



Response of Barley Cultivars with Different Growth Habit to Vernalization Periods

Mazlum Erdem^{1,a,*}, Fahri Sönmez^{1,b}, Nurselin Yılmaz^{1,c}, İbrahim Saygılı^{1,d}

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tokat, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 18.10.2024 Accepted : 25.11.2024</p> <p>Keywords: Heading time Jointing Rapid generation advance <i>Hordeum vulgare</i> Vernalization</p>	<p>Vernalization is the need for low temperatures during the early developmental stages in some plants. These plants need to stay at low temperature for a certain period of time in order to make the transition from vegetative to generative stage. This study was conducted to determine the responses of some barley cultivars to vernalization treatments. In the present study, four winter, two alternative and two spring in barley cultivars were used. The experimental design was factorial with three replicates. Germinated seeds of barley varieties were vernalized in small containers containing peat at 2°C for 0, 4, 5 and 6 weeks. Developing seedlings were transferred to pots and grown at a constant temperature of 22°C in 22 hours day/2 hours night. Jointing, heading time, maturity time, number of fertile tillers, number of grains per spike and thousand grain weight were evaluated. The effect of vernalization treatments on all the characters examined varied significantly according to the varieties. The winter cultivars Sladoran, Alba, Dicktoo and Aydanhanım did not head without vernalization. Considering the heading time of these cultivars, it was determined that four weeks of vernalization application was sufficient. In the alternative cultivars Tokak 157/37 and Kearney, four weeks of vernalization resulted in earlier heading of 9 and 40 days, respectively. In spring cultivars, vernalization application did not result in a significant change. Considering the time elapsed during vernalization application, four weeks of vernalization is the most appropriate period for all winter cultivars. Since the vernalization application for alternative cultivars is variable depending on the genotype, it is necessary to determine the vernalization periods in case they are used in breeding programs.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(s3): 2742-2748, 2024

Farklı Gelişme Tabiatlı Arpa Çeşitlerinin Vernalizasyon Sürelerine Tepkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 18.10.2024 Kabul : 25.11.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: Başaklanma süresi Sapa kalkma Hızlı jenerasyon ilerleme <i>Hordeum vulgare</i> Vernalizasyon</p>	<p>Vernalizasyon bazı bitkilerin erken gelişme dönemlerindeki düşük sıcaklık ihtiyacıdır. Bu bitkilerin vejetatif dönemden generatif döneme geçiş yapabilmesi için belli bir süre düşük sıcaklıkta kalmaları gerekir. Bu çalışma bazı arpa çeşitlerinin vernalizasyon uygulamalarına tepkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Dört kışlık, iki alternatif ve iki yazlık arpa çeşidinin kullanıldığı bu araştırma tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre üç tekerrürlü yürütülmüştür. Arpa çeşitlerinin çimlenmiş tohumları torf içeren küçük kaplarda 0, 4, 5 ve 6 hafta süreyle 2°C’de vernalizasyon uygulaması için bekletilmiştir. Gelişen fideler saksıya aktarılmış ve serada 22 saat ışık/2 saat karanlıkta 22°C sabit sıcaklıkta yetiştirilmiştir. Bitkilerde sapa kalkma süresi, başaklanma süresi, olgunlaşma süresi, fertil kardeş sayısı, başakta tane sayısı ve bin tane ağırlığı belirlenmiştir. Vernalizasyon uygulamalarının incelenen bütün karakterlere etkisi çeşitlere göre önemli derecede değişmiştir. Araştırmada kullanılan kışlık çeşitler Sladoran, Alba, Dicktoo ve Aydanhanım vernalizasyon ihtiyacı karşılanmadan başaklanamamışlardır. Bu çeşitlerde başaklanma süresi göz önüne alındığında dört haftalık vernalizasyon uygulamasının yeterli olduğu belirlenmiştir. Dört haftalık vernalizasyon, alternatif çeşitler Tokak 157/37’de 9 gün, Kearney’de ise 40 gün daha erken başaklanma sağlamıştır. Yazlık çeşitlerde vernalizasyon uygulaması belirgin bir değişikliğe neden olmamıştır. Vernalizasyon uygulaması süresince geçen süre de göz önüne alındığında bütün kışlık çeşitler için dört haftalık vernalizasyon süresi en uygun süre olarak görülmektedir. Alternatif çeşitler için vernalizasyon uygulaması ise genotipe bağlı değişken olduğundan dolayı, bu çeşitlerin ıslah programlarında kullanımı durumunda mutlaka vernalizasyon sürelerinin belirlenmesi gerekmektedir.</p>

^a mzmedem@gmail.com
^c nurselin501@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0003-1568-1016>
^d <https://orcid.org/0000-0002-9833-1312>

^b fonmez60@hotmail.com
^d ibrahimsaygili50@gmail.com
^b <https://orcid.org/0000-0003-3318-9842>
^d <https://orcid.org/0000-0003-0449-4872>



