

## Mercimek Çeşitlerinin Yüksek Sıcaklıklara Tepkileri: Tohum Çimlenmesi ve Fide Çıkışı\*

Ali ÖZTÜRK<sup>1\*</sup>, Aleyna DUMLU<sup>1</sup>, Hasan KARTAY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)e-posta: [aoszturk@atauni.edu.tr](mailto:aoszturk@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi: 14.02.2024 Düzeltme Geliş Tarihi: 08.03.2024 Kabul Tarihi: 11.03.2024

### ÖZ

Tohum çimlenme ve fide çıkış dönemlerindeki yüksek sıcaklıklar mercimeğin fide gelişimi ve tane veriminde önemli azalmalara neden olabilir. Laboratuvar koşullarında yürütülen bu araştırmada 16 mercimek çeşidi artan sıcaklıklarda (20, 25, 30, 35, 40, 45 °C) tohum çimlenmesi ve fide gelişim özellikleri yönünden değerlendirilmiştir. Çalışmada incelenen tüm özellikler bakımından çeşitler arasında önemli farklar belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıklar incelenen çimlenme ve fide gelişim özelliklerini olumsuz etkilemiş, bu özellikler yönünden çeşit x sıcaklık etkileşimleri önemli bulunmuştur. Hiçbir çeşitte 40 ve 45 °C uygulamalarında çimlenme; 35, 40 ve 45 °C uygulamalarında çıkış olmamıştır. Çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, çimlenme süresi, çimlenme güç indeksi, çıkış yüzdesi, çıkış indeksi, çıkış süresi ve çıkış güç indeksi ölçütleri esas alınarak, Gümrah, Emre 20 ve Meyveci 2001 çeşitleri çimlenme ve çıkış dönemlerindeki yüksek sıcaklıklara en dayanıklı olarak tanımlanmıştır. Bu çeşitler, ekim zamanında toprak sıcaklığı yüksek olan çevrelerde verim avantajı sağlayabilir ve ilgili ıslah programlarında ebeveyn olarak kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Çıkış güç indeksi, Çimlenme güç indeksi, *Lens culinaris* Medik., Stres

## Responses of Lentil Varieties to High Temperatures: Seed Germination and Seedling Emergence

### ABSTRACT

High temperatures at seed germination and seedling emergence stages significantly reduce plant establishment and grain yield of lentils. This study was conducted under laboratory conditions and 16 lentil cultivars were evaluated for seed germination and seedling emergence traits under increasing temperatures (20, 25, 30, 35, 40, 45 °C). Significant differences were identified among the lentil cultivars in terms of the investigated traits in the study. High temperatures negatively affected the germination and emergence traits investigated, and variety x temperature interactions were found to be important in terms of these traits. In any cultivar, germination was not observed at 40 and 45 °C treatments; there was no emergence at 35, 40, and 45 °C. Based on germination percentage, germination index, germination time, germination vigor index, emergence percentage, emergence index, emergence time, and emergence vigor index criteria, Gümrah, Emre 20, and Meyveci 2001 cultivars were identified as the most resistant to high temperatures at germination and emergence stages. These varieties can provide yield advantages in environments with high soil temperatures at sowing time and can be used as parents in relevant breeding programs.

**Key Words:** Emergence vigor index, Germination vigor index, *Lens culinaris* Medik., Stress

### GİRİŞ

Mercimek, en eski kültür bitkilerinden birisi olup insan beslenmesi, hayvan besleme ve toprak verimliliğindeki rolleri nedeniyle önemli bir yemelik baklagil bitkisidir. Dünyada en fazla Kanada, Hindistan, Avustralya, Türkiye, Nepal ve ABD’de üretilir ve dünya mercimek ekim alanı 2000 yılına göre % 41.8 artarak 5

503 604 ha'a ulaşmıştır (Anon., 2022a). Aynı dönemde Türkiye'deki mercimek ekim alanı ise % 27.4 azalarak 342 637 ha'a gerilemiştir (Anon., 2022b). Çeşitlere göre 100 g kuru mercimek tanesi 55-65 g karbonhidrat, 15.9-31.4 g protein, 1.5-4.0 g lif içerir; bazı mineraller (K, P, Fe, Mg, Zn) ve vitaminler (C, B, thiamin, riboflavin) bakımından önemli bir besin kaynağıdır (Wang ve ark., 2009; Rawal ve Navarro, 2019). Mercimeğin taneleri alındıktan sonra geriye kalan bitki aksamı besin değeri yüksek önemli bir hayvan yemidir (Özdemir, 2006). Mercimek ayrıca, azot fiksasyon ve karbon tutma kabiliyetleri nedeniyle toprağın besin durumunu iyileştirir ve tahıllarla ekim nöbetine girdiği alanlarda sürdürülebilirliğe önemli katkı sağlar (Hojjat ve Galstayan, 2012; Foti ve ark., 2019).

Mercimek genellikle kuru tarım koşullarında yetiştirilen, vejetatif gelişme döneminde düşük sıcaklıklara ihtiyaç duyan ve yüksek sıcaklıklara duyarlı olan bir serin iklim bitkisidir (Bhandari ve ark., 2017; Sita ve ark., 2017; Venugopalan ve ark., 2021). Serin iklim bitkileri için 25 °C eşik değer olup, yüksek sıcaklığın etkileri sıcaklık derecesine, stres süresine, bitki gelişme dönemine ve genotipe göre değişir (Wahid ve ark., 2007; Bhandari ve ark., 2017; Sita ve ark., 2017). Hafif sıcaklık stresinde genellikle bitkide karbon asimilasyonu, solunum ve transpirasyon gibi temel süreçler olumsuz etkilenecek metabolik etkinlik azalır, daha az sayıda ve daha küçük vejetatif organlar oluşur, gelişme hızlanır, yapraklar su kaybeder, stomalar kapanır, vejetasyon süresi kısalmış ve asimilasyon miktarı düşer (Maestri ve ark., 2002; Driedonks ve ark., 2016; Sita ve ark., 2017). Orta düzeyli stres süresi uzadığında, şiddetli stres ise dakikalar içerisinde hücresel organizasyonun bozulmasına, hücrelerin zarar görmesine ve ölüme neden olur. Yüksek sıcaklık stresinin doğrudan zararları protein denatürasyonu ve agregasyonu ile membran yağlarında bozulmalar; dolaylı zararları ise mitokondri ve kloroplastlardaki enzimlerin inaktivasyonu, protein sentezinin engellenmesi, proteinlerin indirgenmesi ve membran bütünlüğünün kaybolması olarak ortaya çıkar (Howarth, 2005; Wahid ve ark., 2007).

Çimlenme ve çıkış, bitki hayat devresindeki önemli gelişme dönemlerinden olup, genotiplerin geniş sıcaklık değişim aralığında çimlenebilme ve çıkış özelliği, erken ve tam fide tesisi bakımından kritik öneme sahiptir (Makkawi ve ark., 2008; Das ve Islam, 2018; Rich ve ark., 2022). Yüksek sıcaklık stresinin solunum hızını artırarak tohumdaki besin rezervlerini azalttığı, embriyo canlılığı, enzim aktivitesi ve rezervlerin embriyoya taşınmasını olumsuz etkileyerek çimlenme oranını düşürdüğü, metabolik bozulmalara neden olarak sürme gücünü azalttığı, fide gelişmesini zayıflattığı ve toprak kaynaklı hastalıklara duyarlılığı artırdığı belirlenmiştir (Singh ve Dhaliwal, 1972; Lafond ve Fowler, 1989; Wahid ve ark., 2007; Watt ve Bloomberg, 2012). Mercimek genotiplerinde minimum, optimum ve maksimum çimlenme sıcaklıkları sırasıyla 2.5 °C, 24.0-24.4 °C ve 31.8-34.4 °C (Covell ve ark., 1986), fide çıkışı sıcaklıkları ise sırasıyla 4.5 °C, 20-29 °C ve 40 °C (Safahani ve ark., 2017) olarak tespit edilmiştir. Hojjat ve Galstayan (2012), mercimek genotiplerinde optimum çimlenme sıcaklığını 20 °C olarak belirlemişler ancak, genotiplerin orijinleri ile ilişkilendirerek önemli genotip x sıcaklık interaksiyonuna dikkat çekmişlerdir. Hamdi ve ark. (2019), mercimek çeşitlerinde çimlenme gücü, sürgün uzunluğu, tohum güç indeksi ve fide güç indeksinin 30 °C'de kontrole (20 °C) göre önemli derecede azaldığını belirlemişlerdir.

