



Effects of Drought and Temperature Stress on Germination and Seedling Development of Sunflower

Nurgül Ergin^{1,a,*}, Mehmet Demir Kaya^{2,b}

¹Department of Field Crops, Faculty of Agriculture and Natural Sciences, Bilecik Şeyh Edebali University, 11230 Bilecik, Turkey

²Field Crops Department, Faculty of Agriculture, Eskişehir Osmangazi University, 26040 Eskişehir, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 13/10/2019 Accepted : 14/02/2020</p> <p>Keywords: Drought Germination <i>Helianthus annuus</i> L. Temperature Variety</p>	<p>This study was aimed to determine the responses of some sunflower hybrids to drought and low temperature stresses during germination and seedling development period. Sunflower hybrids of Sanbro MR, 63LE113, 64LL62 and Meteor were used in the study. Germination percentage, mean germination time, root and shoot length, root / shoot ratio, seedling fresh and dry weight of the sunflower hybrids were investigated at two temperatures (low 15°C and optimum 25°C) and drought stresses (distilled water, -1.5, -3.0, -4.5 and -6.0 bar) induced by polyethylene glycol 6000. The results of the research showed that there were significant differences among the sunflower hybrids in terms of the investigated characteristics. Increased drought stresses led to decreasing germination percentage, root and shoot length, seedling fresh weight, but caused a prolonged germination time and increased seedling dry weight. No significant change was observed in the germination and seedling development of the sunflower up to drought of -3,0 bar. The root / shoot ratio of sunflower hybrids increased at 15°C. The Sanbro MR had the fastest and highest germination along with the highest seedling fresh and dry weight at low temperature and higher drought stresses. It was concluded that sunflower hybrid Sanbro MR gave better performance under drought and low temperature conditions than the other hybrids.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(3): 598-602, 2020

Ayçiçeğinin Çimlenme ve Fide Gelişimi Üzerine Kuraklık ve Sıcaklık Streslerinin Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 13/10/2019 Kabul : 14/02/2020</p> <p>Anahtar Kelimeler: Çeşit Çimlenme <i>Helianthus annuus</i> L. Kuraklık Sıcaklık</p>	<p>Bu çalışmada, bazı ayçiçeği çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişim döneminde kuraklık ve düşük sıcaklık streslerine tepkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, Sanbro MR, 63LE113, 64LL62 ve Meteor hibrit ayçiçeği çeşitleri kullanılmıştır. İki sıcaklıkta (15°C ve 25°C) polietilen glikol 6000 kullanılarak oluşturulan farklı kuraklık şiddetlerine (distile su, -1,5; -3,0; -4,5 ve -6,0 bar) maruz bırakılan çeşitlerin çimlenme yüzdesi, ortalama çimlenme süresi, kök ve sürgün uzunluğu, kök/sürgün oranı, fide yaş ve kuru ağırlığı özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçları, incelenen özellikler bakımından ayçiçeği çeşitleri arasında önemli farklılıkların olduğunu göstermiştir. Artan kuraklık şiddeti çimlenme yüzdesini, kök ve sürgün uzunluğunu, fide yaş ağırlığını azaltırken, çimlenme süresini uzatmış ve fide kuru ağırlığını arttırmıştır. Ayçiçeğinde -3,0 bar kuraklık şiddetine kadar çimlenme ve fide gelişiminde önemli bir değişim belirlenmemiştir. Düşük sıcaklıkta (15°C) ayçiçeği çeşitlerinin kök/sürgün oranı artmıştır. Sanbro MR çeşidi düşük sıcaklık ve yüksek kuraklık şiddetlerinde en hızlı ve en yüksek çimlenme yüzdesi ile en yüksek fide yaş ve kuru ağırlığına sahip olmuştur. Sonuç olarak, kuraklık ve düşük sıcaklık stresinde Sanbro MR çeşidinin incelenen diğer çeşitlerden daha yüksek performans gösterdiği belirlenmiştir.</p>

^a nurgulergin180@gmail.com ^{ib} <https://orcid.org/0000-0003-3105-7504> | ^b kayademir76@gmail.com ^{ib} <https://orcid.org/0000-0002-4681-2464>