Giriş

Dünyada geniş bir coğrafyaya yayılan arpa, genel olarak hayvan yemi ve malt sanayisinde kullanılmaktadır. Dünya arpa tarımının büyük bir kısmı kuru tarımın yaygın olduğu kışları soğuk bölgelerde gerçekleştirilmektedir. Düşük sıcaklıkların ve bitki gelişimi döneminde yağışın yetersiz olduğu bölgelerdeki arpa üretimi vernalizasyon sayesinde daha verimli olabilmektedir (Fernández-Calleja ve ark., 2021). Vernalizasyonun düşük sıcaklığın hakim olduğu bölgeler için gerekliliği ve faydası göz ardı edilemez. Ancak vernalizasyon gereksinimi olan çeşitlerin modern ıslah programlarında kullanımı uzun jenerasyon sürelerinden dolayı önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Hızı ve etkin bir bitki ıslahının en önemli göstergesi bir yılda elde edilecek jenerasyon sayısıdır. Arpada başaklanma süresi bir yılda elde edilecek jenerasyon süresinin en önemli göstergesidir (Cha ve ark., 2022). Başaklanma süresi kuraklık toleransı, erken ilkbahar yağışlarından faydalanma, tarım zararlılarının yaşam döngüsünden kaçış gibi çok sayıda faydaları vardır. Diğer taraftan geç başaklanmanın da daha uzun vejetasyonu olan, yağışlı bölgelerde daha yüksek verim gibi avantajları vardır. Bu yüzden farklı iklimlerde üretilen arpa kültür çeşitlerinde, başaklanma süresi bakımından oldukça geniş bir varyasyon vardır. Arpada başaklanma süresinin en önemli iki belirleyicisi vernalizasyon ve gün uzunluğuna tepkidir (Laurie, 2009). Bitki ıslahı programlarında bitkilerin jenerasyon süresi fotoperiyot tepkisinin değişkenliğinden faydalanarak çeşitli yollarla (uzun süreli ışıklanma, renkli ışıkların kullanımı ve ışığın şiddetini ya da kalitesini artırma) kısaltılabilmektedir (Sanna ve ark., 2014). Ancak vernalizasyon gereksinimi olan kışlık arpada daha kısa jenerasyonlar süresi için fotoperiyot düzenlenmesinden daha fazlası gerekmektedir.

Vernalizasyon bir bitkinin vejetatif dönemden generatif döneme geçmesi için düşük sıcaklık dönemine ihtiyaç duymasıdır. Bitkilerin kış soğuklarından zarar görme riskini azaltan vernalizasyon, kışlık ekime olanak sağlar (Karsai ve ark., 2005). Böylece bitkiler daha uzun bir vejetasyonda ve daha fazla su varlığında gelişme şansı bulur. Bunların yanında vernalizasyon gereksinimi sayesinde generatif dönemi geciktirmesi, düşük sıcaklıklara adaptasyonun en iyi yoludur. Bu yolla bitkilerin en hassas dönemlerinden biri olan generatif dönemin başlangıcını biraz daha erteleyerek sıcaklıkların kısmen arttığı daha iyi bir gelişme ortamı bulur. Dahası vernalizasyon doğrudan çiçeklenme zamanını da kontrol eden fenolojik bir özelliktir (Fernández-Calleja ve ark., 2021). Vernalizasyon çeşitli yollar vasıtasıyla bitkisel üretimi geliştiren bir mekanizma olmasına rağmen, bitki ıslahı hızını belirleyen jenerasyon süresini oldukça etkilemektedir (Cha ve

ark., 2022). Bu yüzden bitki ıslahı programlarında çeşitlerin vernalizasyon ihtiyaçlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Bitki ıslahı metodolojileri teknoloji ile birlikte oldukça gelişmektedir. Stresle desteklenen erken jenerasyon ilerleme (Zheng ve ark., 2013; Bazzaz ve ark. 2019), bitki doku kültürü ve markör destekli seleksiyon (Kandemir & Saygılı, 2023) ve hızlı ıslah (speed breeding) (Cha ve ark. 2021; Cha ve ark., 2022) gibi modern ıslah programları kışlık arpa çeşitlerinin vernalizasyon tepkilerine ve jenerasyon süresindeki farklılıklara odaklanmayı zorunlu kılmıştır. Bu programlarda yazlık arpada yılda 6-7 jenerasyon rahatlıkla ilerletilebilirken, kışlık arpada 3-4 jenerasyon alınmaktadır (Abdul ve ark., 2020). Gün uzunluğu gereksinimi yapay ışıklar ile bitki gelişimi süresince tamamlanabilirken, mutlak vernalizasyon ihtiyacının bitki gelişiminin erken döneminde sağlanması gerekmektedir. Modern bitki ıslahı programlarında vernalizasyon ihtiyacını gidermenin en pratik yolu çimlenen tohumları düşük sıcaklıklarda bekletmektir (Sasani ve ark., 2009). Ancak genotipik farklılıklar vernalizasyon ihtiyacının karşılanması için gerekli süreyi belirlemeyi ve bu pratik yolun olası etkilerini araştırmayı gerektirmektedir.

Modern bitki ıslahı programlarında özellikle ebeveyn olarak kullanılacak çeşitlerde vernalizasyon süresi tepkileri oldukça önemli hale gelmiştir. Bu çalışmanın amacı farklı gelişme tabiatlı arpa çeşitlerinin vernalizasyon sürelerine verdikleri tepkileri belirlemektir. Bu sayede gelişme tabiatlarına göre bitki ıslahı programlarında kullanılacak çeşitlerin jenerasyon süreleri için gereksinimleri belirlenmiş olacaktır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvar ve serasında yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan arpa çeşitlerine ait bazı bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir.

Arpa çeşitlerinin tohumları %1’lik sodyum ve Tween-20 içeren çözeltide sterilize edilmiş ve 3 kez beşer dakika steril su ile durulanmıştır. Tohumlardaki dormansiyi kırmak için petri kaplarında 4°C’de dört gün bekletilmiş ve sonrasında 22°C’de bir gün çimlendirilmiştir. Gelişen fideler (en fazla 1 cm boyunda) torf içeren kaplarda 2°C’de (Sasani ve ark., 2009) 4, 5 ve 6 hafta süreyle bekletilmiştir. Kontrol için 0 hafta (vernalize edilmeyen) tohumlar petri kaplarında çimlendirilmiştir. Gelişen fideler (sürgün boyu yaklaşık 2-4 cm) ¼ torf, ¼ perlit, ¼ toprak ve ¼ kum içeren 3 litrelik saksılara 2 bitki olacak şekilde dikilmiştir. İki bitkiden oluşan bir saksı bir parseli oluşturmuştur. Bitkiler serada 22 saat ışık/2 saat karanlıkta 22°C sabit sıcaklıkta yetiştirilmiştir (Cha ve ark., 2021).

