu, Fide Yaş ve Kuru Ağırlığı, Vigor İndeks ve Kuraklık Tolerans İndeksi Değerleri

Table 2. Seedling Length, Seedling Fresh and Dry Weight, Vigor Index and Drought Tolerance Index Average Values at Different Drought Levels.

		FU SL (cm)	FYA SFW (g)	FKA SDW (g)	Vİ VI	KTI DTI
Çeşitler Varieties	Özkaynak	6.34 b	0.72	0.10 b	591 b	48.01 b
	Violetta	7.78 a	0.90	0.14 a	756 a	64.43 a
	Taşkent	6.83 ab	0.85	0.11 b	667 ab	55.38 ab
	LSD	1.38	0.21	0.02	137.90	14.53
Kuraklık Seviyeleri/ Drought Levels (bar)	0	11.14 a	1.52 a	0.17 a	1110 a	100.00 a
	-0.6	9.55 a	1.20 b	0.17 a	949 a	83.64 a
	-1.7	6.85 b	0.68 c	0.12 b	660 b	46.91 b
	-3.2	4.45 c	0.43 d	0.08 c	417 c	29.02 cb
	-5.3	2.92 c	0.29 d	0.06 c	223 d	20.13 c
	LSD	1.78	0.27	0.03	178.03	18.76
Özkaynak	0	9.87 b-d	1.51 a	0.15 cd	977 bc	100.00 ab
	-0.6	6.79 d-f	0.66 bc	0.11 c-f	661 de	44.29 c
	-1.7	6.41 ef	0.65 bc	0.13 d-f	616 de	44.17 c
	-3.2	4.95 e-g	0.42 bc	0.07 fg	451 d-f	28.00 c
	-5.3	3.71 fg	0.36 bc	0.08 e-g	248 f	23.61 c
	LSD	13.28 a	1.52 a	0.20 ab	1328 a	100.00 ab
Violetta	-0.6	11.68 ab	1.61 a	0.23 a	1168 ab	121.38 a
	-1.7	7.33 c-e	0.70 b	0.13 c-e	704 cd	50.49 c
	-3.2	4.37 e-g	0.46 bc	0.09 d-g	419 d-f	31.81 c
	-5.3	2.23 g	0.23 c	0.05 g	161 f	18.47 c
	LSD	10.28 a-c	1.53 a	0.16 bc	1024 ab	100.00 ab
Taşkent	-0.6	10.18 a-c	1.34 a	0.17 bc	1018 b	85.26 b
	-1.7	6.80 d-f	0.69 bc	0.11 c-f	659 de	46.06 c
	-3.2	4.05 fg	0.42 bc	0.07 e-g	381 ef	27.27 c
	-5.3	2.82 g	0.28 bc	0.05 g	258 f	18.33 c
	LSD	3.10	0.473	0.0545	308.4	32.49
Ortalama/Mean		6.98	0.82	0.12	672	55.94
VK/CV (%)		26.54	32.13	26.66	27.45	34.72

Plumule Length; FYA: Fide Yaş Ağırlığı / SFW: Seedling Fresh Weight; FKA: Fide Kuru Ağırlığı / SDW: Seedling Dry Weight; Vİ: Vigor İndeks / VI: Vigour Indeks; KTI: Kuraklık Tolerans İndeksi / DTI: Drought Tolerance Index; VK: Varyasyon Katsayısı / CV: Coefficient of Variation; KS: Kuraklık Seviyeleri / DL: Drought Levels.

3.4. Vigor ve Kuraklık Tolerans İndeksi

Vigor indeks tohumların çimlenme ve fide gelişimi sırasında canlılığını ve performans seviyesini gösteren bir değerdir. Farklı kuraklık seviyeleri yem bezelyesinin vigor indeks değerlerini önemli ölçüde etkilemiştir. En yüksek vigor indeks değeri Taşkent çeşidinde 667 olarak belirlenmiştir. Artan kuraklık seviyeleri vigor indeks değerlerini düşürmüştür. Kontrole kıyas ile -5.3 bar uygulaması vigor indeks değerini % 80 oranında azaltmıştır (Çizelge 2). Yine beş farklı kuraklık seviyesinde tüm çeşitler için hesaplanan kuraklık tolerans indeksleri Çizelge 2'de verilmiştir. Kuraklık tolerans indeksi fide yaş ağırlığı üzerinden hesaplanan ve farklı kuraklık seviyelerinde belirlenen fide ağırlıklarının kontrol uygulamasında belirlenen değerle kıyaslanması esasına dayanır (Aslan ve Atış, 2018). Kontrol uygulamasında 100 olan kuraklık tolerans indeksi, -5.3 bar uygulamasında 20.13'e düşmüştür (Çizelge 2). En düşük kuraklık tolerans indeksi Özkaynak çeşidinde elde edilmiştir. Artan kuraklık seviyeleri kuraklığa karşı toleransı olumsuz etkilemiştir.