Mercimek genotiplerinde yüksek sıcaklıklara tohum çimlenmesi ve fide çıkışı tepkisinin incelenmesi ve genetik çeşitliliğin belirlenmesi gıda arz güvenliği açısından önemlidir. Mercimekte yüksek sıcaklıklara tolerans yönünden genetik potansiyel mevcuttur ve bu potansiyel henüz tam olarak ortaya konmamıştır (Delahunty ve ark., 2015). Optimum üstü sıcaklıklarda da yüksek çimlenme ve çıkış oranlarını koruyabilen mercimek genotiplerini belirlemek ve yüksek sıcaklıklara toleranslı yeni çeşitler ıslah etmek, verim istikrarı açısından en ümit verici stratejidir (Delahunty, 2021; Basu ve ark., 2022). Bu çalışmada, mercimek çeşitlerinin çimlenme ve çıkış dönemlerindeki yüksek sıcaklıklara tepkileri incelenmiş, genetik çeşitliliğin belirlenmesine çalışılmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Bu araştırma, Ocak-Eylül 2023 döneminde, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarlarında, iki ayrı deneme halinde, tam şansa bağlı deneme planında faktöriyel düzenlemeye göre üç tekrarlı yürütülmüştür. Birinci faktörü 16 mercimek (*Lens culinaris* Medik.) çeşidi, ikinci faktörü ise altı sıcaklık düzeyi [20, 25, 30, 35, 40, 45 (±1)°C] oluşturmuştur. İlgili araştırma enstitülerinden temin edilen, tane tipleri ve 1000 tane ağırlıkları belirtilen Altıntoprak (kırmızı, 30.9 g), Çağıl (kırmızı, 31.3 g), Çiftçi (kırmızı, 40.5 g), Emre 20 (kırmızı, 34.7 g), Fırat 87 (kırmızı, 37.4 g), Kafkas (kırmızı, 33.6 g), Seyran 96 (kırmızı, 31.2 g), Tigris (kırmızı, 26.2 g), Ankara Yeşili (pul, 62.7 g), Bozok (pul, 77.0 g), Karagül (pul, 76.2 g), Kayı 91 (pul, 50.4 g), Meyveci 2001 (pul, 74.9 g), Sultan 1 (pul, 65.6 g), Ceren (yeşil, 35.9 g) ve Gümrah (yeşil, 51.9 g) çeşitleri kullanılmıştır. Çeşitlerin 2021 veya 2022 yılına ait tohumluklarında yabancı maddeler, gözle görünür zarar görmüş, hastalıklı ve cılız tohumlar ayıklanmış ve 1000 tane ağırlığı belirlenmiştir. Tohumlar sterilizasyon için önce % 1.5'lik sodyum hipoklorit solüsyonunda 5 dakika, daha sonra saf suda 5 dakika bekletilmiş, ayrıca fungus gelişmesini engellemek için sulama suyuna 0.5 g L<sup>-1</sup> Antracol ilave edilmiştir.

Birinci denemede, çeşitlerin yüksek sıcaklıklara çimlenme tepkileri araştırılmıştır. Çapları 14 cm olan cam Petri kapları içerisine iki kat Whatman filtre kağıdı konmuş, her tekerrürde filtre kağıtları üzerine eşit aralıklarla

40 adet tohum yerleştirilmiştir. Her Petri kabına 10 ml saf su konmuş, buharlaşma ile su kayıpları 24 saatte bir saf su ilavesi ile giderilmiştir. Petri kapları 20, 25, 30, 35, 40 ve 45 °C sabit sıcaklığa ayarlı çimlendirme kabinlerine yerleştirilmiş, kabin içi sıcaklığı dijital termometre ile kontrol edilmiş ve karanlık ortamda 10 gün bekletilmiştir. Kökçük uzunluğu en az 2 mm olan tohumlar çimlenmiş kabul edilmiş (AOSA, 1993), çimlenen tohum sayısı 24 saat ara ile kaydedilmiştir. Her tekrar için [(Çimlenen tohum sayısı / Toplam tohum sayısı) x 100] formülü kullanılarak, onuncu gün sonundaki sayımlardan çimlenme %'si hesaplanmıştır. Onuncu gün sonunda şansa bağlı seçilen 10 fidenin kök ve sürgün uzunlukları cetvel ile ölçülmüş, kök ve sürgünler 1 mg duyarlı terazide tartılarak yaş ağırlık belirlenmiştir.

İkinci denemede, çeşitlerin yüksek sıcaklıklara fide çıkışı tepkileri incelenmiştir. Plastik kasaların (30 x 50 x 10 cm) içi ticari torf ile doldurulmuş, 5 cm aralıklı ve 3 cm derinlikte açılan çizilere her tekrerde 25 tohum eşit aralıklı olacak şekilde ekilmiş ve tohumların üzeri özenle kapatılmıştır. Ekim işleminden sonra, yeterince su verilen kasalar 20, 25, 30, 35, 40 ve 45 °C sabit sıcaklığa ayarlı kabinlere yerleştirilmiş ve kabin içi sıcaklığı dijital termometre ile kontrol edilmiştir. Kasalar ihtiyaç oldukça sulanmış, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık koşullarda 14 gün bekletilmiştir. İlk yaprakları toprak yüzeyinde görünen fideler çıkış yapmış kabul edilmiş, çıkış yapan fide sayısı 24 saat ara ile kaydedilmiştir. Her tekrar için [(Çıkış yapan fide sayısı / Toplam tohum sayısı) x 100] formülü kullanılarak, 14. gün sonundaki sayımlardan çıkış %'si hesaplanmıştır. Her tekrarda 14. gün sonunda şansa bağlı seçilen 10 fidede toprak yüzeyinden sürgün ucuna kadar olan kısım ölçülerek fide boyu belirlenmiş, yapraklar sayılmış, fideler 1 mg duyarlı terazide tartılarak yaş ve kuru (70 °C'de 48 saat kurutulmuş) ağırlık belirlenmiştir.

Ortalama çimlenme/çıkış süresi Ellis ve Roberts (1981), çimlenme/çıkış indeksi ve çimlenme güç indeksi Gupta (1993), çıkış güç indeksi ise Tanveer ve ark. (2010) tarafından önerilen formüller ile hesaplanmıştır.

Çimlenme/çıkış süresi (gün) =  $\Sigma (n \times d) / \Sigma n$

Çimlenme/çıkış indeksi =  $\% n/d_1 + \% n/d_2 + \dots + \% n/d_{10}$

Çimlenme güç indeksi = (Kök uzunluğu + Sürgün uzunluğu) x Çimlenme yüzdesi

Çıkış güç indeksi = Fide boyu x Çıkış yüzdesi

(n: sayım gününde çimlenen/çıkış yapan tohum sayısı, d: sayımın yapıldığı gün sayısı)

Çimlenen tohum veya çıkış yapan fide sayısının 10'dan az olduğu uygulamalarda ölçümler mevcut fidelerde yapılmıştır. Birinci denemede 40 ve 45 °C sıcaklıklarda hiçbir çeşitte çimlenme olmamış, 35 °C uygulamasında fungal gelişme nedeniyle kök ve sürgün ağırlıkları belirlenememiştir. İkinci denemede ise 35, 40 ve 45 °C sıcaklıklarda hiçbir çeşitte çıkış olmamış, bu uygulamalar varyans analizlerine dahil edilmemiştir. Varyans analizleri RStudio (2020) istatistik analiz programı ile yapılmış, ortalamalar arasındaki farklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile kontrol edilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Yüksek sıcaklıklara maruz bırakılan mercimek çeşitlerinin çimlenme ve çıkış karakterlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur. İncelenen tüm karakterler bakımından çeşitler arasındaki farklar ile sıcaklık düzeylerinin bu karakterlere etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca, çeşitler sıcaklıklara farklı tepkiler göstermiş ve incelenen karakterler bakımından "çeşit x sıcaklık" interaksiyonları önemli çıkmıştır.

Çizelge 1. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde tohum çimlenmesi ve fide çıkışı ile ilgili karakterlere etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Karakterler	Varyasyon kaynakları ve F değerleri				Varyasyon katsayısı (%)
	Çeşit (Ç)	Sıcaklık (S)	Ç x S		
Çimlenme yüzdesi	21.10***	4480.18***	14.61***		5.79
Çimlenme indeksi	30.34***	2182.55***	8.22***		9.86
Kök uzunluğu	7.75***	1047.76***	3.64***		15.69
Sürgün uzunluğu	23.95***	1301.73***	4.78***		12.17
Kök yaş ağırlığı	24.35***	323.99***	7.69***		11.27
Sürgün yaş ağırlığı	24.70***	391.68***	8.99***		12.98
Çimlenme süresi	169.73***	1055.99***	167.98***		6.77
Çimlenme güç indeksi	6.73***	1899.57***	3.17***		12.11
Çıkış yüzdesi	13.77***	877.77***	12.68***		8.98
Çıkış indeksi	13.13***	472.37***	4.17***		15.23
Fide boyu	8.35***	127.19***	2.41***		12.34
Yaprak sayısı	4.12***	178.62***	2.84***		12.14
Fide yaş ağırlığı	18.33***	166.08***	2.89***		14.44
Fide kuru ağırlığı	20.32***	118.98***	6.22***		16.59
Çıkış süresi	14.71***	263.78***	5.94***		8.94
Çıkış güç indeksi	11.19***	447.97***	4.39***		16.19

\*\*\* ile işaretli F değerleri 0.001 hata ihtimali düzeyinde önemlidir.

### Çimlenme yüzdesi ve Çimlenme indeksi

Çalışmada, sıcaklıkların ortalaması olarak mercimek çeşitlerinin çimlenme yüzdeleri % 63.3 (Ankara Yeşili) ile % 84.2 (Gümrah) arasında değişmiştir. Çimlenme yüzdesi, çeşitlerin ortalaması olarak 20, 25, 30 ve 35 °C'de sırasıyla % 98.3, 98.8, 86.9 ve 12.4 olarak tespit edilmiş; çeşitlere göre 20 °C'de % 94.2 -100.0, 25 °C'de 96.7-100.0, 30 °C'de % 53.3-97.5, 35 °C'de ise % 0.0-43.3 arasında olmuştur (Çizelge 2). Diğer araştırma (Hojjat ve Galstayan, 2012; Hamdi ve ark., 2019) sonuçlarıyla benzer olarak, çimlenme yüzdesi bakımından mercimek çeşitleri arasında önemli farklar bulunmuş, yüksek sıcaklıklarda çimlenme yüzdesi azalmış ve çeşitler sıcaklıklara farklı tepkiler göstermiştir. Nitekim, 35 °C'de dört çeşitte hiç çimlenme olmamışken, 12 çeşitte % 2.5 ile 43.3 arasında çimlenme yüzdesi belirlenmiştir (Çizelge 2). Covell ve ark. (1986), mercimek genotiplerinde 35 °C'de hiç çimlenme olmadığını bildirmesine karşılık, bu çalışmada Gümrah, Emre 20 ve Meyveci 2001 çeşitleri aynı sıcaklıkta sırasıyla % 43.3, 37.5 ve 30.8 çimlenerek dikkat çekmiştir.