Giriş

Tohumluk, bitkisel üretimde başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Tarlada istenilen bitki sıklığının sağlanması, daha güçlü ve sağlıklı fidelerin elde edilmesi, yüksek kalitedeki tohumluklarla sağlanabilmektedir (Şehirli, 1997). Ekimden sonra tohumların hızlı ve üniform bir şekilde çimlenerek çıkış yapmaları bitkilerin hem biyotik hem abiyotik streslere tolerans sağlaması bakımından oldukça önemlidir (Er ve Başalma, 2014). Her ne kadar yüksek kalitede tohumluk kullanılsa da, tohumun çimlenmesi için gerekli olan başta su olmak üzere, uygun sıcaklık ve oksijen (hava) bulunmadığında çimlenme gerçekleşmemektedir (Miloseviç ve ark., 2010). Tarla koşullarında tohumların çimlenmesi için gerekli şartlar nadiren optimum düzeyde olmaktadır. Özellikle yazlık ekilen bitkilerde erken ekim koşullarında düşük sıcaklık, geç ekimde kuraklık, ve aşırı yağış koşullarında ise havasızlık tohumun çimlenmesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Ayçiçeği ülkemizde ekimi ve üretimi en fazla yapılan yağlı tohumlu bitki konumundadır. Ülkemizdeki iklim koşullarının ayçiçeğine uygun olmasının yanında, ayçiçeğinin adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması, hem kuru hem de sulu koşullarda yetiştirilebilmesi ve ekiminden hasadına kadar mekanizasyona uygun bir bitki olması, ayçiçeğini diğer yağ bitkilerine göre avantajlı duruma getirmektedir. Ayrıca, tohumlarında bulunan yüksek orandaki kaliteli yağ (%40-55) nedeniyle birim alandan elde edilen yağ miktarı yükselmekte, yağ üretim maliyetlerini ise düşürmektedir (Kolsarıcı ve ark., 2015). Ülkemizde 2018 yılı verilerine göre, yağlık ayçiçeği ekim alanı 650 bin hektar üretimi ise 1.800.000 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2019).

Ayçiçeği üretimimizin yaklaşık %70'i kuru, %30'u ise sulu koşullarda gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2019). Kuru koşullarda verimi sınırlayan en önemli problem yağış yetersizliğidir (Flagella ve ark., 2002). Bu nedenle özellikle çiçeklenme döneminde kuraklık stresinden kaçınmak için ekimin daha erken yapılmalı ve bitkilerin daha erken çıkışı sağlanmalıdır. Son yıllarda özellikle yağış rejimindeki düzensizlikler nedeniyle ayçiçeğinin ekim zamanında yeterli yağış alınamamaktadır. Ayrıca, bu dönemde toprak sıcaklığı da henüz 12-15°C civarındadır. Ekilen tohumlar hem kuraklık hem de düşük sıcaklık nedeniyle çimlenememekte, bitki çıkışları ise gecikmekte veya gerçekleşmemektedir (Kaya ve ark., 2006). Toscano ve ark. (2017) süs amaçlı kullanılan ayçiçeği çeşitlerinin sıcaklık ve kuraklık streslerine farklı tepkiler verdiğini ve -0,45 MPa kuraklık stresinde çimlenme ve fide gelişiminin önemli şekilde azaldığını belirlemişlerdir. Ayçiçeğinde abiyotik streslerle yapılan araştırmalarda, kuraklık ve sıcaklıkla ilgili yapılan çalışmaların çoğu yüksek sıcaklık ve kuraklık streslerinin birlikte yürütüldüğü çalışmalara yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, düşük sıcaklıkla ilgili yapılan araştırmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada ise, ülkemizde yetiştirilen bazı yağlık ayçiçeği çeşitlerinin düşük sıcaklık ve farklı kuraklık şiddetlerindeki çimlenme ve fide gelişim özellikleri ile çeşitlerin bu streslere tepkilerini incelemek amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışmada dört ayçiçeği çeşidine (Sanbro

MR, Meteor, 64LL62 ve 63LE113) ait tohumlar kullanılmıştır. Düşük sıcaklık 15°C'de ve kontrol olarak ise 25°C sıcaklık kullanılmıştır. Farklı kuraklık şiddetleri ise polietilen glikol (PEG 6000) kullanılarak oluşturulan -1,5, -3,0, -4,5 ve -6,0 bar osmotik potansiyele sahip solüsyonlarla sağlanmıştır (Michel ve Kaufmann, 1973). Ayrıca, kontrol olarak distile su ($\approx 0,0$ bar) kullanılmıştır.