4. Tartışma

Çalışmada, kuraklık stresindeki artışla birlikte, tüm yem bezelyesi çeşitlerinin tohumlarının su alma oranında kademeli bir azalma olduğu gözlenmiştir. Bu azalmanın, suyun yüksek basınçlı ortamdan PEG-6000 tarafından oluşturulan düşük basınçlı ortama hareketinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kuru tohumlar ve saf su (kontrol uygulaması) arasındaki su basıncı farkı, suya PEG-6000 gibi herhangi bir çözünen maddenin eklenmesiyle hızla azalır. Tohum ile bulunduğu ortam arasındaki su basıncı farkının azalması, tohumların çimlenmek için ihtiyacı olan suyu almasını engellemektedir (Achakzai, 2009). Tohumlar zor çevre şartlarına karşı yüksek dirence sahipken, çimlenme ve fide gelişimi dönemi bir bitkinin yaşam döngüsünde en hassas evredir. Benzer sonuçlar mısır fasulyesi ile çalışan Akhter (1985), ayık ile çalışan Batool (1988) ve mısır ile çalışan Achakzai (2009) tarafından da ifade edilmiştir. PEG-6000 konsantrasyonları ile muamele edilmiş yem bezelyesi çeşitlerinde çimlenmenin başlangıcında ve bitişinde ciddi bir gecikme gözlenmiştir. Çimlenme ortamında meydana gelen strese tepki olarak görülen azalma, çeşitlere göre farklılık göstermiştir. Bu sonuç Bernstein (1961) tarafından da ifade edildiği gibi, kuraklık stresine

karşı tolerans alt ve üst sınırlarındaki farklılıklardan kaynaklanıyor olabilir. Çimlenmenin tohumun su almada yaşadığı zorluk sebebi ile gecikmesi beklenen bir sonuçtur. Artan kuraklık seviyelerinin tohumda çimlenme oranını azalttığı farklı bitkiler ile çalışan başka araştırmacılar tarafından da ifade edilmiştir (Toosi ve ark., 2014; Avcı ve ark., 2018). Kuraklığa dayanıklılıkta görülen artış ile birlikte hassas olan çeşitlere göre daha fazla radikula ve plumula uzunluğu ve biyokütle oluşumu görülmüştür. Bu çalışmada, PEG-6000 tarafından oluşturulan kuraklık streslerindeki artışla birlikte fide gelişiminde bir azalma gözlenmiştir. Bu sonuçlar yem bezelyesinde (Gamze ve ark., 2005), buğday ve mısırdaki (Nayar ve Gupta, 2006), yoncada (Safarnejad, 2008) ve mısır fasulyesinde (Priyanka ve ark., 2011) elde edilen sonuçlar ile uyumludur. Osmotik basınçtaki artışla birlikte plumula uzunluğu azalmıştır. Kramer (1983)'e göre su eksikliği sebebi le görülen ilk olumsuz tepki hücre büyümesindeki gerilemedir. Hücrenin gelişmesi susuzluğa karşı çok duyarlıdır. Araştırmada plumula uzunluğu, tüm PEG-6000 uygulamalarında ve tüm çeşitlerde azalmıştır. Benzer sonuçlar darıda (Radhouane, 2007), kolzada (Toosi ve ark., 2014) ve sorgumda (Avcı ve ark., 2015) elde edilmiştir. PEG-6000 konsantrasyonundaki artışla birlikte fide yaş ağırlığı azalmıştır. 250 g/l PEG-6000 uygulamasında buğdayda (Khan ve ark., 2013; Khan ve ark., 2019) ve sorgumda (Bibi ve ark., 2012) en düşük fide yaş ağırlıkları elde edilmiştir. Fide kuru ağırlığı da benzer bir eğilim göstermiş, artan PEG-6000 konsantrasyonu ile birlikte azalmıştır. Pirinç ve mısırdaki yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir (Anaytullah, 2007; Dezfule ve ark., 2008; Toosi ve ark., 2014).