Çizelge 2. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde çimlenme yüzdesi ve çimlenme indeksine etkisi.\*

Çeşitler	Çimlenme yüzdesi (%)					Çimlenme indeksi				
	Sıcaklıklar (°C)					Sıcaklıklar (°C)				
	20	25	30	35	Ortalama	20	25	30	35	Ortalama
Altıntoprak	95.8 ab	97.5 ab	93.3 ab	7.5 jk	73.5 de	62.0 d-g	71.3 b	42.4 opq	1.6 v	44.3 cd
Çağıl	96.7 ab	98.3 ab	97.5 ab	0.0 k	73.1 de	57.9 f-j	62.9 c-f	46.8 mno	0.0 v	41.9 de
Çiftçi	98.3 ab	100.0 a	90.8 b	17.5 h	76.7 cd	50.7 j-n	58.7 e-i	37.4 pqr	3.8 uv	37.6 fg
Emre 20	100.0 a	100.0 a	95.0 ab	37.5 ef	83.1 a	58.8 e-i	78.3 a	54.7 g-l	10.6 tu	50.6 a
Fırat 87	97.5 ab	96.7 ab	96.7 ab	5.0 jk	74.0 de	57.1 f-k	61.8 d-g	46.6 mno	1.3 v	41.7 de
Kafkas	100.0 a	96.7 ab	90.8 b	0.0 k	71.9 ef	49.0 l-o	46.7 mno	24.5 s	0.0 v	30.0 i
Seyran 96	98.3 ab	96.7 ab	90.8 b	2.5 jk	72.1 ef	60.1 e-h	57.1 f-k	43.5 nop	0.4 v	40.3 ef
Tigris	99.2 ab	98.3 ab	97.5 ab	0.0 k	73.8 de	68.3 bcd	64.6 b-f	33.9 r	0.0 v	41.7 de
Ankara Yeşili	98.3 ab	99.2 ab	53.3 d	2.5 jk	63.3 h	57.4 f-j	48.8 l-o	15.8 t	0.4 v	30.6 i
Bozok	98.3 ab	99.2 ab	91.7 ab	25.0 g	78.5 bc	54.4 g-l	60.7 e-h	36.3 qr	10.4 tu	40.5 ef
Karagül	97.5 ab	99.2 ab	79.2 c	0.0 k	69.0 fg	52.0 i-m	54.4 g-l	23.4 s	0.0 v	32.5 hi
Kayı 91	94.2 ab	100.0 a	74.2 c	2.5 jk	67.7 g	53.5 h-m	51.2 i-m	23.4 s	0.6 v	32.2 hi
Meyveci 2001	99.2 ab	100.0 a	94.2 ab	30.8 fg	81.0 ab	62.8 c-f	62.6 c-f	49.6 k-o	9.6 tu	46.2 bc
Sultan 1	100.0 a	100.0 a	91.7 ab	10.0 ij	75.4 cde	59.9 e-h	65.8 b-e	36.7 pqr	2.5 v	41.2 de
Ceren	100.0 a	100.0 a	58.3 d	15.0 hi	68.3 fg	64.6 b-f	57.8 f-j	14.2 t	2.1 v	34.7 gh
Gümrah	100.0 a	98.3 ab	95.0 ab	43.3 e	84.2 a	56.8 f-k	69.6 bc	49.5 k-o	15.6 t	47.9 ab
Ortalama	98.3 a	98.8 a	86.9 b	12.4 c	74.1	57.8 b	60.8 a	36.2 c	3.7 d	39.6
Kırmızı	98.2	98.0	94.1	14.0	76.8	58.0	62.7	41.3	3.5	41.1
Pul	97.9	99.6	80.7	14.2	72.5	56.7	57.3	30.9	4.7	37.2
Yeşil	100.0	99.2	76.7	29.2	76.3	60.7	63.7	31.9	8.9	41.3

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

Çimlenme indeksi, tohumluğun hem çimlenme hızı hem de çimlenme yüzdesi ile ilgili olup, yüksek çimlenme indeksi yüksek tohum gücünün göstergesidir (Gupta, 1993; Kader, 2005). Sıcaklıkların ortalaması olarak çeşitlerin çimlenme indeksleri 30.0 ile 50.6 arasında değişmiş, Emre 20 çeşidi en yüksek, Kafkas çeşidi ise en düşük değere sahip olmuştur. Çeşitlerin ortalaması olarak çimlenme indeksinin 25 °C'de en yüksek, 35 °C'de en düşük olduğu tespit edilmiştir. Çimlenme indeksi bütün çeşitlerde 35 °C'de en düşük olmuş, yedi çeşit 20 °C'de, dokuz çeşit ise 25 °C'de en yüksek çimlenme indeksi sağlamıştır (Çizelge 2). Hızlı çimlenme ve yüksek çimlenme yüzdesi, başarılı bir fide gelişimi ve yüksek verimler için ön şart olup, stres koşullarına adaptasyon için genotiplerin bu özelliklerini geniş sıcaklık aralığında koruması istenir (Covell ve ark., 1986, Makkavi ve ark., 2008). Çimlenme yüzdesi ve çimlenme indeksi yönünden önemli genotipik varyasyonlar ve çeşit x sıcaklık interaksiyonları, 35 °C'de bile yeterli düzeyde çimlenme yüzdesi ve hızına sahip genotipler yüksek sıcaklığa dayanıklı çeşitlerin seçimini ve bu çeşitlerin yüksek sıcaklıklara dayanıklı çeşit ıslah programlarında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

### Kök uzunluğu ve Sürgün uzunluğu

Sıcaklıkların ortalaması olarak mercimek çeşitlerinin kök uzunlukları 4.53 (Emre 20) ile 7.04 cm (Çağıl), sürgün uzunlukları ise 3.70 (Altıntoprak) ile 6.94 cm (Gümrah) arasında değişmiş, yüksek sıcaklıklarda kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu önemli derecede azalmıştır (Çizelge 3). En uzun kök 20 °C'de Tigris, en uzun sürgün ise 20 °C'de Ceren çeşidinde ölçülmüştür. Çeşitler, artan sıcaklıklara kök ve sürgün uzunluğu yönünden farklı tepkiler göstermiş, 35 °C'de Çağıl, Kafkas, Tigris ve Karagül çeşitlerinde kök ve sürgün çıkışı olmamıştır (Çizelge 3). Hamdi ve ark. (2019), kök ve sürgün uzunluğu bakımından mercimek çeşitleri arasında önemli farklar bulmuşlar ve çeşitlerin sıcaklıklara farklı tepkiler gösterdiklerine dikkat çekmişlerdir.

Çizelge 3. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde kök uzunluğu ve sürgün uzunluğuna etkisi.\*

Çeşitler	Kök uzunluğu (cm)					Sürgün uzunluğu (cm)				
	Sıcaklıklar (°C)					Sıcaklıklar (°C)				
	20	25	30	35	Ortalama	20	25	30	35	Ortalama
Altıntoprak	7.58 j-l	10.33 a-e	4.39 mno	0.20 p	5.63 c-g	5.97 h-l	5.56 i-m	2.97 pq	0.32 tu	3.70 g
Çağıl	10.61 abc	10.48 a-d	7.06 jkl	0.00 p	7.04 a	6.54 f-j	6.45 f-k	4.43 mno	0.00 u	4.36 ef
Çiftçi	11.07 ab	9.78 b-f	3.62mno	0.50 p	6.24 bc	6.34 g-k	6.49 f-k	4.70 mno	0.32 tu	4.46 def
Emre 20	7.31 jkl	7.15 jkl	2.75 o	0.91 p	4.53 h	7.98 cde	6.48 f-k	3.99 op	1.81 rs	5.06 c
Fırat 87	9.47 b-h	10.25 a-e	5.01 m	0.40 p	6.28 bc	6.64 f-i	7.26 efg	5.44 i-n	0.44 tu	4.94 cd
Kafkas	8.19 f-l	7.78 h-l	3.34mno	0.00 p	4.83 gh	8.99 bc	8.13 de	5.32 k-n	0.00 u	5.61 b
Seyran 96	8.70 e-j	7.91 g-l	4.05mno	0.56 p	5.30 d-h	6.07 g-k	6.65 f-i	3.90 op	0.44 tu	4.26 ef
Tigris	11.75 a	9.73 b-f	4.67 mn	0.00 p	6.54 ab	6.17 g-k	6.56 f-j	2.97 pq	0.00 u	3.92 fg
Ankara Yeşili	9.51 b-h	8.30 f-l	4.56 mn	0.34 p	5.69 c-f	7.02 e-h	6.24 g-k	3.92 op	0.56 tu	4.44 def
Bozok	6.82 kl	8.07 f-l	4.21mno	0.66 p	4.94 fgh	7.63 def	6.57 f-j	4.35 no	1.77 rs	5.08 c
Karagül	10.75 ab	8.05 f-l	3.71mno	0.00 p	5.62 c-g	6.57 f-j	7.05 e-h	5.37 j-n	0.00 u	4.75 cde
Kayı 91	10.41 a-d	9.27 c-i	3.42mno	0.42 p	5.88 b-e	9.50 b	7.98 de	5.31 k-n	0.54 tu	5.83 b
Meyveci 2001	9.60 b-g	8.80 d-j	4.92 m	0.54 p	5.97 bcd	8.75 bcd	8.11 cde	4.85 l-o	1.22 st	5.73 b
Sultan 1	8.49 f-k	7.44 jkl	3.81mno	0.61 p	5.09 e-h	9.42 b	8.11 cde	4.53 mno	1.48 rst	5.89 b
Ceren	6.57 l	8.49 f-k	3.15 no	0.32 p	4.63 h	10.63 a	8.64 cd	3.88 op	0.58 tu	5.93 b
Gümrah	7.97 g-l	8.29 f-l	4.88 m	1.05 p	5.55 c-g	9.44 b	9.55 b	6.43 f-k	2.35 qr	6.94 a
Ortalama	9.05 a	8.76 a	4.22 b	0.41c	5.61	7.73 a	7.24 b	4.52 c	0.74 d	5.06
Kırmızı	9.34	9.18	4.36	0.51	5.80	6.84	6.70	4.22	0.67	4.55
Pul	9.26	8.32	4.11	0.51	5.53	8.15	7.34	4.72	1.11	5.29
Yeşil	7.27	8.39	4.02	0.69	5.09	10.04	9.10	5.16	1.47	6.44