Çimlenme denemeleri 20×20 cm boyutlarındaki üç adet kurutma kağıdı arasında tamamen karanlık inkübatörde yürütülmüştür. Araştırma dört tekerrürlü ve her tekerrürde 50 adet tohum olacak şekilde tesadüf parselleri deneme deseninde iki faktörlü olarak kurulmuştur. Her bir kağıt için uygun test solüsyonundan 7 ml eklenmiş, tohumlar yerleştirildikten sonra rulo yapılarak buharlaşmayı engellemek için ağzı kilitli poşetler içerisine konulmuştur. İki gün arayla kağıtlar yenilenmiş ve tohumlar bu kağıtlara aktarılmıştır. İki milimetre radikula uzunluğuna sahip tohumlar çimlenmiş kabul edilmiş ve çimlenen tohumlar her gün sayılmıştır (ISTA, 2003). Çimlenme yüzdesi, 10. günde çimlenen tohumların sayısının toplam tohum sayısına oranlanmasıyla yüzde (%) olarak belirlenmiştir. Çimlenme hızını belirlemek amacıyla ortalama çimlenme süresi Ellis ve Roberts (1980)'a göre hesaplanmıştır. Kök ve sürgün uzunluğu ile fide yaş ağırlığına ilişkin ölçümler 10. günde her tekerrürden tesadüfen seçilen 10 adet fide ölçülerek belirlenmiştir. Fide kuru ağırlığı ise 70°C'de 48 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılarak bulunmuştur.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler MSTAT-C paket programı kullanılarak varyans analiz yapılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların önem düzeylerini belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).

Bulgular ve Tartışma

Bazı yağlık ayçiçeği çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişim dönemlerinde düşük (15°C) ve optimum (25°C) sıcaklıklarda kuraklık streslerine tepkilerinin incelendiği bu çalışmada, incelenen tüm özelliklerde kuraklık şiddeti ve sıcaklık × kuraklık şiddeti etkileşimi arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sıcaklıklar arasında ise çimlenme yüzdesi ve kök / sürgün oranı önemsiz, diğer özellikler arasındaki farklılıkların önemli olduğu belirlenmiştir. İncelenen faktörlerin ana etkileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Düşük sıcaklıkta çimlenme süresi uzarken, kök ve sürgün uzunlukları ve buna bağlı olarak da fide yaş ağırlığı azalmıştır (Çizelge 1). Bununla birlikte, kök/sürgün oranı ile fide kuru ağırlığı düşük sıcaklıkta daha yüksek bulunmuştur. Çeşitler arasında ise en yüksek sürgün uzunluğu, fide yaş ve kuru ağırlığı Sanbro MR çeşidinden elde edilirken, en kısa çimlenme süresi 64LL62 çeşidinde belirlenmiştir. Kuraklık şiddetlerinin artmasıyla ortalama çimlenme süresi uzamış ve kök/sürgün oranı artmış, diğer özellikler ise azalmıştır. Toscano ve ark. (2017) optimum çimlenme sıcaklığının altındaki ve üstündeki sıcaklıklarda, inceledikleri ayçiçeği çeşitlerinin çimlenmesi ve fide gelişiminde gerileme olduğunu bildirmişlerdir.

Ayçiçeği çeşitlerinin optimum sıcaklıktaki kuraklık şiddetlerine tepkileri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Çimlenme yüzdesi kuraklık şiddetinin artmasıyla birlikte

azalmasına rağmen, çeşitler farklı tepkiler göstermiştir. 63LE113 ve 64LL62 çeşitlerinin çimlenme oranı kontrolde %98,0 ve %99,5 iken, en yüksek kuraklık şiddetinde (-6,0 bar) %93,0 olarak belirlenmiştir. Çimlenme yüzdesi kuraklık şiddetlerinden en fazla etkilenen çeşit Meteor olmuştur. Ortalama çimlenme süresi çimlenme hızının göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Bu bakımdan ayçiçeği çeşitleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiş ve en hızlı çimlenen çeşidin 1,54 gün ile 64LL62 olduğu belirlenmiştir. Artan kuraklık şiddeti çimlenme hızının azalmasına neden olmuştur. Tüm kuraklık şiddetlerinde en kısa sürede çimlenen çeşitlerin 63LE113 ve 64LL62 olduğu tespit edilmiştir. Benzer bulgular ayçiçeğinde kuraklık stresi arttıkça çimlenme yüzdesi ve çimlenme