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan arpa çeşitlerine ait bazı bilgiler

Table 1. Some informations about barley cultivars used

Çeşit	Başak Yapısı	Tescil Edildiği Kuruluş/ Ülke /Tescil Yılı	Kışlık/Yazlık
Alba	6 sıralı	Oregon Tarımsal Deney İstasyonu/ ABD/ 2012	Kışlık
Aydanhanım	2 sıralı	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü/Türkiye/2002	Kışlık
Dicktoo	6 sıralı	Nebraska Tarım Deney İstasyonu/ABD/1952	Kışlık
Sladoran	2 sıralı	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü/Türkiye/1998	Kışlık
Kearney	6 sıralı	U.S Department of Agriculture/ABD/1928	Alternatif
Tokak157/37	2 sıralı	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü/Türkiye/1930	Alternatif
Steptoe	6 sıralı	Washington State University/ ABD/1973.	Yazlık
Tadmor	2 sıralı	Suriye yerel çeşidi	Yazlık

Sapa kalkma süresi; ekim tarihinden sapın oluşması, boğum ve boğum aralarının belirginleştiği döneme (Z31) kadar geçen gün sayısı (Zadoks ve ark., 1974), başaklanma süresi; ekim tarihinden ilk gelişen başakta kılıçkların çıktığı (Z49, Zadoks ve ark., 1974) döneme kadar geçen gün sayısı olarak belirlenmiştir. Olgunlaşma süresi ise ekim tarihinden yaprakların tamamının sarardığı (Z91, Zadoks ve ark., 1974) tarihe kadar geçen süre gün olarak belirlenmiştir. Sapa kalkma, başaklanma ve olgunlaşma sürelerine vernalizasyon uygulama süreleri dahil edilmiştir. Fertil kardeş sayısı olgunlaşma döneminde tane bağlayan başaklar sayılarak belirlenmiştir. Başakta tane sayısı elde edilen başaklardaki tane sayılarının ortalaması alınarak belirlenmiştir (Saygılı & Kandemir, 2021). Bin tane ağırlığı bir bitkideki bütün tanelerin ağırlığından hesaplanmıştır (Kandemir ve ark., 2022).

Elde edilen veriler, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre Mstat-C paket programı (Freed & Eisensmith, 1986) kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. İncelenen bütün özelliklerde vernalizasyon uygulaması x genotip interaksyonu önemli bulunduğu ve vernalizasyon uygulamasının çeşitlerdeki bireysel etkisini daha iyi gözlemlemek için her çeşide uygulanan vernalizasyon sürelerine ayrı şekilde Duncan testi uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Sapa Kalkma Süresi (gün)

Farklı sürelerde uygulanan vernalizasyon süresinin ve çeşitlerin ortalama sapa kalkma süresine etkisinin istatistiki olarak önemli olduğu bununla beraber (Çizelge 2). Çeşitlerin vernalizasyon süresine tepkilerinin de önemli derecede farklı olduğu (vernalizasyon uygulaması x çeşit $P<0,01$ düzeyinde önemli) belirlenmiştir. Bu durumun sebebi mutlak kışlık, yazlık ve alternatif çeşitlerin bir arada kullanmasından ileri gelmiştir. 4, 5 ve 6 hafta süreyle uygulanan vernalizasyon ortalama sapa kalkma süreleri sırasıyla 65,0, 72,1 ve 78,5 gün olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Ortalama sapa kalkma süresi ise 19-99 gün arasında değişmiştir. Mutlak kışlık olan Alba, Aydanhanım, Dicktoo ve Sladoran çeşitleri kontrol uygulamasında vernalizasyon ihtiyacını karşılayamadıkları için sapa kalkmamışlardır. Benzer şekilde Saygılı (2023) da mutlak kışlık bir çeşidin vernalizasyon ihtiyacını karşılamadığında sapa kalkmadığını bildirmiştir. Kışlık çeşitlerden Aydanhanım 4 ve 5 hafta süreli vernalizasyon uygulamalarına benzer tepki verirken, vernalizasyon süresi 6 haftaya çıktığında sapa kalkma süresi önemli derecede artmıştır. Alba, Dicktoo ve Sladoran çeşitlerinde vernalizasyon süresi uzadıkça sapa kalkmanın önemli derecede geciktiği görülmüştür. Alternatif çeşitlerden Kearney 4 hafta vernalizasyon uygulamasında kontrole kıyasla 9 gün daha erken, 5 haftada benzer sürede sapa kalkarken, Tokak 157/37 bütün vernalizasyon uygulamalarında daha geç (16, 23 ve 29 gün) sapa kalkmıştır. Bu iki çeşidin sapa kalkma sürelerindeki vernalizasyon süresine uzamasına bağlı gecikmeler istatistiki olarak da önemli bulunmuştur. Yazlık çeşitlerde ise vernalizasyon uygulaması veya vernalizasyon süresinin artması sapa kalkma süresini de düzenli olarak geciktirmiştir. Yazlıklarda vernalizasyon ihtiyacı olmadığı için, vernalizasyon süresince geçen

zaman sapa kalkma süresini artırmıştır. Alternatif çeşitlerde mutlak vernalizasyon allelleri dışında (von Zitzewitz ve ark., 2005). Öyle görünüyor ki Kearney çeşidi kısmi vernalizasyon ihtiyacı gerektiren bir allel taşıyor.