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

### Kök yaş ağırlığı ve Sürgün yaş ağırlığı

Mercimek çeşitlerinin sıcaklıkların ortalaması olarak kök yaş ağırlıkları 36.6 ile 86.2 mg, sürgün yaş ağırlıkları ise 42.0 ile 77.4 mg arasında değişim göstermiş, en düşük değerler Tigris, en yüksek değerler ise Meyveci 2001 çeşidinden elde edilmiştir (Çizelge 4). En yüksek sıcaklıkta, kök ve sürgün yaş ağırlıkları önemli derecede azalmıştır. En yüksek kök ve sürgün yaş ağırlıkları sırasıyla 20 ve 25 °C'lerde Meyveci 2001, en düşük kök ve sürgün yaş ağırlıkları 30 °C'de Tigris çeşidinde tespit edilmiş, bu karakterler yönünden çeşitlerin sıcaklıklara tepkileri önemli derecede farklı olmuştur (Çizelge 4). Hamdi ve ark. (2019), sürgün yaş ağırlığı yönünden mercimek çeşitleri arasında önemli farklar bulmuş, fakat sıcaklığın sürgün yaş ağırlığını önemli ölçüde değiştirmediklerini bildirmiştir. Bulgularımızla benzer olarak Sharma ve ark. (2022), buğdayda sürgün yaş ağırlığının çeşitlere göre değiştiğini, yüksek sıcaklıklarda sürgün yaş ağırlığının önemli ölçüde azaldığını ve çeşitlerin sıcaklıklara farklı tepkiler gösterdiklerini belirlemişlerdir.

### Çimlenme süresi ve Çimlenme güç indeksi

Sıcaklıkların ortalaması olarak çeşitlerinin ortalama çimlenme süreleri 1.42 ile 3.74 gün arasında değişmiş, Çağıl çeşidi en kısa, Ceren çeşidi ise en uzun sürede çimlenmiştir. Mercimek çeşitlerinde 20 °C'deki ortalama çimlenme süresini Karaman ve Kaya (2017) 2.11-2.95 gün, Mokhtari (2023) ise 1.14-3.54 gün arasında belirlemişler ve önemli genotipik farklara dikkat çekmişlerdir. Çimlenme süresi 20, 25, 30 ve 35 °C'de sırasıyla 1.88, 1.81, 2.88 ve 3.44 gün olarak saptanmış, yüksek sıcaklıklarda önemli derecede uzamıştır (Çizelge 5). Çimlenme süresi genotip, tohumluk kalitesi ve çevre faktörleri ile ilgili olup, daha düşük değerler tohumluğun daha hızlı çimlendiğini gösterir (Kader, 2005). Bulgularımızdan farklı olarak, çeltik (El-Mowafy ve Kishk, 2017) ve asperde (Afzal ve ark., 2022) 35 °C'de çimlenme süresinin daha düşük sıcaklıklara göre kıaldığı belirlenmiştir. Daha yüksek alfa amilaz aktivitesinin tohum rezervlerinin hidrolizi ve mobilizasyonunu artırması nedeniyle, yüksek sıcaklıklarda daha erken çimlenme olabilir (Hasan ve ark., 2004). Buna karşılık Barros ve ark. (2020), börülce çeşitlerinde çimlenme süresinin 40 °C'de daha düşük sıcaklıklara göre önemli derecede uzadığına dikkat çekmişler, bu sonucu enzimatik aktivite kaybına neden olan tohum metabolizmasındaki yavaşlama veya protein denatürasyonu ile ilişkilendirmişlerdir.

Çimlenme güç indeksi, tohumluğun çimlenme sürecindeki aktivite ve performansını belirleyen özelliklerin toplamı hakkında fikir veren bir terim olup; genotip, çevre koşulları, ana bitkinin beslenme durumu, hasat olgunluğu, tane iriliği, mekanik zarar, tohum yaşı ve patojenlerden etkilenir (Gupta, 1993). Mercimek çeşitlerinin sıcaklıkların ortalaması olarak çimlenme güç indeksleri 879.5 (Ankara Yeşili) ile 1179.8 (Gümrah) arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak 20, 25, 30 ve 35 °C'deki çimlenme güç indeksleri sırasıyla 1649.6, 1579.4, 765.8 ve 27.0 olarak belirlenmiş, artan sıcaklıklarda önemli oranlarda azalmıştır. En

yüksek çimlenme güç indeksi 20 °C'de Kayı 91 çeşidinde belirlenmiş, 35 °C'de çimlenmenin olmadığı dört çeşitte (Çağıl, Kafkas, Tigris, Karagül) bu değer sıfır olmuştur (Çizelge 5). Hamdi ve ark. (2019), çimlenme güç indeksi yönünden mercimek çeşitleri arasında önemli farklar bulmuşlar, yüksek sıcaklığın çimlenme güç indeksini azalttığını ve çeşitlerin bu karakter yönünden sıcaklıklara farklı tepki gösterdiklerini tespit etmişlerdir.

Çizelge 4. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde kök yaş ağırlığı ve sürgün yaş ağırlığına etkisi.\*

Çeşitler	Kök yaş ağırlığı (mg)				Sürgün yaş ağırlığı (mg)			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	48.9 j-o	61.2 f-j	27.3 rs	45.8 h	44.6 l-p	54.0 h-m	32.1 qrs	43.6 h
Çağıl	63.7 e-i	56.2 h-l	36.5 m-s	52.1 d-h	69.7 c-f	58.3 e-k	38.2 o-s	55.4 def
Çiftçi	59.1 g-k	70.3 d-g	33.4 p-s	54.3 c-g	54.1 h-m	60.5 e-j	46.9 k-p	53.8 ef
Emre 20	69.5 d-h	43.8 l-q	32.0 p-s	48.4 gh	48.7 j-p	57.7 f-k	28.1 rs	44.8 h
Fırat 87	71.7 d-g	41.4 m-r	42.1 m-q	51.8 e-h	67.0 d-g	67.2 d-g	44.8 l-p	59.7 cde
Kafkas	92.7 bc	37.3 m-r	40.1 m-r	56.7 c-f	54.9 g-m	66.1 d-h	36.5 p-s	52.5 fg
Seyran 96	58.5 g-k	49.5 j-n	29.8 qrs	45.9 h	57.5 f-k	49.0 j-o	30.7 rs	45.8 h
Tigris	49.4 j-o	37.7 m-r	22.6 s	36.6 l	49.0 j-o	50.9 j-n	26.1 s	42.0 h
Ankara Yeşili	64.4 e-h	80.7 cd	34.7 o-s	59.9 cd	87.7 ab	66.1 d-h	43.6 m-q	65.8 bc
Bozok	94.7 b	81.1 cd	40.3 m-r	72.1 b	88.3 ab	65.3 d-i	53.7 i-m	69.1 b
Karagül	77.1 de	68.9 d-h	36.7 m-s	60.9 c	91.4 a	76.9 bcd	28.3 rs	65.6 bc
Kayı 91	92.4 bc	45.4 k-p	39.7 m-r	59.1 cde	74.7 cd	70.3 cde	36.7 o-s	60.6 cd
Meyveci 2001	114.5 a	93.7 bc	50.4 i-m	86.2 a	87.0 ab	91.7 a	53.5 i-m	77.4 a
Sultan 1	111.2 a	74.3 def	37.7 m-r	74.4 b	91.6 a	81.4 abc	31.5 rs	68.1 b
Ceren	79.1 d	35.2 n-s	37.1 m-r	50.5 fgh	39.0 n-r	73.0 cd	30.4 rs	47.5 gh
Gümrah	93.7 bc	35.2 n-s	41.0 m-r	56.6 c-f	56.3 g-l	73.0 cd	39.8 n-r	56.4 def
Ortalama	78.6 a	56.0 b	36.3 c	57.0	66.3 a	66.3 a	37.6 b	56.7
Kırmızı	64.2	49.7	33.0	49.0	57.7	58.0	35.4	50.4
Pul	92.4	74.0	39.9	68.8	86.8	75.3	41.2	67.8
Yeşil	86.4	35.2	39.1	53.6	47.7	73.0	35.1	51.3

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

Çizelge 5. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde çimlenme süresi ve çimlenme güç indeksine etkisi.\*