oranında düşüş olduğunu bildiren Kaya ve ark. (2006), Khodarahmpour (2011), Luan ve ark. (2014), Toscano ve ark. (2017) ve Vassilevska-Ivanova ve ark. (2014) tarafından da tespit edilmiştir. Ayrıca, mısır (Magar ve ark., 2019), mercimek (Muscolo ve ark., 2014) ve şeker pancarı (Sadeghian ve Yavani, 2004) tohumlarında kuraklık stresinin çimlenme oranında azalmalara neden olduğu da belirlenmiştir. Kök uzunluğu bakımından çeşitler ve kuraklık şiddetlerine göre yine 63LE113 ve 64LL62 çeşitleri en yüksek değerleri göstermiştir. Sürgün uzunluğunda ise Sanbro MR çeşidi -4,5 bar kuraklık şiddetine kadar en yüksek değerlere sahip olurken, -6,0 bar şiddetinde 63LE113 ve 64LL62 çeşitleri öne çıkmıştır.

Çizelge 1. Ayçiçeği çeşitleri, sıcaklık ve kuraklık şiddetlerine göre incelenen özelliklerin ortalama değerleri

Table 1. Mean values of investigated characteristics of sunflower hybrids under temperatures and drought stresses

Faktörler	ÇY	OÇS	KU	SU	KSO	FYA	FKA
Sıcaklık							
15°C	81,1	4,93 ^a	2,10 ^b	0,95 ^b	2,21	11,3 ^b	5,19 ^{a*}
25°C	82,0	3,22 ^b	2,22 ^a	1,29 ^a	1,75	14,8 ^a	4,72 ^b
Çeşit							
Sanbro MR	84,8 ^b	3,69 ^c	2,11 ^b	1,42 ^a	1,48 ^c	15,8 ^a	6,40 ^a
63LE113	82,5 ^c	4,22 ^b	2,32 ^a	1,00 ^c	2,32 ^a	11,6 ^c	4,33 ^d
64LL62	91,2 ^a	3,38 ^d	2,29 ^a	1,17 ^b	1,95 ^c	12,9 ^b	4,56 ^c
Meteor	67,7 ^d	5,01 ^a	1,92 ^c	0,90 ^c	2,13 ^b	12,0 ^c	4,89 ^b
Kuraklık şiddeti (bar)							
Kontrol	94,5 ^a	2,66 ^e	3,45 ^a	2,95 ^a	1,17 ^e	26,5 ^a	5,00 ^b
-1,5	92,3 ^a	3,26 ^d	2,35 ^b	1,01 ^b	2,30 ^d	13,1 ^b	5,16 ^{ab}
-3,0	88,8 ^b	3,82 ^c	2,12 ^c	0,77 ^c	2,75 ^c	10,4 ^c	5,26 ^a
-4,5	79,7 ^c	4,80 ^b	1,73 ^d	0,55 ^d	3,14 ^b	8,5 ^d	5,01 ^b
-6,0	54,4 ^d	5,84 ^a	1,16 ^e	0,33 ^e	3,51 ^a	6,9 ^e	4,35 ^c

ÇY: Çimlenme yüzdesi (%), OÇS: Ortalama Çimlenme Süresi (gün), KU: Kök uzunluğu (cm), SU: Sürgün uzunluğu (cm), KSO: Kök / sürgün oranı (%), FYA: Fide yaş ağırlığı (mg bitki⁻¹), FKA: Fide kuru ağırlığı (mg bitki⁻¹), *: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark yoktur.

Çizelge 2. Optimum sıcaklıktaki (25°C) kuraklık streslerinde ayçiçeği çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişim özelliklerine ait ortalamalar

Table 2. Mean values of the germination and seedling growth parameters of sunflower hybrids subjected to drought stresses at optimum temperature (25°C)