PEG-6000 tarafından oluşturulan osmotik stres ve sıcaklık gibi birçok etken de dahil olmak üzere vigor indeks testleri, bir tohum potansiyel performansını daha doğru bir şekilde yansıtan fizyolojik bir test yöntemidir (Milosevic ve ark., 2010; Uslu ve Gedik, 2019). Fidenin vigor indeksi yani canlılığı ve gücü su stresine karşı oldukça duyarlıdır. PEG-6000 konsantrasyonundaki artışla birlikte vigor indeks olumsuz yönde etkilenmiştir. En düşük vigor indeks değeri -5.3 bar uygulamasında elde edilmiştir. Gongping ve ark. (2000), bitkinin oksijen konsantrasyonunun iyileşmesi ile vigor indeks değerinin artacağını, canlılığın aktif oksijen metabolizması ile ilgili olduğunu öne sürmüştür. PEG-6000 stresi ortamdaki oksijen açığını arttırarak fidenin vigor indeks değerini azaltmıştır (Mexal ve ark., 1975).

Benzer sonuçlar Lo'pez ve ark. (2009) ve Ahmadloo ve ark. (2011) tarafından da ifade edilmiştir. Farklı PEG-6000 konsantrasyonlarına bağlı olarak çeşitlerin kuraklık tolerans indeksleri arasında önemli derecede varyasyon saptanmıştır. Bu değerler, her çeşidin kuraklık stresine karşı farklı tepkiler gösterdiğini ve tolerans kapasitelerinin farklı olduğunu göstermektedir. Ahmad ve ark. (2009) ayçiçeğinde, Datta ve ark. (2011) buğdayda ve Tsago ve ark. (2013) sorgumda yaptığı çalışmalarda benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

5. Sonuç

Kuraklık, bitkilerin karşılaştığı en önemli abiyotik stres faktörlerinden birisidir. Tohum çimlenmesinin engellenmesi ya da gecikmesi, zayıf fide büyümesi ve gelişmesine sebep olabilecek ciddi bir kısıttır. Araştırma sonucunda, incelenen tüm özellikler açısından artan kuraklık şiddetinin olumsuz etkiye neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Çimlenme ve fide gelişimi açısından çeşitlerin kuraklığa karşı toleransı farklılık göstermiştir. Çimlenme oranı açısından -5.3 bar kuraklık seviyesi haricindeki tüm uygulamalar (kontrol uygulaması da dahil) aynı grupta yer almıştır. İncelenen yem bezelyesi çeşitlerinin farklı kuraklık seviyelerinde çimlenme oranları arasında önemli bir fark olmamakla birlikte, erken fide gelişimi açısından aynı özellikleri göstermediği görülmüştür. Fide gelişimi açısından ön plana çıkan ve çimlenme indeksi, vigor indeksi ve kuraklık tolerans indeksi gibi özellikler açısından en yüksek değerlerin elde edildiği Violetta çeşidinin kuraklık stresine en çok toleranslı, Özkaynak çeşidinin ise en hassas yem bezelyesi çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Ek: Bu makale 5-9 Mart 2020 tarihleri arasında Tunus Hammamet'te düzenlenen "III. International Agriculture Congress" adlı etkinlikte sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti kongre bildiri özet kitabında basılmış bildirinin tamamlanmış halidir

6. Kaynaklar

Abdul-Baki, A.A., Anderson, J.D., 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science* 13:630-633.

Achakzai, A.K.K., 2009. Effect of water stress on imbibition, germination and seedling growth of

maize cultivars. *Sarhad J Agric.* 25(2):165-172.