Çeşitler	Çimlenme süresi (gün)					Çimlenme güç indeksi				
	Sıcaklıklar (°C)					Sıcaklıklar (°C)				
	20	25	30	35	Ortalama	20	25	30	35	Ortalama
Altıntoprak	1.75 o-t	1.57 st	2.46 jk	5.00 c	2.67 c	1295.9 kl	1547.7 d-j	685.5 o	3.9 r	883.3 f
Çağıl	1.80 n-s	1.72 o-t	2.17 klm	0.00 u	1.42 j	1657.3 a-h	1664.9 a-g	1120.9 lm	0.0 r	1110.8 ab
Çiftçi	2.12 lmn	1.86 m-s	2.58 j	4.86 c	2.85 b	1711.7 a-f	1626.7 b-i	763.0 no	14.4 r	1028.9 bcd
Emre 20	1.87 m-s	1.43 t	1.93 l-q	3.97 e	2.30 ef	1529.3 e-j	1362.7 jk	639.1 op	103.5 r	908.7 ef
Fırat 87	1.85 m-s	1.73 o-t	2.19 klm	4.00 e	2.44 de	1569.6 c-j	1693.6 a-f	1008.4 m	4.2 r	1069.0 bc
Kafkas	2.23 kl	2.25 kl	4.01 e	0.00 u	2.12 g	1718.0 a-f	1536.5 d-j	785.2 no	0.0 r	1009.9 b-e
Seyran 96	1.85 m-s	1.85 ms	2.14 lmn	6.00 b	2.96 b	1452.3 g-k	1407.6 ijk	720.9 no	2.5 r	895.8 f
Tigris	1.62 q-t	1.74 o-t	3.11 hi	0.00 u	1.62 i	1777.0 a-d	1604.5 b-i	746.4 no	0.0 r	1032.0 bcd
Ankara Yeşili	1.87 m-s	2.17 klm	3.77 ef	7.00 a	3.70 a	1624.6 b-i	1440.6 g-k	450.6 pq	2.3 r	879.5 f
Bozok	1.95 l-q	1.81 n-s	3.07 i	2.60 j	2.36 ef	1422.5 h-k	1451.0 g-k	787.3 no	60.8 r	930.4 def
Karagül	1.99 l-p	1.92 l-r	3.91 e	0.00 u	1.96 h	1691.6 a-f	1496.3 f-k	719.3 no	0.0 r	976.8 c-f
Kayı 91	1.89 m-s	2.01 l-p	3.57 fg	4.00 e	2.87 b	1873.5 a	1724.3 a-f	652.7 op	2.4 r	1063.2 bc
Meyveci 2001	1.74 o-t	1.76 o-t	2.05 l-o	3.40 gh	2.24 fg	1819.0 ab	1691.3 a-f	921.6 mn	54.4 r	1121.6 ab
Sultan 1	1.81 n-s	1.68 p-t	2.74 j	4.00 e	2.56 d	1791.3 abc	1555.3 c-j	766.2 no	20.9 r	1033.5 bcd
Ceren	1.71 o-t	1.87 m-s	4.40 d	7.00 a	3.74 a	1719.7 a-f	1712.7 a-f	411.3 q	13.6 r	964.3 c-f
Gümrah	1.97 l-p	1.58 rst	2.04 l-o	3.24 hi	2.21 fg	1741.0 a-e	1754.6 a-e	1074.8 m	148.7 r	1179.8 a
Ortalama	1.88 c	1.81 c	2.88 b	3.44 a	2.50	1649.6 a	1579.4 b	765.8 c	27.0 d	1005.5
Kırmızı	1.88	1.77	2.57	4.78	2.30	1588.9	1555.5	808.7	25.7	992.3
Pul	1.89	1.89	3.19	4.20	2.62	1703.8	1559.5	716.3	28.2	1000.8
Yeşil	1.84	1.73	3.22	5.12	2.98	1730.4	1733.7	743.1	81.2	1072.1

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

**Çıkış yüzdesi ve Çıkış indeksi**

Mercimek çeşitlerinde sıcaklıkların ortalaması olarak çıkış yüzdesi % 57.3 (Kayı 91) ile % 84.0 (Emre 20) arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak 20, 25 ve 30 °C'deki çıkış yüzdeleri sırasıyla % 89.9, 82.1 ve 39.6 olarak hesaplanmıştır; çeşitlere göre 20 °C'de % 82.7-94.7, 25 °C'de % 68.0-93.3, 30 °C'de % 8.0-78.7 arasında belirlenmiştir (Çizelge 6). Mercimek çeşitlerinde çıkış yüzdesi Çiftçi ve Kulaz (1998) tarafından ideal ekim tarihinde % 81.0-95.3, Safahani ve ark. (2017) tarafından farklı ekim tarihlerinde % 57.2-90.9 arasında tespit edilmiş ve önemli genotipik farklar saptanmıştır. Safahani ve ark. (2017), optimum çıkış sıcaklığını çeşitlere göre 20-29 °C arasında belirlemişlerdir. Bu çalışmada 35 °C'de hiçbir çeşitte çıkış olmaması; 35 °C'de en yüksek çimlenme yüzdelerine sahip Emre 20, Gümrah ve Meyveci 2001 çeşitleri 30 °C'de diğer çeşitlere göre daha yüksek çıkış yüzdeleri ile de dikkat çekmişlerdir (Çizelge 6). Yüksek sıcaklıklarda çıkış yüzdesindeki azalmalar, yetersiz çimlenme ile zayıf fide gelişiminin kombinasyonundan kaynaklanabilir. Fidelerin toprak kaynaklı hastalıklara duyarlılığının artması (Lafond ve Fowler, 1989), metabolik bozukluk ve solunun oranında artış (Singh ve Dhaliwal, 1972) nedeniyle yüksek sıcaklık stresinde çıkış yüzdesi azalabilir.

Çizelge 6. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde çıkış yüzdesi ve çıkış indeksine etkisi.\*

Çeşitler	Çıkış yüzdesi (%)				Çıkış indeksi			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	89.3 abc	82.7 a-d	33.3 hi	68.4 d-g	20.9 a-e	19.7 a-g	4.9 l-p	15.1 def
Çağıl	93.3 ab	88.0 a-d	44.0 gh	75.1 bcd	21.0 a-e	17.5 c-h	5.3 l-o	14.6 def
Çiftçi	88.0 a-d	81.3 bcd	32.0 i	67.1 efg	16.1 f-i	15.7 g-j	4.2 m-p	12.0 ghi
Emre 20	88.0 a-d	85.3 a-d	78.7 cde	84.0 a	20.9 a-e	22.9 a	15.9 f-i	19.9 a
Fırat 87	92.0 ab	88.0 a-d	40.0 hi	73.3 cde	22.5 ab	19.0 a-h	5.3 l-o	15.6cde
Kafkas	85.3 a-d	84.0 a-d	12.0 jk	60.4 h	16.4 f-i	12.8 ij	1.6 op	10.3 i
Seyran 96	82.7 a-d	85.3 a-d	21.3 j	63.1 fgh	15.2 g-j	17.0 d-i	2.8 nop	11.7 ghi
Tigris	86.7 a-d	93.3 ab	8.0 k	62.7 gh	19.2 a-h	21.1 a-d	1.1 p	13.8 efg
Ankara Yeşili	92.0 ab	78.7 cde	36.0 hi	68.9 d-g	17.6 c-h	15.0 hij	6.2 lmn	12.9 fgh
Bozok	89.3 abc	68.0 ef	52.0 g	69.8 def	17.8 c-h	15.5 g-j	8.6 kl	14.0 efg
Karagül	94.7 a	68.0 ef	44.0 gh	68.9 d-g	18.5 b-h	16.7 e-i	6.5 lmn	13.9 efg
Kayı 91	88.0 a-d	76.0 de	8.0 k	57.3 h	17.5 c-h	15.6 g-j	0.9 p	11.3 hi
Meyveci 2001	94.7 a	81.3 bcd	64.0 f	80 ab	20.2 a-f	20.8 a-e	11.6 jk	17.5 bc
Sultan 1	89.3 abc	77.3 cde	41.3 ghi	69.3 g	17.8 c-h	23.2 a	8.2 klm	16.4 cd
Ceren	93.3 ab	93.3 a	42.7 ghi	76.4 bc	17.5 c-h	21.5 abc	5.9 lmn	15.0 def
Gümrah	92.0 ab	82.7 a-d	76.0 de	83.6 a	18.3 b-h	22.4 ab	15.4 g-j	18.7 ab
Ortalama	89.9 a	82.1 b	39.6 c	70.5	18.6 a	18.5 a	6.5 b	14.5
Kırmızı	88.2	86.0	33.7	69.3	19.0	18.2	5.1	14.1
Pul	91.3	74.9	40.9	69.0	18.2	17.8	7.0	14.3
Yeşil	92.7	88.0	59.4	80.0	17.9	22.0	10.7	16.7

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farklıdır.

Sıcaklıkların ortalaması olarak çeşitlerinin çıkış indeksleri 10.3 ile 19.9 arasında değişmiştir. En yüksek çıkış indeksine Emre 20 çeşidi sahip olmuş, bunu Gümrah ve Meyveci 2001 çeşitleri izlemiş, en düşük çıkış indeksi ise Kafkas çeşidinde belirlenmiştir. Çıkış indeksi yönünden 20 ve 25 °C uygulamaları arasındaki fark önemsiz olmuş, çıkış indeksi 30 °C'de önemli derecede azalmıştır (Çizelge 6). Çıkış indeksi tüm çeşitlerde 30 °C'de en düşük olmuştur. Ancak, en yüksek çıkış indeksini Emre 20, Seyran 96, Tigris, Meyveci 2001, Sultan 1, Ceren ve Gümrah çeşitleri 25 °C'de, diğer çeşitler ise 20 °C'de sağlamıştır (Çizelge 6). Çıkış indeksi, tohumluğun çıkış yüzdesi ve çıkış hızının bir göstergesidir. Farklı çevre koşullarında üniform ve tam fide çıkışı, başarılı bir bitki kök sistemi ve kanopi tesisine imkan verdiğinden, hızlı gelişme ve potansiyel verimlere ulaşabilmek için kritik önem taşır (De Ron ve ark., 2016; Rich ve ark., 2022). Bu çalışmada, çimlenme indeksi yüksek çeşitlerde çıkış indeksi de yüksek olmuş, tohumluğun çıkış özelliklerinin yüksek sıcaklık stresine çimlenme özelliklerine göre daha duyarlı olduğu gözlenmiştir.