Kurak (bar)	Çeşit	ÇY	OÇS	KU	SU	KSO	FYA	FKA
Kontrol	Sanbro MR	89,0 ^d	2,17 ^{efg}	3,80 ^b	5,20 ^a	0,73 ^k	39,8 ^a	5,48 ^{b-e*}
	63LE113	98,0 ^{abc}	1,98 ^{fg}	5,48 ^a	3,46 ^{bc}	1,58 ^{ij}	30,0 ^c	4,15 ⁱ
	64LL62	99,5 ^a	1,54 ^g	3,91 ^b	3,81 ^b	1,02 ^{jk}	36,5 ^b	4,38 ^{hi}
	Meteor	89,5 ^{cd}	2,66 ^{def}	3,51 ^b	3,16 ^c	1,11 ^{jk}	32,0 ^c	5,28 ^{c-f}
-1.5	Sanbro MR	91,0 ^{a-d}	2,33 ^{ef}	2,01 ^{c-f}	1,28 ^d	1,58 ^{ij}	17,0 ^d	6,25 ^a
	63LE113	88,0 ^d	2,65 ^{def}	2,44 ^c	1,03 ^e	2,36 ^{fgh}	13,1 ^{ef}	4,20 ⁱ
	64LL62	99,0 ^a	1,95 ^{fg}	2,39 ^c	0,87 ^{ef}	2,72 ^{ef}	13,9 ^e	4,43 ^{hi}
	Meteor	80,5 ^e	3,18 ^d	2,30 ^{cd}	1,05 ^{de}	2,20 ^{f-i}	14,3 ^e	5,23 ^{d-g}
-3.0	Sanbro MR	92,5 ^{a-d}	2,78 ^{de}	1,83 ^{c-g}	1,07 ^{de}	1,74 ^{hij}	13,2 ^{ef}	6,02 ^{abc}
	63LE113	74,5 ^{ef}	3,25 ^{cd}	2,24 ^{c-f}	0,52 ^{efg}	4,31 ^{ab}	9,0 ^{gh}	4,43 ^{hi}
	64LL62	98,5 ^{ab}	2,28 ^{efg}	2,10 ^{c-f}	0,68 ^{efg}	3,08 ^{de}	9,3 ^{gh}	4,42 ^{hi}
	Meteor	72,0 ^f	4,00 ^{bc}	2,04 ^{c-f}	0,49 ^{fg}	4,17 ^{abc}	10,7 ^{fg}	5,98 ^{a-d}
-4.5	Sanbro MR	90,0 ^{bcd}	3,28 ^{cd}	1,36 ^{gh}	0,68 ^{efg}	2,00 ^{ghi}	11,0 ^{fg}	6,20 ^{ab}
	63LE113	94,5 ^{a-d}	3,36 ^{cd}	1,62 ^{efg}	0,34 ^{fg}	4,76 ^d	6,5 ^h	4,00 ^j
	64LL62	92,0 ^{a-d}	3,38 ^{cd}	1,66 ^{efg}	0,54 ^{fg}	3,06 ^{de}	7,6 ^h	4,50 ^{ghi}
	Meteor	41,0 ^h	5,75 ^a	1,73 ^{d-g}	0,43 ^g	4,02 ^{abc}	8,7 ^{gh}	5,05 ^{e-h}
-6.0	Sanbro MR	51,5 ^g	4,40 ^b	1,04 ^h	0,30 ^{gh}	3,46 ^{cd}	8,7 ^h	5,85 ^{a-d}
	63LE113	93,0 ^{a-d}	3,44 ^{cd}	1,60 ^{fgh}	0,49 ^{gh}	3,26 ^{cde}	6,8 ^h	4,02 ^j
	64LL62	93,0 ^{a-d}	3,33 ^{cd}	1,50 ^{fgh}	0,57 ^{fg}	2,63 ^{efg}	7,8 ^h	4,58 ^{f-i}
	Meteor	12,0 ⁱ	_a	_i	_h	_l	_i	_k

ÇY: Çimlenme yüzdesi (%), OÇS: Ortalama Çimlenme Süresi (gün), KU: Kök uzunluğu (cm), SU: Sürgün uzunluğu (cm), KSO: Kök / sürgün oranı (%), FYA: Fide yaş ağırlığı (mg bitki⁻¹), FKA: Fide kuru ağırlığı (mg bitki⁻¹), *: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark yoktur.

-: Yeterli çimlenme ve fide gelişimi olmadığı için ölçüm alınamamıştır.

Çizelge 3. Düşük sıcaklıktaki (15°C) kuraklık streslerinde ayçiçeği çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişim özelliklerine ait ortalamalar

Table 3. Mean values of the germination and seedling growth parameters of sunflower hybrids subjected to drought stresses at low temperature (15°C)