- Ahmad, S., Ahmad, R., Ashraf, M.Y., Ashraf, M., Waraich, E., 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. *Pak J Bot.* 41:647-654.
- Ahmadloo, F., Tabari, M., Behtari, B., 2011. Effect of drought stress on the germination parameters of *Cupressus* seeds. *International Journal of Forest, Soil and Erosion* 1(1):11-17.
- Akhter, S., 1985. Effects of water stress on germination of four varieties of mungbean (*Vigna mungo* L.) Hepper] M.Sc. Thesis Bot. Deptt. Univ. Balochistan, Quetta, Pakistan.
- Almansouri, M., Kinet, J.M., Lutts, S., 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil* 231:243-254.
- Anaytullah, B.B., Yadav, R.S., 2007. PEG induced moisture stress: screening for drought tolerance in rice. *Indian J Plant Physiol* 12(1):88-90.
- Anonim, 2014. SAS Institute Inc., SAS/STAT User's Guide, Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Aslan, H., Atış, İ., 2018. Bazı yaygın mürdümük çeşitlerinde kuraklık stresinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 23(2):218-231.
- Atış, İ., 2011. Bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişimi üzerine tuz stresinin etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 6(2):58-67.
- Avcı, S., İleri, O., Kaya, M.D., 2015. Determination of genotypic variation among Sorghum cultivars for seed vigor, salt and drought stresses. *Journal of Agricultural Science* 23:335-343.
- Avcı, S., Şahan, S., Kaya, M.D., 2018. Determination of salt-stress response in forage pea cultivars during germination and early seedling growth. *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies.* 2-5 April 2018, Çeşme, İzmir. s. 88-94.
- Babu, K., Rosaiah, G., 2017. A study on germination and seedling growth of Blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper) germplasm against polyethylene glycol 6000 stress. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 12(5):90-98.
- Batool, S.A., 1988. Effects of water stress on germination and seedling growth of eight species of *Agropyron*. M.Sc. Thesis Bot. Deptt. Univ. Balochistan, Quetta, Pakistan.
- Bernstein, L., 1961. Osmotic adjustment of plants to saline media. I. Steady state. *American Journal of Botany* 48:909-918.

- Bibi, H., Sadaqat, A., Tahir, M.H.N., Akram, H.M., 2012. Screening of sorghum (*Sorghum bicolor* var moench) for drought tolerance at seedling stage in polyethylene glycol. The J Animal Plant Scien 22(3):671-678.
- Bilgili, D., Atak, M., Mavi, K., 2018. Bazı ekmeklik buğday genotiplerinde tuz ve kuraklık stresinin çimlenme ve fide gelişimine etkisi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 23(1):85-96.
- Çalıkoğlu, M., Tilki, F., 2002. Orman ağacı tohumlarında çimlenme-su stresi ilişkisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 52(1):77-88.
- Çırak, C., Esendal, E., 2006. Soyada kuraklık stresi. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi 21(2):231-237.
- Datta, J.K., Mondal, T., Banerjee, A., Mondal, N.K., 2011. Assessment of drought tolerance of selected wheat cultivars under laboratory condition. J Agril Tech. 7(2):383-393.
- De Leonardis, A.M., Marone, D., Mazzucotelli, E., Neffar, F., Rizza, F., Di Fonzo, N., Cattivelli, L., Mastrangelo, A.M., 2007. Durum wheat genes up-regulated in the early phases of cold stress are modulated by drought in a developmental and genotype dependent manner. Plant Science 172(5):1005-1016.
- Dezfuli, P.M., Sharif-zadeh, F., Janmohammadi, M., 2008. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize inbred lines (*Zea mays* L.). J. Agric. Biol. Sci. 3:22-25.
- Ellis, R.H., Roberts, E.H., 1980. Towards a rational basis for seed testing seed quality. (Ed. P. Hebblethwaite). Seed Production. Butterworths, London, pp.605-635.
- Fallahi, H.R., Fadaeian, G., Gholami, M., Daneshkhan, O., Hosseini, F.S., Aghhavan-Shajari, M., Samadzadeh, A., 2015. Germination response of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and arugula (*Eruca sativa* L.) to osmotic and salinity stresses. Plant Breeding and Seed Science 71:97-108
- Gamze, O., Mehmet, D.K., Mehmet, A., 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture 29:237-242.
- Gongping G.U., GuoRong W.U., ChangMei L., ChangFang Z., 2000. Effects of PEG priming on vigor index and activated oxygen metabolism in soybean seedlings. Chinese J Oil Crop Sci. 22(2):26-30.
- Gürbüz, A., Kaya, M., Divanlı Türkan, A., Kaya, G., Kaya, M.D., Çiftçi, C.Y., 2009. Bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinde tane iriliği ve kuraklık stresinin çimlenme özelliklerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 22(1):69-74.
- Kaufman, M.R., Eckard, A.N., 1971. Evolution of stress control by polyethylene glycols by analysis of gulation. Plant Physiology 47:453-456.
- Khajeh-Hosseini, M., Powell, A.A., Bingham, I.J., 2003. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. Seed Sci.&Technol 31:715-725.
- Khan, M.A., Kashmir, S., Ali, H.H., Gul, B., Raza, A., Umm-E-Kulsoom, U., Uslu, O.S., Waheed, H., 2019. Environmental Factors Can Affect the Germination and Growth of *Parthenium hysterophorus* and *Rumex crispus*. Pakistan Journal of Botany. 51(6), DOI: [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2019-6\(7\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2019-6(7)).
- Khan, M.I., Shabbir, G., Akram, Z., Shah, M.K.N., Ansar, M., Cheema, N.M., Iqbal, M.S., 2013. Character association studies of seedling traits in different wheat genotypes under moisture stress conditions. SABRAO Journal of Breeding and Genetics 45(3):458-467.
- Kramer, P.J., 1983. Water Relations of Plants. International Review of Cytology 85:253-286
- López, R., Aranda, I., Gil, L., 2009. Osmotic adjustment is a significant mechanism of drought resistance in *Pinus pinaster* and *Pinus canariensis*. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 18(2):159-166.
- Mackay, W.A., Davis, T.D., Sankhla, D., 1995. Influence of scarification and temperature treatments on seed germination of *Lupinus havardii*. Seed Sci. Tech. 23:815-821.
- Maquire, J.D., 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2:176-177.
- Mexal, I., Fisher, I.T., Osteryoung, I., Patrick Reid, C.P., 1975. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. Plant Physiology 55:20-24.
- Michel, B.E. and Kaufmann, M.R., 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology 51:914-916.
- Milosevic, M., Vujakovic, M., Karagic, D., 2010. Vigour tests as indicators of seed viability. Genetika 42:103-118.
- Mut, Z., Akay, H., 2010. Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science 16(4):459-467.
- Nayar, H., Gupta, D., 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. Envir Exp Bot. 58:106-113.
- Piowarczyk, B., Kaminska, I., Rybinski, W., 2014. Influence of PEG generated osmotic stress on shoot regeneration and some biochemical parameters in *Lathyrus* culture. Czech Journal Genetic Plant Breed 50(2):77-83.
- Priyanka, S., Rizwan, M., Bhatt, K.V., Mohapatra, T., Govind S., 2011. In-vitro response of *Vigna*