Başaklanma Süresi (gün)

Farklı sürelerde uygulanan vernalizasyon ve çeşitlerin başaklanma gün sayısına önemli etkisi olmuştur (Çizelge 2). Bununla beraber çeşitlerin vernalizasyon süresine tepkilerinde önemli farklılık gözlenmiştir (vernalizasyon uygulaması x çeşit $P<0,01$ düzeyinde önemli). Ortalama başaklanma süresi 4 haftalık vernalizasyon uygulamasında 77,7 gün, 5 haftada 82,6 ve 6 haftada 89,4 gün olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Genel ortalamada çeşitler arasında en geç başaklanma 101,3 gün ile Sladoran çeşidinde gerçekleşmiş, en erken başaklanma ise 60 gün ile Tadmor çeşidinde gerçekleşmiştir. Kışlık çeşitlerden Sladoran 4 ve 5 hafta süreli vernalizasyon uygulamalarında başaklanma süreleri benzerken, diğer kışlık çeşitler Alba, Aydanhanım ve Dicktoo çeşitlerinde vernalizasyon süresi uzadıkça çeşitler daha geç başaklanmıştır. Elde edilen bulgular Sladoran çeşidinin vernalizasyon ihtiyacının daha güçlü olduğunu göstermektedir. Kearney, Steptoe, Tokak157/37 ve Tadmor çeşitlerine vernalizasyon uygulaması yapılmadığında başaklanma süreleri sırasıyla 78,3, 51,7, 45,7 ve 35,0 gündür. 4 haftalık vernalizasyon uygulaması ile Kearney 12 gün daha erken başaklanırken, diğer çeşitler daha geç başaklanmışlardır. Başaklanma süresinde görülen bu tepkiler istatistiki olarak da önemli olmuştur. Vernalizasyon uygulanan süre göz ardı edildiğinde, Kearney 40, Steptoe 9 ve Tokak 157/37 8 gün daha erken başaklanmış, Tadmor vernalizasyon uygulamasına hiç tepki vermemiştir. Vernalizasyon ihtiyacı ya da tepkisi olup olmadığına bakılmaksızın, vernalizasyon uygulaması ile genel olarak generatif döneme geçişin hızlandığı gözlemlenmiştir. Fernández-Calleja ve ark., (2021) vernalizasyonu kontrol eden genlerin generatif döneme geçişi etkilediğini, Karsai ve ark., (2005) ve Cha ve ark., (2022) vernalizasyonun başaklanmayı hızlandırdığını bildirmişlerdir. Tahıllar içerisinde arpada vernalizasyon ihtiyacının oldukça değişken olduğu bildirilmiştir (Saisho ve ark., 2011). Karsai ve ark., (2005) arpada vernalizasyon ihtiyacından ziyade çok güçlü vernalizasyon tepkisi olduğunu, öte yandan (von Zitzewitz ve ark., (2005) arpada mutlak vernalizasyon olduğunu bildirmektedir. Ancak elde edilen veriler ve diğer araştırmalardaki farklı bildirimler vernalizasyon gereksiniminin değişken olduğunu göstermektedir.

Olgunlaşma Süresi (gün)

Farklı sürelerle uygulanan vernalizasyonun ve çeşitlerin olgunlaşma süresine önemli etkisi olmuştur (Çizelge 2). Bununla beraber çeşitlerin vernalizasyon süresine tepkilerinde önemli farklılık gözlenmiştir (vernalizasyon uygulaması x çeşit $P<0,01$ düzeyinde önemli). Ortalama olgunlaşma süresi 4, 5 ve 6 haftalık vernalizasyon uygulamasında 111,6, 118,1 ve 125 gün olarak belirlenmiştir. Çeşitler arasında en geç olgunlaşma Sladoran (145,7 gün), Aydanhanım (142,3 gün) ve Alba (140,7 gün) çeşitlerinde belirlenmiştir. En erken olgunlaşma ise 55 gün ile Tadmor çeşidinde gerçekleşmiştir. Artan vernalizasyon süresi bütün çeşitlerde olgunlaşma süresini istatistiki anlamda önemli olarak artırmıştır.

Çizelge 2. Vernalizasyon süresinin sapa kalkma, başaklanma ve olgunlaşma sürelerine etkisi

Table 2. Effect of vernalization period on jointing, heading time and maturity time.