Kurak (bar)	Çeşit	ÇY	OÇS	KU	SU	KSO	FYA	FKA
Kontrol	Sanbro MR	93,0 ^a	3,38 ^j	3,12 ^a	2,17 ^b	1,43 ^{hij}	20,8 ^a	6,41 ^{a*}
	63LE113	99,5 ^a	2,95 ^k	3,06 ^a	1,74 ^c	1,76 ^{ghi}	17,1 ^b	4,53 ^h
	64LL62	99,5 ^a	2,60 ^l	2,50 ^{bc}	2,48 ^a	1,00 ^j	19,0 ^a	4,45 ^h
	Meteor	88,0 ^{ab}	4,04 ^h	2,20 ^{cde}	1,54 ^c	1,40 ^{ij}	16,7 ^b	5,33 ^{c-f}
-1.5	Sanbro MR	93,8 ^a	3,43 ^j	2,37 ^{cd}	1,15 ^d	2,02 ^{e-i}	15,6 ^b	6,55 ^a
	63LE113	98,5 ^a	3,94 ^{hi}	2,21 ^{cde}	0,84 ^{efg}	2,52 ^{d-g}	9,3 ^{def}	4,40 ^h
	64LL62	100,0 ^a	3,64 ^{ij}	2,83 ^{ab}	1,06 ^{def}	2,67 ^{c-f}	10,9 ^{cd}	4,63 ^{gh}
	Meteor	87,5 ^{ab}	4,98 ^f	2,31 ^{cd}	0,79 ^{fgh}	2,92 ^{bcd}	10,9 ^{cd}	5,63 ^{b-e}
-3.0	Sanbro MR	92,5 ^a	4,13 ^h	2,24 ^{cde}	1,13 ^{de}	1,98 ^{f-i}	12,8 ^c	6,25 ^{ab}
	63LE113	97,5 ^a	4,81 ^{fg}	2,21 ^{cde}	0,79 ^{fgh}	2,80 ^{cde}	9,0 ^{d-g}	4,50 ^h
	64LL62	97,0 ^a	3,33 ^j	2,25 ^{cde}	1,00 ^{def}	2,25 ^{e-h}	10,2 ^{de}	5,00 ^{e-h}
	Meteor	85,5 ^{ab}	5,98 ^d	2,01 ^{def}	0,50 ^{hi}	4,03 ^a	9,5 ^{def}	5,50 ^{cde}
-4.5	Sanbro MR	93,0 ^a	4,48 ^g	2,10 ^{c-f}	0,78 ^{fgh}	2,69 ^{c-f}	10,1 ^{de}	5,95 ^{abc}
	63LE113	61,0 ^c	7,02 ^c	1,33 ^{gh}	0,49 ^{hi}	2,71 ^{c-f}	7,1 ^{gh}	4,40 ^h
	64LL62	87,5 ^{ab}	4,75 ^{fg}	2,20 ^{cde}	0,64 ^{ghi}	3,44 ^{abc}	7,2 ^{gh}	4,75 ^{fgh}
	Meteor	78,5 ^b	6,36 ^e	1,85 ^{ef}	0,52 ^{hi}	3,60 ^{ab}	9,5 ^{def}	5,20 ^{d-g}
-6.0	Sanbro MR	61,5 ^c	6,58 ^d	1,20 ^h	0,48 ⁱ	2,55 ^{d-g}	9,3 ^{def}	5,48 ^{cde}
	63LE113	20,5 ^e	7,82 ^a	1,11 ^h	0,36 ⁱ	3,08 ^{abc}	7,8 ^{fgh}	4,68 ^{fgh}
	64LL62	45,5 ^d	7,04 ^c	1,68 ^{fg}	j	k	6,5 ^h	4,50 ^h
	Meteor	42,5 ^d	7,43 ^b	1,26 ^h	0,52 ^{ghi}	2,34 ^{d-g}	8,0 ^{e-h}	5,70 ^{bcd}

ÇY: Çimlenme yüzdesi (%), OÇS: Ortalama Çimlenme Süresi (gün), KU: Kök uzunluğu (cm), SU: Sürgün uzunluğu (cm), KSO: Kök / sürgün oranı (%), FYA: Fide yaş ağırlığı (mg bitki⁻¹), FKA: Fide kuru ağırlığı (mg bitki⁻¹), *: Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark yoktur. -: Fide gelişimi olmadığı için ölçüm alınmamıştır.

Kuraklık stresi arttıkça bitkilerde kök ve sürgün uzunluğunun azaldığı Dutta ve ark. (2008), Saensee ve ark. (2012) ve Ahmad ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Ayçiçeği çeşitlerinin fide yaş ağırlığı artan kuraklık şiddetine bağlı olarak azalmışsa da, tüm kuraklık streslerinde en yüksek yaş ağırlık Sanbro MR çeşidinden elde edilmiştir. Clapco ve ark. (2018) yaptığı çalışmada, ayçiçeğinde fide yaş ağırlığı değerlerinin artan kuraklık dozlarından olumsuz yönde etkilendiğini bildirmişlerdir. Sanbro MR çeşidi tüm kuraklık şiddetlerinde en yüksek kuru ağırlık değerlerini vermiştir.