**Fide yaş ağırlığı ve Fide kuru ağırlığı**

Sıcaklıkların ortalaması olarak çeşitlerin fide yaş ağırlıkları 76.6-162.8 mg, fide kuru ağırlıkları ise 9.6-23.1 mg arasında değişmiştir (Çizelge 7). En yüksek fide yaş ve kuru ağırlıkları Gümrah, Meyveci 2001 ve Karagül; en düşük fide yaş ve kuru ağırlıkları ise Tigris, Altıntoprak ve Kafkas çeşitlerinde belirlenmiştir. Sıcaklık artışlarına bağlı olarak fide yaş ağırlığı önemli oranlarda azalmış, fide kuru ağırlığının 25 °C'de en yüksek, 30 °C'de en düşük olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7). Yüksek sıcaklık stresi koşullarında fide ağırlığındaki azalmalar, transpirasyon ve solunum kayıplarındaki artışlar (Khatun ve ark., 2018) ile fotosentetik aktivite bozulmalarından (Rodriguez ve ark., 2015) kaynaklanabilir. Çeşit x sıcaklık kombinasyonlarına göre en yüksek fide yaş ağırlığına 25 °C'de Gümrah çeşidi, en yüksek fide kuru ağırlığına ise 25 °C'de Karagül çeşidi sahip olmuştur. Fide yaş ve kuru ağırlığı bakımından çeşitlerin sıcaklıklara tepkileri farklı olmuş, en yüksek fide yaş ağırlığını Seyran 96, Tigris, Bozok, Karagül, Ceren ve Gümrah çeşitleri 25 °C'de, diğer çeşitler ise 20 °C'de sağlamıştır. En yüksek fide kuru ağırlığı Kafkas çeşidinde 20 °C, Meyveci 2001 çeşidinde 30 °C, diğer çeşitlerde ise 25 °C'de belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde fide yaş ağırlığı ve fide kuru ağırlığına etkisi.\*

Çeşitler	Fide yaş ağırlığı (mg)				Fide kuru ağırlığı (mg)			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	106.9 i-o	99.8 j-p	73.8 p-s	93.5 f	10.5 n-u	15.4 i-n	10.7 m-u	12.2 d
Çağıl	131.9 d-i	124.5 d-k	73.8 p-s	110.1 c-f	13.7 j-q	17.2 g-k	9.0 q-u	13.3 d
Çiftçi	137.5 d-i	117.3 e-m	66.0 qrs	106.9 def	14.6 i-o	17.2 g-k	8.5 r-u	13.5 d
Emre 20	125.9 d-k	109.9 h-n	85.7 m-s	107.2 def	11.9 i-u	16.6 h-l	14.3 i-o	14.3 cd
Fırat 87	150.2 cde	125.8 d-k	72.1 p-s	116.0 bcd	15.8 i-m	18.1 f-j	9.2 p-u	14.4 cd
Kafkas	124.9 d-k	93.7 k-q	63.8 qrs	94.2 f	14.1 i-p	12.6 k-t	9.8 o-u	12.1 d
Seyran 96	114.4 g-n	120.6 e-l	66.7 qrs	100.6 def	12.0 l-u	16.7 h-l	8.7 q-u	12.5 d
Tigris	76.8 o-s	93.5 k-q	59.5 rs	76.6 g	8.3 stu	13.0 j-s	7.5 tu	9.6 e
Ankara Yeşili	149.1 c-f	131.2 d-j	64.5 qrs	114.9 b-e	16.2 i-l	22.8 c-f	10.2 o-u	16.4 bc
Bozok	144.7 d-g	154.8bcd	82.4 n-s	127.3 b	15.6 i-m	25.7 b-e	12.9 k-s	18.1 b
Karagül	176.9 abc	181.6 ab	87.0 m-s	148.5 a	19.2 f-i	32.1 a	11.9 l-u	21.1 a
Kayı 91	124.6 d-k	107.5 i-o	55.5 s	95.9 f	13.7 j-q	21.3 d-h	8.6 q-u	14.6 cd
Meyveci 2001	194.3 a	139.0 d-i	117.1 f-m	150.1 a	21.1 e-h	19.1 f-i	29.0 ab	23.1 a
Sultan 1	145.8 d-g	142.4 d-h	91.5 l-r	126.5 bc	15.8 i-m	26.2 bc	13.5 j-r	18.5 b
Ceren	103.6 j-p	130.7 d-j	58.0 s	97.4 ef	12.0 l-u	19.0 f-i	7.3 u	12.8 d
Gümrah	147.8 c-f	194.4 a	46.1 d-g	162.8 a	15.6 i-m	25.9 bcd	21.8 c-g	21.1 a
Ortalama	134.7 a	129.2 a	79.0 b	114.3	14.4 b	19.9 a	12.1 c	15.5
Kırmızı	121.1	111.0	70.2	100.8	12.6	15.9	9.8	12.8
Pul	155.9	142.8	83.0	127.2	16.9	24.5	14.3	18.6
Yeşil	125.7	162.6	102.1	130.0	13.8	22.4	14.5	16.9

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farksızdır.

**Fide boyu ve Yaprak sayısı**

Mercimek çeşitlerinin sıcaklıkların ortalaması olarak fide boyları 10.2 (Tigris) ile 16.4 cm (Gümrah), fide başına yaprak sayıları ise 3.33 (Bozok) ile 4.39 (Çağıl) arasında değişmiştir. Artan sıcaklığa bağlı olarak fide boyu önemli oranlarda azalmış, yaprak sayısı en çok 25 °C'de, en az 30 °C'de olmuştur (Çizelge 8). İki karakter yönünden de çeşitlerin sıcaklıklara tepkileri farklı olmuş, en uzun fide boyu 20 °C'de Meyveci 2001, fide başına en çok yaprak ise 25 °C'de Ceren çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 8). Das ve Islam (2018), kontrol koşullarında ekim işleminden 30 gün sonra mercimek çeşitlerinde fide boyunu 12.93-13.99 cm, yaprak sayısını ise 12.2-16.9 arasında saptamışlardır. Yüksek sıcaklık stresinin fide boyunu (Parthasarathi ve ark., 2022) ve fide yaprak sayısını (Taratima ve ark., 2022) azalttığı diğer araştırmalarda da tespit edilmiştir. Tarla koşullarında yürütülen araştırmalarda da, bitki boyu bakımından mercimek genotipleri arasındaki önemli farklar bulunmuş ve bitki boyunun çevre koşullarından önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir (Biçer, 2014; Karadavut ve Sözen, 2019).



Çizelge 8. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde fide boyu ve fide yaprak sayısına etkisi.\*

Çeşitler	Fide boyu (cm)				Fide yaprak sayısı			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	13.3 d-l	13.3 e-l	10.8 l-q	12.5 c-h	4.07 e-j	4.77 b-f	3.47 h-o	4.10 abc
Çağıl	15.7 a-f	14.1 b-k	8.5 pqr	12.8 b-g	4.60 c-g	5.50 abc	3.07 k-q	4.39 a
Çiftçi	16.3 a-e	13.8 b-l	8.3 qr	12.8 b-f	4.27 d-i	5.00 a-d	2.83 n-q	4.03 abc
Emre 20	14.8 a-i	12.0 h-o	11.4 j-p	12.7 b-h	3.23 j-q	3.87 f-m	2.97 l-q	3.36 d
Fırat 87	16.4 a-e	13.9 b-l	11.4 j-p	13.9 bc	4.70 b-g	5.00 a-d	3.00 k-q	4.23 a
Kafkas	14.4 a-j	11.1 k-q	8.3 qr	11.3 f-i	4.30 d-i	4.27 d-i	3.57 h-n	4.04 abc
Seyran 96	12.6 f-n	12.8 f-n	7.8 r	11.0 hi	3.90 f-l	5.60 ab	3.13 k-q	4.21 ab
Tigris	10.2 m-r	12.3 g-o	8.2 qr	10.2 i	3.40 i-o	5.13 a-d	2.40 pq	3.64 cd
Ankara Yeşili	15.7 a-f	13.1 f-m	7.5 r	12.1 d-h	3.93 f-k	4.73 b-f	3.33 j-o	4.00 abc
Bozok	15.1 a-h	13.4 d-l	9.4 o-r	12.6 c-h	3.30 j-p	4.33 d-h	2.37 q	3.33 d
Karagül	16.5 a-d	15.0 a-h	9.8 n-r	13.8 bcd	3.80 g-m	4.93 a-e	2.93 m-q	3.89 abc
Kayı 91	14.6 a-i	13.4 d-l	7.8 r	12.0 e-h	3.90 f-l	4.67 c-g	3.10 k-q	3.89 abc
Meyveci 2001	17.7 a	13.6 c-l	12.1 h-o	14.3 b	3.63 h-n	4.35 d-h	3.13 k-q	3.70 bcd
Sultan 1	13.7 b-l	15.4 a-g	11.7 i-o	13.6 b-e	2.60 opq	4.60 c-g	2.93 m-q	3.38 d
Ceren	11.4 j-p	13.6 c-l	8.2 qr	11.1 ghi	3.13 k-q	5.67 a	2.97 l-q	3.92 abc
Gümrah	16.8 ab	16.6 abc	15.7 a-f	16.4 a	2.97 l-q	5.10 a-d	3.57 h-n	3.88 abc
Ortalama	14.7 a	13.6 b	9.8 c	12.7	3.73 b	4.84 a	3.05 c	3.87
Kırmızı	14.2	12.9	9.3	12.1	4.06	4.89	3.06	4.00
Pul	15.6	14.0	9.7	13.1	3.53	4.60	2.97	3.70
Yeşil	14.1	15.1	11.9	13.7	3.05	3.39	3.27	3.90

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farklıdır.