Çeşitler (Gelişme tabiatı)	Vernalizasyon süresi	Sapa kalkma süresi (gün)	Başaklanma süresi (gün)	Olgunlaşma süresi (gün)
Alba (Kışlık)	Kontrol	0,0 d	0,0 d	0,0 d
	4 hafta	71,0 c	84,7 c	125,0 c
	5 hafta	80,3 b	92,0 b	131,0 b
	6 hafta	88,3 a	100,0 a	140,7 a
Aydanhanım (Kışlık)	Kontrol	0,0 c	0,0 d	0,0 d
	4 hafta	90,0 b	97,7 c	129,3 c
	5 hafta	91,7 b	100,0 b	135,7 b
	6 hafta	93,7 a	102,7 a	142,3 a
Dicktoo (Kışlık)	Kontrol	0,0 d	0,0 d	0,0 d
	4 hafta	59,7 c	71,7 c	100,7 c
	5 hafta	67,0 b	77,3 b	110,3 b
	6 hafta	74,3 a	84,0 a	115,3 a
Sladoran (Kışlık)	Kontrol	0,0 d	0,0 c	0,0 d
	4 hafta	85,7 c	99,7 b	133,3 c
	5 hafta	91,7 b	98,7 b	139,0 b
	6 hafta	99,3 a	105,7 a	145,7 a
Kearney (Alternatif)	Kontrol	61,7 b	78,3 a	101,3 c
	4 hafta	52,3 c	66,3 c	102,3 c
	5 hafta	61,3 b	72,7 b	106,7 b
	6 hafta	68,0 a	78,7 a	114,7 a
Tokak (Alternatif)	Kontrol	36,7 d	45,7 d	75,3 d
	4 hafta	52,7 c	65,7 c	100,0 c
	5 hafta	59,7 b	71,7 b	107,3 b
	6 hafta	68,0 a	80,0 a	113,3 a
Step toe (Yazlık)	Kontrol	36,3 d	51,7 d	94,0 d
	4 hafta	62,0 c	71,3 c	118,7 c
	5 hafta	70,7 b	81,0 b	124,3 b
	6 hafta	76,3 a	87,7 a	132,3 a
Tadmor (Yazlık)	Kontrol	19,3 d	35,0 d	55,0 d
	4 hafta	46,7 c	62,0 c	83,3 c
	5 hafta	54,3 b	67,7 b	90,3 b
	6 hafta	60,3 a	76,3 a	98,0 a
Ortalama	Kontrol	38,5 d	52,7 d	81,4 d
	4 hafta	65,0 c	77,4 c	111,6 c
	5 hafta	72,1 b	82,6 b	118,1 b
	6 hafta	78,5 a	89,4 a	125,3 a
Vernalizasyon (V)	**	**	**	
Çeşit (Ç)	**	**	**	
V × Ç	**	**	**	
VK(%)	1,9	1,3	0,9	

VK: varyasyon katsayısı. **: %1 düzeyinde istatistiki olarak önemlidir. Aynı çeşitte farklı harflerle gösterilen vernalizasyon uygulamaları ortalamaları arasındaki farklar Duncan testine göre %1 düzeyinde önemlidir.

Kışlık çeşitlerde en erken olgunlaşma, 4 haftalık vernalizasyon süresinde elde edilmiştir. Dicktoo dışında kışlık çeşitler genel olarak 125-145 günde olgunlaşma görülürken, Dicktoo diğerlerinden yaklaşık 30 gün daha erken olgunlaşmıştır. Tadmor, Tokak157/37, Steptoe ve Kearney çeşitlerine vernalizasyon uygulaması yapılmadığında sırasıyla 55,0, 75,0, 94,0 ve 101,3 günde olgunlaşırken, 4 haftalık vernalizasyon uygulaması ile vernalizasyon süresi dahil edildiğinde kontrole göre 28,3, 24,7, 24,7 ve 1 gün daha geç olgunlaştığı saptanmıştır. Kearney çeşidi dışında belirlenen farklar vernalizasyon süresinden kaynaklanmaktadır. Diğer vernalizasyon sürelerinde de durum farklı değildir. Kearney çeşidinde vernalizasyon ile olgunlaşma süresinde sağlanan erken olgunlaşma 4 haftalık vernalizasyon süresi ile aynı olduğu için önemli bir fark belirlenmemiştir. Elde edilen

sonuçlar yazlık ve alternatif çeşitlerin olgunlaşma süresi vernalizasyondan ve vernalizasyon süresinden bağımsız şekilde belirlendiğini göstermektedir.

Fertil Kardeş Sayısı

Çizelge 3'te görüldüğü üzere farklı sürelerde uygulanan vernalizasyonun ve çeşitlerin ortalama fertil kardeş sayısına etkisi önemli bulunmuştur. Bununla beraber çeşitlerin vernalizasyon süresine tepkisi farklı olmuştur (vernalizasyon uygulaması × çeşit etkisi 0,05 düzeyinde önemli). Ayrıca, fertil kardeş sayısına ait varyasyon katsayısı biraz yüksek bulunmuştur. Tokak, Steptoe ve Kearney çeşitlerine ilişkin bazı vernalizasyon uygulamalarında fertil kardeş sayıları vernalizasyon uygulama süresinden ve tekerrürden bağımsız olarak

değişim göstermiş ve bu durum genel varyasyon katsayısının yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bu durum fertil kardeş sayısı ile doğrudan ilişkili olan başakta tane sayısının varyasyon katsayısını yükseltmiştir (Çizelge 3).

4, 5 ve 6 hafta süreyle vernalizasyon uygulamalarında ortalama fertil kardeş sayısı sırasıyla 3,2, 4,6 ve 5,8 adet olarak gerçekleşmiştir. Çeşitler arasında en yüksek fertil kardeş sayısı Sladoran ve Tokak157/37 çeşitlerinden elde edilmiştir. Hem kışlık hem de alternatif çeşitlerde vernalizasyon süresinin artması fertil kardeş sayısını genel olarak olumlu yönde etkilemiştir. Kışlık çeşitlerden Aydanhanım ve Alba çeşitlerinin fertil kardeş sayılarındaki artışlar 4 haftadan daha uzun süreli vernalizasyon uygulamalarında önemli olmamıştır. Sladoran ve Dicktoo çeşitlerinde de en yüksek fertil kardeş sayıları 6 hafta süreli

vernalizasyon uygulamasında elde edilmiş ancak Dicktoo çeşidinde 6 haftalık vernalizasyon uygulamasındaki artış önemli bulunmamıştır. Yine Kearney ve Tokak 157/37 çeşitlerinin fertil kardeş sayılarındaki vernalizasyon süresine bağlı değişimler 5 haftadan sonra önemli olmamıştır. Tadmor ve Steptoe çeşitlerinin farklı vernalizasyon süresine tepkileri önemsiz bulunmuştur. Çeşitlere göre değişen fertil kardeş sayısı, artan vernalizasyon süresi ve çeşitlerin genetik arka planları ile ilgili olduğu söylenebilir. Çünkü fertil kardeş sayısı vernalizasyon ihtiyacı doğrultusunda değişmemiş, gelişme tabiatına bağlı kalmaksızın farklı sonuçlar vermiştir. Vernalizasyon uygulamasının farklı vernalizasyon genleri içeren hatlarda farklı olduğu Ochagavia ve ark., (2022) tarafından da belirtilmiştir.