Çizelge 3'de görüldüğü gibi, düşük sıcaklıkta (15°C) ayçiçeği çeşitlerinin çimlenme yüzdesi artan kuraklık şiddetlerine göre farklılık göstermiştir. Çeşitlerin çimlenme yüzdesinde -3,0 bar kuraklık şiddetine kadar önemli bir değişim belirlenmemiş, -4,5 bar ve -6,0 bar kuraklık şiddetlerinde ise Sanbro MR çeşidi daha yüksek çimlenme oranına sahip olmuştur. Ayçiçeği çeşitlerin çimlenme hızı kuraklık şiddeti arttıkça azalmış ve Sanbro MR en yüksek kuraklık şiddetlerinde daha kısa sürede çimlenmiştir. Düşük sıcaklıkta çeşitlerin kök uzunluğu farklılık göstermiş, Sanbro MR 3,12 cm ile en yüksek kök uzunluğunu vermiştir. Ancak kuraklık şiddetlerinin artmasıyla 64LL62 çeşidinin kök uzunluğu daha yüksek bulunmuştur. Sürgün uzunluğunda kontrolde 64LL62 çeşidi 2,48 cm ile en yüksek değeri verirken, kuraklık şiddetlerinde Sanbro MR daha uzun sürgün uzunluğuna sahip olmuştur. Benzer bulgular, Toscano ve ark. (2017) tarafından da belirlenmiş ve düşük sıcaklık stresinde Zohar çeşidinin kök ve sürgün uzunluğunun artan kuraklık stresine karşı daha toleranslı olduğunu belirlemiştir. El-Midaoui ve ark. (2003) ve Kaya ve ark. (2006) ayçiçeği genotiplerinin kök ve sürgün uzunluklarının artan kuraklık

dozlarıyla azaldığını bildirmişlerdir. Kuraklık şiddetinin artışına bağlı olarak kök / sürgün oranında artış gözlenmesine rağmen, herhangi bir çeşidin üstünlüğü tespit edilmemiştir. Bitkilerin kökleri ve sürgünlerinin kuraklık stresinden farklı oranlarda etkilendiği bulunmuştur. Stres altındaki bitkilerin sürgün gelişiminin, kök gelişimine göre daha fazla baskılandığı ve bu yüzden kök / sürgün oranının arttığı Fulda ve ark. (2011) ve Khodarahmpour (2011) tarafından yapılan çalışmalarla da belirlenmiştir. Fide yaş ağırlığı kuraklıktan belirgin bir şekilde etkilenmiş ve kuraklık şiddeti arttıkça yaş ağırlık azalmıştır. Tüm kuraklık şiddetlerinde Sanbro MR çeşidinden daha yüksek fide yaş ağırlığı ölçülmüştür. Bulgularımız ayçiçeğinde fide yaş ağırlığının artan kuraklık şiddetiyle azaldığını bildiren Toscano ve ark. (2017)'nin sonuçlarını desteklemektedir. Fide kuru ağırlığında ise kuraklık şiddetlerinde bağlı olarak önemli bir azalma saptanmamış, Sanbro MR ve Meteor çeşitlerinden daha yüksek fide kuru ağırlığı ölçülmüştür.

Sonuç

Ayçiçeğinde abiyotik streslerle yapılan araştırmalarda, kuraklık ve sıcaklıkla ilgili yapılan çalışmaların çoğu yüksek sıcaklık ve kuraklık streslerinin birlikte yürütüldüğü çalışmalara yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, düşük sıcaklıkla ilgili yapılan araştırmalar oldukça sınırlı kalmıştır. Yürütülen bu araştırma sonucunda, farklı kuraklık ve sıcaklıklarda ayçiçeği çeşitlerinin çimlenme ve fide gelişimleri arasında önemli farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir. Kuraklıkta ve düşük sıcaklıkta ayçiçeğinin çimlenme oranı ve fide gelişimi azalmıştır. Bununla birlikte kök / sürgün oranı hem kuraklık hem de düşük