### Çıkış süresi ve Çıkış güç indeksi

Mercimek çeşitlerinin sıcaklıkların ortalaması olarak çıkış süreleri 4.48 ile 6.58 gün arasında değişmiş, çıkış süresinin en kısa Emre 20, en uzun uzun Kafkas çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak çıkış süresi 20, 25 ve 30 °C'de sırasıyla 5.05, 4.75 ve 6.90 gün olmuş, en yüksek sıcaklıkta önemli ölçüde uzamıştır (Çizelge 9). Çıkış süresi bütün çeşitlerde 30 °C'de en uzun olmuş, en kısa çıkış süresi 11 çeşitte 25°C, beş çeşitte 20 °C'de belirlenmiştir (Çizelge 9). Safahani ve ark. (2017), mercimek çeşitlerinde çıkış süresinin düşük sıcaklıklarda uzadığını, çıkış süresi yönünden çeşitler arasındaki farkların ve çeşit x ekim tarihi etkileşiminin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Mufti (2005), çıkış süresi yönünden buğday genotipleri arasındaki önemli farklar bulmuşlar ve yüksek sıcaklığın özellikle duyarlı genotiplerde çıkışı geciktirdiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 9. Yüksek sıcaklıkların mercimek çeşitlerinde ortalama çıkış süresi ve çıkış güç indeksine etkisi.\*

Çeşitler	Çıkış süresi (gün)				Çıkış güç indeksi			
	Sıcaklıklar (°C)				Sıcaklıklar (°C)			
	20	25	30	Ortalama	20	25	30	Ortalama
Altıntoprak	4.34 k-n	4.38 j-n	7.05 bc	5.26 ef	1197.6 d-k	1102.0 g-l	361.3 nop	887.0 def
Çağıl	4.54 i-n	5.23 e-l	8.47 a	6.08 abc	1461.3 a-d	1240.8 c-j	376.1 nop	1026.1 cd
Çiftçi	5.61 e-h	5.29 e-k	7.73 ab	6.21 ab	1432.8 a-f	1130.9 f-l	266.4 n-q	943.4 cde
Emre 20	4.29 l-o	3.97 mno	5.18 f-l	4.48 g	1294.4 b-i	1016.8 i-m	895.3 klm	1068.8 bc
Fırat 87	4.11 mno	4.79 g-m	7.71 ab	5.53 de	1518.9 abc	1217.6 d-j	455.5 no	1064.0 bc
Kafkas	5.41 e-i	6.89 bcd	7.44 b	6.58 a	1222.4 c-j	935.3 j-m	99.9 pq	752.5 fg
Seyran 96	5.68 e-h	5.25 e-l	7.74 ab	6.22 ab	1042.9 h-m	1088.0 g-l	167.6 opq	766.2 fg
Tigris	4.71 h-n	4.52 i-n	7.17 b	5.46 de	883.3 lm	1147.6 e-l	65.6 q	698.8 g
Ankara Yeşili	5.38 e-j	5.57 e-h	6.15 def	5.70 cde	1445.6 a-e	1028.8 i-m	266.9 n-q	913.8 c-f
Bozok	5.22 e-l	4.77 g-m	6.20 cde	5.40 de	1339.6 b-h	906.4 klm	488.4 n	911.5 c-f
Karagül	5.29 e-k	4.28 l-o	7.30 b	5.62 cde	1557.1 ab	1017.7 i-m	433.9 no	1002.9 cd
Kayı 91	5.30 e-k	5.19 f-l	8.50 a	6.33 ab	1289.7 b-i	1007.9 i-m	62.4 q	786.7 efg
Meyveci 2001	4.82 g-m	4.11 mno	5.77 efg	4.90 fg	1643.6 a	1098.0 g-l	770.0 m	1170.5 b
Sultan 1	5.19 f-l	3.39 o	5.38 e-j	4.65 g	1227.7 c-j	1183.3 d-l	481.5 n	964.2 cd
Ceren	5.66 e-h	4.52 i-n	7.49 b	5.89 bcd	1068.8 h-l	1268.3 b-i	352.3 nop	896.4 def
Gümrah	5.33 e-k	3.79 no	5.17 f-l	4.77 fg	1545.6 ab	1387.5 a-g	1212.7 d-j	1381.9 a
Ortalama	5.05 b	4.75 c	6.90 a	5.57	1323.2 a	1111.1 b	422.2 c	952.2
Kırmızı	4.84	5.04	7.31	5.73	1256.7	1109.9	336.0	900.9
Pul	5.20	4.55	6.55	5.43	1417.2	1040.4	417.2	958.3
Yeşil	5.50	4.16	6.33	5.33	1307.2	1327.9	782.5	1139.2

\* Aynı harf ile işaretli ortalamalar birbirinden farklıdır.

Çıkış güç indeksi, çıkış hızı ve çıkış oranı ile erken fide gelişme durumunun göstergesi olup, genotiplerin farklı çevre koşullarındaki tarla performansını tahmin için çimlendirme testlerine göre daha gerçekçi bir ölçüt olarak kullanılabilir (Kumar ve ark., 2018). Sıcaklık düzeylerinin ortalaması olarak mercimek çeşitlerinin çıkış güç indeksleri 698.8 (Tigris) ile 1381.9 (Gümrah) arasında değişmiştir. Çeşitlerin ortalaması olarak 20, 25 ve 30 °C’de çıkış güç indeksleri sırasıyla 1323.2, 1111.1 ve 422.2 olmuş, sıcaklık artışlarına bağlı olarak önemli oranlarda azalmıştır (Çizelge 9). Poomani ve ark. (2023), yüksek sıcaklık stresinin membran geçirgenliğini artırarak, su ve klorofil içeriğini azaltarak mercimek çeşitlerinde fide tesis oranını önemli ölçüde azalttığına dikkat çekmişlerdir. Sharma ve ark. (2022), yüksek sıcaklığın buğdayda fide gücüne etkisine ilişkin benzer sonuçlar bildirmişlerdir. Seyran 96, Tigris ve Ceren çeşitleri 25 °C, diğer çeşitler ise 20 °C’de daha yüksek çıkış güç indeksine sahip olmuştur. Çıkış güç indeksinin en yüksek 20 °C’de Meyveci 2001, en düşük ise 30 °C’de Kayı 91 çeşidinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 10. Başlıca seleksiyon ölçütlerine göre, çimlenme ve çıkış dönemlerinde yüksek sıcaklık stresine en dayanıklı ve en duyarlı çeşitler.

No	Çimlenme yüzdesi	Çimlenme indeksi	Çimlenme süresi	Çimlenme güç indeksi	Çıkış yüzdesi	Çıkış indeksi	Çıkış süresi	Çıkış güç indeksi
En dayanıklı çeşitler	1	Gümrah	Gümrah	Bozok	Gümrah	Emre 2000	Emre 20	Gümrah
	2	Emre 20	Emre 20	Gümrah	Emre 20	Gümrah	Gümrah	Emre 20
	3	Meyveci	Bozok	Meyveci	Bozok	Meyveci	Meyveci	Sultan 1
	4	Bozok	Meyveci	Emre 20	Meyveci	Bozok	Bozok	Meyveci
En duyarlı çeşitler	1	Çağıl	Çağıl	Çağıl	Çağıl	Tigris	Kayı 91	Kayı-91
	2	Kafkas	Kafkas	Kafkas	Kafkas	Kayı 91	Tigris	Çağıl
	3	Tigris	Tigris	Tigris	Tigris	Kafkas	Kafkas	Seyran 96
	4	Karagül	Karagül	Karagül	Karagül	Seyran 96	Seyran 96	Çiftçi


## SONUÇ ve ÖNERİLER


Bu araştırmada, tohum çimlenmesi ve fide çıkış özellikleri yönünden mercimek çeşitleri arasında önemli genotipik farklar belirlenmiş, yüksek sıcaklık stresinin incelenen tüm özellikleri olumsuz etkilediği ve çeşitlerin yüksek sıcaklıklara farklı tepkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Genellikle, çimlenme özellikleri açısından yüksek sıcaklık stresine dayanıklı olan çeşitlerin çıkış özellikleri yönünden de dayanıklı olduğu belirlenmiş, çıkış özelliklerinin yüksek sıcaklık stresine daha duyarlı olduğu sonucuna varılmıştır. En yüksek sıcaklık derecesindeki çimlenme yüzdesi, çimlenme indeksi, çimlenme süresi, çimlenme güç indeksi, çıkış yüzdesi, çıkış indeksi, çıkış süresi ve çıkış güç indeksi ölçütleri esas alındığında (Çizelge 10), sırasıyla Gümrah, Emre 20 ve Meyveci 2001 çeşitleri çimlenme ve çıkış dönemindeki yüksek sıcaklıklara en dayanıklı olarak tanımlanabilir. Aynı ölçütlere göre tane tipleri değerlendirildiğinde; yeşil tipin dayanıklı, pul tipin orta, kırmızı tipin duyarlı olduğu söylenebilir. Mercimek tohumluklarında laboratuvar ve tarla koşullarındaki biyolojik değerler yakın ilişkilidir (Makkawi ve ark., 2008). Sonuç olarak Gümrah, Emre 20 ve Meyveci 2001 çeşitleri ekim döneminde yüksek toprak sıcaklıklarının olduğu çevrelere önerilebilir, çimlenme ve çıkış dönemlerindeki yüksek sıcaklığa dayanıklılık ıslah programlarında bu çeşitler gen kaynağı olarak kullanılabilir.


‡ Bu makale, Aleyna DUMLU’nun yüksek lisans tezi araştırma sonuçlarından üretilmiştir.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Ali Öztürk ORCID:  <https://orcid.org/0000-0001-7673-114x>

Aleyna Dumlu ORCID:  <https://orcid.org/0000-0002-0976-2330>

Hasan Kartay ORCID:  <https://orcid.org/0000-0002-0603-8478>

## KAYNAKLAR

- Afzal, O., Hassan, F.U., Ahmed, M., Shabbir, G. ve Ahmed, S. 2022. Temperature affects germination indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Animal and Plant Sciences, 32 (6): 1691-1702.
- Anonim, 2022b. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (07.02.2024).