Çizelge 3. Vernalizasyon sürelerinin bin tane ağırlığı, başakta tane sayısı ve fertil kardeş sayısına etkisi

Table 3. Effect of vernalization periods on thousand grain weight, number of grains per spike and number of fertile tillers.

Çeşitler (Gelişme Tabiatı)	Vernalizasyon Süresi	Bin Tane Ağırlığı (g)	Başakta Tane Sayısı	Fertil Kardeş Sayısı
Alba (Kışlık)	Kontrol	0,0 c	0,0 b	2,3 b
	4 hafta	56,2 a	29,0 a	2,7 a
	5 hafta	48,5 b	25,0 a	2,7 a
	6 hafta	57,1 a	27,0 a	3,3 a
Aydanhanım (Kışlık)	Kontrol	0,0 b	0,0 c	0,0 b
	4 hafta	56,0 a	23,3 b	2,3 a
	5 hafta	53,8 a	23,3 b	3,3 a
	6 hafta	53,9 a	33,0 a	4,3 a
Dicktoo (Kışlık)	Kontrol	0,0 c	0,0 d	0,0 c
	4 hafta	43,2 a	50,3 a	2,0 b
	5 hafta	42,1 a	27,7 b	4,0 ab
	6 hafta	35,4 b	38,0 c	5,7 a
Sladoran (Kışlık)	Kontrol	0,0 b	0,0 b	0,0 b
	4 hafta	52,4 a	17,3 a	5,3 b
	5 hafta	53,3 a	17,0 a	5,3 b
	6 hafta	51,3 a	13,0 a	10,7 a
Kearney (Alternatif)	Kontrol	32,2 c	15,7 b	2,3 b
	4 hafta	42,8 b	20,3 ab	3,0 b
	5 hafta	45,4 b	24,7 a	5,7 a
	6 hafta	49,4 a	17,0 b	7,0 a
Tokak (Alternatif)	Kontrol	49,3 c	10,7 b	4,3 b
	4 hafta	51,4 b	14,7 ab	4,3 b
	5 hafta	55,7 a	20,0 a	8,3 a
	6 hafta	52,4 b	17,3 ab	6,3 ab
Steptoe (Yazlık)	Kontrol	51,3 c	18,0 c	3,3 ab
	4 hafta	46,5 b	23,7 bc	1,7 b
	5 hafta	54,1 a	26,7 b	3,7 ab
	6 hafta	54,0 a	34,7 a	4,7 a
Tadmor (Yazlık)	Kontrol	41,5 a	8,7 a	4,0 a
	4 hafta	40,3 a	9,0 a	4,3 a
	5 hafta	41,2 a	11,3 a	4,0 a
	6 hafta	40,8 a	10,3 a	4,0 a
Ortalama	Kontrol	43,6 b	13,3 b	3,5 c
	4 hafta	48,5 a	23,5 a	3,2 c
	5 hafta	49,3 a	22,0 a	4,6 b
	6 hafta	49,3 a	23,8 a	5,8 a
Vernalizasyon (V)	**	**	**	
Çeşit (Ç)	**	**	**	
V × Ç	**	**	*	
VK(%)	4,4	21,0	37,4	

VK: varyasyon katsayısı. ** sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde istatistik olarak önemlidir. Aynı çeşitte farklı harflerle gösterilen vernalizasyon uygulaması ortalamaları arasındaki farklar Duncan testine göre %1 düzeyinde önemlidir.

Başakta Tane Sayısı

Başakta tane sayısı üzerine vernalizasyon uygulaması ve çeşidin önemli bir etkisi olmuştur (Çizelge 3). Bununla beraber çeşitlerin vernalizasyon süresine tepkilerinde önemli farklılık gözlenmiştir (vernalizasyon uygulaması x çeşit $P < 0,01$ düzeyinde önemli). Çeşitler arasında en yüksek başakta tane sayısı Dicktoo, en düşük başakta tane sayısı ile Tadmor çeşidinden elde edilmiştir. Kışlık çeşitlerde en yüksek başakta tane sayısı; Dicktoo çeşidinde 4 haftalık vernalizasyon süresinde, Aydanhanım çeşidinde 6 haftalık vernalizasyon süresinde elde edilirken, Alba ve Sladoran çeşitlerinde ise vernalizasyon süresinin başakta tane sayısını etkilemediği gözlemlenmiştir. Alternatif çeşitler Tokak 157/37 ve Kearney'de en yüksek başakta tane sayıları 5 ve 6 haftalık vernalizasyon uygulamalarında elde edilmiş ve bu değerler ile diğer uygulamalardaki değerler arasındaki farklar da istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Yazlık çeşitlerden Tadmor vernalizasyon uygulamasına tepki vermezken, Steptoe 5 hafta vernalizasyonda kontrolden, 6 hafta vernalizasyonda diğer uygulamalardan daha yüksek başakta tane sayısı üretmiştir. Başakta tane sayısı önemli bir verim bileşenidir (Alkan & Kandemir, 2015). Fernández-Calleja ve ark., (2021) vernalizasyonun daha yüksek verim ile sonuçlanacağını bildirmiştir. Dolayısıyla genetik arka plana bağlı olarak çeşitlerin çeşitli vasıtalarla vernalizasyon sayesinde verimlerini geliştirdikleri söylenebilir. Bu yüzden çeşitlerdeki değişen başakta tane sayısı tepkileri verim bileşenlerinin varyasyonlarıyla ilgilidir.