sıcaklık streslerinde artış göstermiştir. Bu durum, stres şartlarında ayçiçeğinin kök gelişiminin sürgün gelişiminden daha fazla olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, ayçiçeğinin çimlenme ve fide gelişiminde -3,0 bar kuraklık şiddetine tolerans gösterebileceği belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen çeşitler arasında kuraklık ve düşük sıcaklık stresine Sanbro MR çeşidinin daha toleranslı olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- Ahmad S, Ahmad R, Ashraf MY, Ashraf M, Waraich EA. 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. Pak. J. Bot., 41(2): 647-654.
- Clapco S, Tabara O, Mutu A, Gisca I, Port A, Joita-Pacureanu M, Duca M. 2018. Screening of some sunflower hybrids for drought tolerance under laboratory conditions. Lucrari Stiintifice., 61(1): 205-210.
- Dutta P, Bera AK. 2008. Screening of mungbean genotypes for drought tolerance. Legume Res., 31(2): 145-148.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F. 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metotları II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1021. Ders Kitabı, 295 s.
- El Midaoui M, Serieys H, Griveau Y, Benbella M, Talouizte A, Berville A, Kaan F. 2003. Effects of osmotic and water stresses on root and shoot morphology and seed yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes bred for morocco or issued from introgression with *H. argophyllus* T. & G. and *H. debilis* Nutt. Helia, 26(38): 1-16. DOI: <https://doi.org/10.2298/hel0338001m>.
- Ellis RH, Roberts EH. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. In: Hebblethwaite, P.D. (Ed.), Seed Production. Butterworths, London, p. 605-635.
- Er C, Başalma D. 2014. Tohumluk ve Tohumculuk: Temel İlkeler ve Teknoloji. Nobel Akademik Yayıncılık. 250s.
- Flagella Z, Rotunno T, Tarantino E, Caterina R, Caro A, Di Caterina R, Di Caterina A, De-Caro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime. Europ. J. Agron., 17: 221-230. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00012-6).
- Fulda S, Mikkat S, Stegmann H, Horn R. 2011. Physiology and proteomics of drought stress acclimation in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Plant Biology, 13(4): 632-642. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.2010.00426.x>.
- ISTA, 2003. International Seed Testing Association. ISTA Handbook on Seedling Evaluation, 3rd ed.
- Kaya MD, Okçu G, Atak M, Çikili Y, Kolsarıcı Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Europ. J. Agron., 24(4): 291-295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.08.001>.
- Khodarahmpour Z. 2011. Effect of drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) on germination indices in corn (*Zea mays* L.) hybrids. Afr. J. Biotechnol., 10(79): 18222-18227. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJB11.2639>.
- Kolsarıcı Ö, Kaya MD, Göksoy AT, Arıoğlu H, Kulan EG, Day S. 2015. Yağlı tohumlu bitkiler üretiminde yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, s:401-425. 12-16 Ocak, Ankara.
- Luan Z, Xiao M, Zhou D, Zhang H, Tian Y, Wu Y, Guan B, Song Y. 2014. Effects of salinity, temperature, and polyethylene glycol on the seed germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Sci. World J., p: 9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/170418>
- Magar MM, Parajuli A, Sah BP, Shrestha J, Sakh BM, Koirala KB, Dhital SP. 2019. Effect of PEG induced drought stress on germination and seedling traits of maize (*Zea mays* L.) lines. Turk. J. Agric. & Natural Sci., 6(2): 196-205. DOI: <https://doi.org/10.30910/turkjans.556607>.
- Michel BE, Kaufmann MR. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol., 51: 914-916. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914>.
- Milošević, M., M. Vujaković, and D. Karagić (2010). Vigour tests as indicators of seed viability. Genetika, 42: 103-118. DOI: <https://doi.org/10.2298/GENSR1001103M>.
- Muscolo A, Sidari M, Anastasi U, Santonoceto C, Maggio A. 2014. Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes. J. Plant Interac., 9(1): 354-363. DOI: <https://doi.org/10.1080/17429145.2013.835880>.
- Sadeghian SY, Yavari N. 2004. Effect of water deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. J. Agron. Crop Sci., 190(2): 138-144. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2004.00087.x>.
- Saensee K, Machikowa T, Muangsang N. 2012. Comparative performance of sunflower synthetic varieties under drought stress. Int. J. Agric. Biol., 14(6): 929-934.
- Şehirli, S. 1997. Tohumluk ve Teknolojisi. Fakülteler Matbaası, İstanbul. 422s.
- Toscano S, Romano D, Tribulato A, Patanè C. 2017. Effects of drought stress on seed germination of ornamental sunflowers. Acta Physiol. Plant., 39(8): 184. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2484-8>.
- TÜİK, 2019. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> (E.T: 11.11.2019).
- Vassilevska-Ivanova R, Shtereva L, Kraptchev B, Karceva T. 2014. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes to PEG-mediated water stress. Open Life Sci., 9(12): 1206-1214. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11535-014-0355-5>.