- Anonymous, 2022a. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. <http://www.fao.org> (07.02.2024).
- AOSA, 1993. Rules for Testing Seeds. Published by: Association of Official Seed Analysts and the Society of Commercial Seed Technologists (SCST). Journal of Seed Technology, 16 (3): 1-113.
- Barros, J.R.A., Angelotti, F., Santos, J.O., Silva, R.M., Dantas, B.F. ve Melo, N.F. 2020. Optimal temperature for germination and seedling development in cowpea seeds. Rev. Colomb. Cienc. Hortic., 14 (2): 231-239.
- Basu, P.S., Chaturvedi, S.K., Gaur, P.M., Mondal, B., Meena, S.K., Das, K., Kumar, V., Tewari, K. ve Sharma, K. 2022. Physiological mechanisms of tolerance to drought and heat in major pulses for improving yield under stress environments. "Alınmıştır: *Advances in Plant Defense Mechanisms*, (ed) Kimatu, J.N., IntechOpen, 1-41.
- Bhandari, K., Sharma, K.D., Rao, B.H., Siddique, K.H.M., Gaur, P., Agrawal, S.K., Nair, R.M. ve Nayyar, H. 2017. Temperature sensitivity of food legumes: a physiological insight. Acta Physiol Plant, 39 (68): 1-22.
- Biçer, B.T. 2014. Some agronomic studies in chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medik). Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 1(1): 42–51.
- Çiftçi, V. ve Kulaz, H. 1998. Mercimekte (*Lens culinaris* Medik.) çimlenme durgunluğu. Tarım Bilimleri Dergisi, 4 (2): 21-26.
- Covell, S., Ellis, R.H., Roberts, E.H. ve Summerfield, R.J. 1986. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of chickpea, lentil, soybean and cowpea at constant temperatures. Journal of Experimental Botany, 37 (178): 705-715.
- Das, S.K. ve Rafiqul Islam, A.T.M. 2018. Effects of salinity on germination and seedling growth of lentil (*Lens culinaris* Medik.) varieties in Bangladesh. Barishal University Journal, 5 (1-2): 141-151.
- Delahunty, A.J. 2021. Increasing lentil (*Lens culinaris*) adaptation to acute high temperature for arable cropping. The University of Melbourne. Faculty of Veterinary and Agricultural Sciences. Doctoral Thesis. 204 p.
- Delahunty, A., Nuttall, J., Nicolas, M. ve Brand, J. 2015. Genotypic heat tolerance in lentil. Building Productive. Diverse and Sustainable Landscapes. Proceedings of the 17th ASA Conference, 20-24 September, Hobart, Australia.
- De Ron A.M., Rodino, A.P., Santalla, M., Gonzalez, A.M., Lema, M.J., Martin, I. ve Kigel, J. 2016. Seedling emergence and phenotypic response of common bean germplasm to different temperatures under controlled conditions and in open field. Front. Plant Sci. 7 (1087): 1-12.
- Driedonks, N., Rieu, I. ve Vriezen, W.H. 2016. Breeding for plant heat tolerance at vegetative and reproductive stages. Plant Reprod, 29: 67-79.
- Ellis, R.A. ve Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409.
- El-Mowafy, M.R. ve Kishk A.M.S. 2017. Effect of soaking treatments and temperature during germination on germinability and rice (*Oryza sativa* L.) seed quality. J. Plant Production, 8(4): 537-540.
- Foti, C., Khah, E.M. ve Pavli, O.I. 2019. Germination profiling of lentil genotypes subjected to salinity stress. Plant Biology, 21: 480-486.
- Gupta, P.C., 1993. Seed vigour testing. "Alınmıştır: *Handbook of Seed Testing*. (ed) Agrawal, P.K., New Delhi, 242-249.
- Hamdi, A.H.I., Rasha, Y.S., El-Khalek, A. ve Eraky, H.A.M. 2019. Effect of drought and combined salt and heat stresses on germination and seedling growth patterns of lentil. Zagazig J. Agric. Res. 46 (3): 595-607.
- Hasan, M.A., Ahmed, J.U., Hossain, T., Hossain, M.M. ve Ullah, M.A. 2004. Germination characters and seed reserve mobilization during germination of different wheat genotypes under variable temperature regimes. J. Natn. Sci. Foundation Sri Lanka, 32 (3-4): 97-107.
- Hojjat, S.S. ve Galstayan, M. 2012. Effects of different temperatures and duration on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) Seeds. Russian Agricultural Sciences, 38 (2): 101–105.
- Howarth, C.J. 2005. Genetic improvements of tolerance to high temperature. "Alınmıştır: *Abiotic Stresses: Plant Resistance Through Breeding and Molecular Approaches*. (ed) Ashraf, M., Harris, P.J.C., Howarth Press Inc., New York, USA, 277-300.
- Kader, M.A., 2005. A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales, 138: 65-75.
- Karadavut, U. ve Sözen, Ö. 2019. Yerel mercimek genotiplerinin verime etki eden bazı karakterleri için genotipik ve çevresel etkilerin belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 6 (4): 870-877.
- Karaman, R. ve Kaya, M. 2017. Mercimeğe (*Lens esculanta* Moench) uygulanan farklı klor tuzu ve dozlarının kimi ilk gelişme özelliklerine etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 23: 10-21.
- Khatun, S., Ahmed, J.U., Mollah, Md.M.I. ve Taewan, K. 2018. Physiological mechanism of thermotolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings. American Journal of Plant Sciences, 9: 2719-2727.

- Kumar, V., Poonia, R.C. ve Chaudhary, K. 2018. Assessment of the seed vigour potential in different varieties of wheat. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 7 (7): 354-361.
- Lafond, G.P. ve Fowler, B.D. 1989. Soil temperature and water content, seeding depth, and simulated rainfall effects on winter wheat emergence. *Agron. J.* 81: 609-614.
- Maestri, E., Klueva, N., Perrotta, C., Gulli, M., Nguyen, H.T. ve Marmioli, N. 2002. Molecular genetics of heat tolerance and heat shock proteins in cereals. *Plant Mol Biol*, 48: 667-681.
- Makkawi, M., El Balla, M., Bishaw, Z. ve van Gastel, A.J.G. 2008. Correlation and path coefficient analyses of laboratory tests as predictors of field emergence in lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Journal of New Seeds*, 9 (4): 284-302.
- Mokhtari, N.E.P. 2023. Standardization of vigour test to predict field emergence and difference of seed vigour among lentils (*Lens culinaris* L.) seed lots. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47: 206-214.
- Mufti, M.U., 2005. Screening wheat seedlings for heat and drought tolerance by *in vivo* chlorophyll fluorescence. M. Sc. Thesis, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan, 184p.
- Özdemir, S. 2006. *Yemeklik Baklagiller*. Hasad Yayıncılık, İstanbul, 165s.
- Parthasarathi, T., Firdous, S., David, E.M., Lesharadevi, K. ve Djanaguiraman, M. 2022. Effects of High Temperature on Crops. "Alınmıştır: *Advances in Plant Defense Mechanisms*. (ed) Josphert, N. Kimatu, J.N. Chapter 2:1-18, IntechOpen. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.98128>.
- Poomani, S., Yadav, S., Choudhary, R., Singh, D., Dahuja, A. ve Yadav, S.K. 2023. Seed priming with humic acid modifies seedling vigor and biochemical response of lentil under heat stress conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 47: 1043-1057.
- Rawal, V. ve Navarro, D. 2019. *The Global Economy of Pulses*. FAO: Rome, Italy, 190.
- Rich, S.M., Berger, J., Lawes, R. ve Fletcher, A. 2022. Chickpea and lentil show little genetic variation in emergence ability and rate from deep sowing, but small-sized seed produces less vigorous seedlings. *Crop and Pasture Science*, 73 (9): 1042-1055.
- Rodriguez, V.M., Soengas, P., Alonso-Villaverde, V., Sotelo, T., Cartea, M.E. ve Velasco, P. 2015. Effect of temperature stress on the early vegetative development of *Brassica oleracea* L. *BMC Plant Biology*, 15 (145): 1-9.
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- Safahani, A.R., Kamakar, B. ve Nabizadeh, A. 2017. Cardinal temperatures and thermal time required for emergence of lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Legume Research*, 40 (2): 291-298.
- Sharma, S., Singh, V., Tanwar, H., Mor, V.S., Kumar, M., Punia, R.C., Dalal, M.S., Khan, M., Sangwan, S., Bhuker, A., Dagar, C.S., Yashveer, S. ve Singh, J. 2022. Impact of high temperature on germination, seedling growth and enzymatic activity of wheat. *Agriculture*, 12:1500.
- Singh, N.T. ve Dhaliwal, G.S. 1972. Effect of soil temperature on seedling emergence in different crops. *Plant and Soil*, 37: 441-444.
- Sita, K., Sehgal, A., HanumanthaRao, B., Nair, R.M., Vara Prasad, P.V., Kumar, S., Gaur, P.M., Farooq, M., Siddique, K.H.M., Varshney, R.K. ve Nayyar, H. 2017. Food legumes and rising temperatures: Effects, adaptive functional mechanisms specific to reproductive growth stage and strategies to improve heat tolerance. *Frontiers in Plant Sci.* 8 (1658): 1-30.
- Tanveer, A., Rehman, A., Javaid, M.M., Abbas, R.N., Sibtain, M., Ahmad, A., İbın Zamir, M.S., Chaudhary, K.M. ve Aziz, A. 2010. Allelopathic potential of *Euphorbia helioscopia* L. against wheat (*Triticum aestivum* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medic.). *Turk J Agric For.* 34: 75-81.
- Taratima, W., Chuanchumkan, C., Maneerattanarungroj, P., Trunjaruen, A., Theerakulpisut, P. ve Dongsansuk, A. 2022. Effect of heat stress on some physiological and anatomical characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) cv. KDML105 callus and seedling. *Biology*, 11 (1587): 1-14.
- Venugopalan, V.K., Nath, R., Sengupta, K., Nalia, A., Banerjee, S., Chandran, M.A.S., Ibrahimova, U., Dessoky, E.S., Attia, A.O., Hassan, M.M. ve Hossain, A. 2021. The response of lentil (*Lens culinaris* Medik.) to soil moisture and heat stress under different dates of sowing and foliar application of micronutrients. *Frontiers in Plant Sci.* 12 (679469): 1-16.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. ve Foolad, M.R. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* 61:199-223.
- Wang, N., Hatcher, D.W., Toews, R. ve Gawalko, E.J. 2009. Influence of cooking and dehulling on nutritional composition of several varieties of lentils (*Lens culinaris*). *Food Science and Technology*, 42 (4): 842-848.
- Watt, M.S. ve Bloomberg, M. 2012. Key features of the seed germination response to high temperatures. *New Phytologist*, 196: 332-336.