- aconitifolia* to drought stress induced by PEG-6000. Journal of Stress Physiology and Biochemistry 7(3):108-121.
- Radhouane, L., 2007. Response of Tunisian autochthonous pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. African Journal of Biotechnology 6:1102-1105.
- Safarnejad, A., 2008. Morphological and biochemical response to osmotic stress in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Pak J Bot. 40(2):735-746.
- Saxena, N.P., Johansen, C., Saxena, M.C., Silim, S.N., 1993. Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legumes (Ed. KB. Singh, MC. Saxena). Breeding for Stress Tolerance in Cool-Season Food Legumes. United Kingdom, pp. 245-270.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., 1980. Principles and procedures of statistic. A biometric approach. Mc Graw-Hill, New York. NY.
- Toosi, A.F., Bakar, B., Azizi, M., 2014. Effect of Drought Stress by Using PEG 6000 on Germination and Early Seedling Growth of *Brassica juncea* var. Ensabi. Scientific Papers. Series A. Agronomy Vol. LVII, 360-363.
- Tsago, Y., Andargie, M., Takele, A., 2013. In Vitro screening for drought tolerance in different sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) varieties. Journal of Stress Physiology & Biochemistry 9(3): 72-83.
- Uslu, Ö.S. ve Gedik, O., 2020. Bazı fiğ (*Vicia* sp.) türlerinin tuzluluğa karşı toleransı üzerine bir araştırma. Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi 2:1-10.
- Uslu, Ö.S., Gedik, O., 2019. Akdeniz İkliminde Yetiştirilen Triticalenin Tuzluluğa Karşı Toleransının Araştırılması. III. International Mediterranean Forest and Environment Symposium, 191-196, Kahramanmaraş.
- Van der Berg, L., Zeng, Y.J., 2006. Response of South African indigenous grass species to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. South African Journal of Botany 72:284-286.
- Verslues, P.E., Bray, E.A., 2004. LWR1 and LWR2 are required for osmoregulation and osmotic adjustment in Arabidopsis. Plant Physiol 136:761-764.
- Wang, Y.R., Yu, L., Nan, Z.B., Liu, Y.L., 2004. Vigor tests used to rank seed lot quality and predict field emergence in four forage species. Crop Science 44(2):535-541.
- Wilson, D.R., Jamieson, P.D., Jermyn, W.A., Hanson, R., 1985. Models of growth and water use of field pea (*Pisum sativum* L.). In: (ed. Hebblethwaite, P.D., M.C. Heath and T.C.K. Dawkins) The Pea Crop. Butterworths London, UK.