Bin Tane Ağırlığı

Hem çeşit hem de vernalizasyon uygulaması bin tane ağırlığını önemli şekilde etkilemiş fakat çeşitlerin vernalizasyon süresine tepkileri geniş bir varyasyon göstermiş ve bu nedenle vernalizasyon \times çeşit etkileşimi önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Çeşitler arasında en yüksek bin tane ağırlığı Aydanhanım çeşidinden elde edilirken, en düşük bin tane ağırlığı ise Tadmor çeşidinden elde edilmiştir. Kışlık çeşitlerden Sladoran ve Aydanhanım'da bin tane ağırlığı vernalizasyon süresine göre değişmezken, Alba çeşidinde 4 ve 6 hafta, Dicktoo'da ise 4 ve 5 haftalık vernalizasyon süresinde diğer uygulamalara göre daha yüksek bin tane ağırlığı belirlenmiştir. Alternatif çeşitlerde vernalizasyon uygulamalarında kontrole göre daha yüksek bin tane ağırlığı belirlenmiştir. Vernalizasyon sürelerine göre değerlendirildiğine Kearney'de 6 hafta ve Tokak 157/37'de 5 hafta vernalizasyon uygulamasında daha yüksek bin tane ağırlığı belirlenmiştir. Söz konusu belirlenen bu artışlar istatistiki olarak da önemli bulunmuştur. Yazlık çeşitlerden Tadmor vernalizasyon uygulamasına ve sürelerine tepki vermezken, Steptoe çeşidinin bin tane ağırlığı ise vernalizasyon süresindeki artışa paralel olarak 5 haftalık uygulamaya kadar önemli derece artmış, 6 haftalık uygulama 5 haftalık uygulamadan farklı olmamıştır. Kışlık olmayan çeşitlerin (Tadmor çeşidi hariç) vernalizasyona maruz kalmasıyla bin tane ağırlığının arttığı gözlemlenmiştir. Bin tane ağırlığı verileri olan genotipe bağlı ve çevre şartlarından da etkilendiğini doğrular özelliğindedir. Ochagavia ve ark., (2022) vernalizasyon gereksinimi sağlayan genleri içeren ve içermeyen hatlarda vernalizasyon uygulamalarının bin tane ağırlığını önemli şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Elde

edilen sonuçlardan vernalizasyonun doğrudan etkisinden çok, artan vejetasyon süresi sayesinde bin tane ağırlığının genetik potansiyele bağlı olarak arttığı söylenebilir.

Sonuç

Tahıllarda birim alandan elde edilen verim; metrekarede başak sayısı, başaktaki tane sayısı ve bin tane ağırlığına bağlıdır. Verimi etkileyen diğer faktörler ise fenolojik dönemlerin hızlı gelişmesi ve buna istinaden bitkinin hassas olduğu generatif dönemleri stressiz bir şekilde geçirmesini sağlar. Vernalizasyon doğrudan fenolojik dönemlerin yönetimi ile ilişkilidir. Bu yüzden arpanın adaptasyonu vernalizasyon ve fotoperiyot tepkileri yanında sıcaklık gibi çevre faktörlerinin etkisiyle geniş bir varyasyona sahiptir. Bu çalışmada vernalizasyon uygulaması, fenolojik dönemlerde önemli değişikliklere neden olmuştur. Özellikle kışlık çeşitlerde daha erken başaklanma ve olgunlaşma sağlarken, alternatif çeşitlerde ise genotipe bağlı olarak etki göstermiş ve yazlık çeşitlerde önemli değişikliğe neden olmamıştır.

Vernalizasyon uygulanan süre fenolojik dönemlere dahil edilmediğinde Aydanhanım ve Sladoran 5 hafta vernalizasyonda 4 hafta vernalizasyona göre daha erkenciydi. Ancak 4 ve 5 hafta vernalizasyon uygulaması arasındaki 7 günlük fark 5 haftadaki erkenciliğin etkisini kapatmaktadır. Serada ya da bitki gelişme kabinesinde bitki yetiştirme sorunları (hastalık, zararlı ve bakım işlemleri) göz önüne alındığında bitkilerin daha zahmetsiz olan vernalizasyon uygulamasında beklemesi tercih edilebilir. Ancak toplam geçen sürenin yani tohum ekiminden ilgili fenolojik döneme kadar geçen sürenin dikkate alınması, araştırmanın amacı doğrultusunda 4 hafta vernalizasyon kışlık çeşitler için yeterli uygun olacaktır. Alternatif çeşitler için vernalizasyon uygulaması genotipe bağlı değişkendir. Bu yüzden alternatif çeşitlerin ıslah programlarında kullanımı için uygun vernalizasyon sürelerinin belirlenmesi gerekebilir. Vernalizasyon, verim bileşenlerinde (bin tane ağırlığı, başakta tane sayısı ve fertil kardeş sayısı) çeşitlere göre değişmekle birlikte gelişme tabiatından bağımsız olarak artışlara neden olmuştur. Bu yüzden alternatif çeşitlerin de vernalize edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Beyan

Bu bildiri III. Uluslararası (XV. Ulusal) Tarla Bitkileri Kongresi'nde sunulmuştur.

Çıkar çatışması

Çıkar çatışması Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur

Yazar katkıları

Mazlum Erdem: Araştırmanın yürütülmesi, gözlemlerinin alınması ve yazım aşamasında

Fahri Sönmez: Araştırmanın kurulması, istatistiki analizlerin yapılması ve yazım aşamasında

Nurşel Yılmaz: Araştırmanın yürütülmesi, gözlemlerinin alınması aşamasında

İbrahim Saygılı: Araştırmanın dizaynı, organizasyonu, istatistiki analizlerin yapılması ve yazım aşamasında katkı sağlamıştır.

Kaynaklar

- Alkan, F., & Kandemir, N. (2015). Tokak yerel arpa çeşidi içinden seçilen safhatların bazı gıda, yem ve tarımsal özellikler bakımından varyasyonları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(2), 124-139.
- Abdul Fiyaz, R., Ajay, B. C., Ramya, K. T., Aravind Kumar, J., Sundaram, R. M., & Subba Rao, L. V. (2020). Speed breeding: methods and applications. *Accelerated Plant Breeding, Cereal Crops*, 31-49. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41866-3_2
- Bazzaz, M. M., Hossain, A., Khaliq, Q. A., Karim, M. A., Farooq, M., & Teixeira da Silva, J. A. (2019). Assessment of tolerance to drought stress of thirty-five bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using boxplots and cluster analysis. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 84(4), 333-345. <https://hrcak.srce.hr/228922>
- Cha, J. K., O'Connor, K., Alahmad, S., Lee, J. H., Dinglasan, E., Park, H., Lee, S. M., Hirsz, D., Kwon, S. W., Kwon, Y., Kim, K. M., Ko, J. M., Hickey, L. T., Shin, D., & Dixon, L. E. (2021). A new protocol for speed vernalisation of winter cereals. *bioRxiv*, 2021-<https://doi.org/10.1101/2021.12.01.470717>
- Cha, J. K., O'Connor, K., Alahmad, S., Lee, J. H., Dinglasan, E., Park, H., & Dixon, L. E. (2022). Speed vernalization to accelerate generation advance in winter cereal crops. *Molecular Plant*, 15(8), 1300-1309. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2022.06.012>
- Fernández-Calleja, M., Casas, A. M., & Igartua, E. (2021). Major flowering time genes of barley: allelic diversity, effects, and comparison with wheat. *Theoretical and Applied Genetic*, 134, 1867-1897. doi: 10.1007/s00122-021-03824-z
- Freed R., & Eisensmith S. P. (1986). MSTAT - Statistical Software for Agronomists. Agronomy Abstract.
- Kandemir, N., & Saygılı, I. (2023). Evaluation of a barley (*Hordeum vulgare*) chromosome 2 drought tolerance quantitative trait locus in genomic backgrounds of two cultivars. *Plant Breeding*, 142(2), 211-222. <https://doi.org/10.1111/pbr.13076>
- Kandemir N., Saygılı I., Sonmezoglu Ateş, O., & Yildirim, A. (2022). Evaluation of barley semi-dwarf allele *sdw1.d* in a near isogenic line. *Euphytica* 218(3), 31. <https://doi.org/10.1007/s10681-022-02983-4>
- Karsai, I., Szucs, P., Meszaros, K., Filichkina, T., Hayes, P.M., Skinner, J.S., Lang, L., & Bedo, Z. (2005). The Vrn-H2 locus is a major determinant of flowering time in a facultative x winter growth habit barley (*Hordeum vulgare* L.) mapping population. *Theoretical and Applied Genetic*, 110, 1458-1466. <https://doi.org/10.1007/s00122-005-1979-7>
- Laurie, D. A. (2009). Developmental and reproductive traits in the Triticeae. *Genetics and Genomics of the Triticeae*, 591-609. http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-77489-3_20
- Ochagavia, H., Kiss, T., Karsai, I., Casas, A. M., & Igartua, E. (2022). Responses of barley to high ambient temperature are modulated by vernalization. *Frontiers in Plant Science*, 12, 776982. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.776982>
- Sasani, S., Hemming, M. N., Oliver, S. N., Greenup, A., Tavakkol-Afshari, R., Mahfoozi, S., Poustini, K., Sharifi, H.R., Dennis, E.S., Peacock, W.J., & Trevaskis B., (2009). The influence of vernalization and daylength on expression of flowering-time genes in the shoot apex and leaves of barley (*Hordeum vulgare*). *Journal of Experimental Botany*, 60(7), 2169-2178. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp098>
- Sanna, G., Giunta, F., Motzo, R., Mastrangelo, A. M. & De Vita, P. (2014). Genetic variation for the duration of pre-anthesis development in durum wheat and its interaction with vernalization treatment and photoperiod. *Journal of Experimental Botany*, 65(12), 3177-3188. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru170>
- Saygılı, I. (2023). Barley yield and malt quality affected by fall and spring planting under rainfed conditions. *PeerJ*, 11, e15802. [10.7717/peerj.15802](https://doi.org/10.7717/peerj.15802)
- Saygılı, I., & Kandemir, N. (2021). Variations in spike traits among pure lines selected from a barley landrace. *Levantine Journal of Applied Sciences*, 1, 15-20. <https://doi.org/10.56917>
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415-421.
- Von Zitzewitz, J., Szücs, P., Dubcovsky, J., Yan, L., Francia, E., Pecchioni, N., Casas, A., Chen Tony H. H., Hayes P. M., & Skinner, J. S. (2005). Molecular and structural characterization of barley vernalization genes. *Plant molecular biology*, 59, 449-467. <https://doi.org/10.1007/s11103-005-0351-2>
- Zheng, Z., Wang, H. B., Chen, G. D., Yan, G. J., & Liu, C. J. (2013). A procedure allowing up to eight generations of wheat and nine generations of barley per annum. *Euphytica Journal*, 191, 311-316. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0909-z>