

Makarnalık Buğdayda (*Triticum durum* L.) Generasyon Süresinin Kısaltılmasında Hızlı İslah Tekniğinin Uygulanabilirliği

Remzi ÖZKAN¹, Merve BAYHAN¹, Mehmet YILDIRIM¹, Cuma AKINCI¹

¹Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, 21200, Diyarbakır, Türkiye

(Alınış / Received: 31.01.2022, Kabul / Accepted: 31.03.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 20.08.2022)

Anahtar Kelimeler

Fotoperiyot,
Generasyon,
Hızlı ıslah,
Makarnalık buğday

Öz: Bu çalışmada bazı makarnalık buğday genotiplerinin hızlı ıslah (speed breeding) koşullarına tepkisi araştırılmış ve uzun fotoperiyot koşullarının buğdayda verim ile doğrudan ilişkili olan bitki boyu ve başak özellikleri üzerine etkisi belirlenmiştir. Araştırma Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesinde bulunan Tarla Bitkileri Bölümüne ait yarı kontrollü sera ortamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada materyal olarak 4 adet makarnalık buğday genotipi (Svevo, Sena, Burgos ve TBT16-9) kullanılmıştır. Bitkiler hızlı ıslah (speed breeding) koşullarının temel esaslarına göre 22 saat ışık 2 saat karanlık koşullardan oluşan uzun fotoperiyot süresine maruz bırakılmış, ardından çiçeklenmeden 20 gün sonra hasat edilmiştir. Hızlı ıslah sürecinde elde edilen tohumlara, dormansi kırma metodu (+4 °C'de bekletme) uygulanması, normal çimlendirme şartlarına kıyasla genotiplerin çimlenme oranında %10.01 artış yapmıştır. Dormansi uygulanmadan %80 çimlenme değeri elde edilmiştir. Erkenlik ve bitki boyunun verim kriterleri ile güçlü ve pozitif ilişkilerde bulunması, bu özelliklerin hızlı ıslah koşullarında geliştirilecek genotiplerin erken generasyonlarında seleksiyon kriteri olarak kullanılabilirliğini göstermektedir. Araştırma neticesinde hızlı ıslah (speed breeding) koşullarında yetiştirilen makarnalık buğday genotiplerinden Svevo çeşidi uzun fotoperiyot koşullarına en iyi tepkiyi veren genotip olmuştur.

Applicability of Speed Breeding Technique in Shorten the Generation Cycle in Durum Wheat (*Triticum durum* L.)

Keywords

Durum wheat,
Generation,
Photoperiod,
Speed breeding

Abstract: In this study, the response of some durum wheat genotypes to speed breeding conditions was investigated and the effect of long photoperiod conditions on plant height and spike characteristics, which are considered as yield criteria in wheat, was determined. The research was carried out in the semi-controlled greenhouse environment of the Field Crops Department in Dicle University Faculty of Agriculture. Four durum wheat genotypes (Svevo, Sena, Burgos and TBT16-9) were used as material in the study. Plants were exposed to a long photoperiod of 22 hours light and 2 hours dark conditions according to the basic principles of speed breeding, then harvested 20 days after anthesis and finally subjected to cold application to break dormancy. Method for breaking dormancy (+4 °C application) increased the germination rate of genotypes by 10.01% compared to normal germination conditions. Average germination rate was 80% without dormancy process. The strong relationship between earliness, plant height with yield criteria has shown that these parameters can be used as a selection criterion in early generations of genotypes to be developed under speed breeding conditions. As a result of the research, Svevo variety was the best response to long photoperiod conditions.

1. Giriş

Buğday tahılları içerisinde ilk kültüre alınan, dünyada ekim alanı, üretimi ve tüketimi fazla olan kültür

bitkilerinden birisidir. Ayrıca sahip olduğu yüksek adaptasyon yeteneği sayesinde de farklı iklim ve bölgelerde yetiştirilebilme üstünlüğü buğdayı stratejik olarak önemli bir bitki haline getirmektedir.

Dünya üzerinde yaşayan 7.8 milyar insanın 2050 yılına kadar yaklaşık olarak 10 milyara çıkacağı tahmin edilmekte ve hızla artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyacının var olan kaynaklar ile karşılanamayacağı öngörülmektedir. Nüfus artışı ile birlikte değişen çevre koşullarında sadece gıda temini zorlaştırmamakta, aynı zamanda birçok ihtiyaç için temin sorununa sebep olmasının yanında ülkelerin kalkınma hızlarının yavaşlamasına, ekonomik ve sosyal sorunların artmasına da neden olmaktadır [1].

Bazı temel gıda ürünlerinin yetiştiriciliğinde generasyon sürelerinin çok uzun olması, gelecekte nüfus artışına paralel olarak yeteri kadar ürüne erişememe sorununu ortaya çıkaracaktır. Birçok bitki grubu için klasik ıslah çalışmaları ile yeni bir çeşit geliştirilmesinde uzun bir süreç ile beraber yoğun emeğe de ihtiyaç duyulmaktadır. Genetik safiyetin sağlanması klasik ıslah yöntemleriyle en az 6-7 generasyon atlatılması gerekmektedir. Ancak bazen bu uzun sürecin sonunda arzu edilen özelliklere sahip hatlar elde edilememektedir. Böyle durumlarda hem uzun süren yıllar boşa gitmekte hem de verilen emekler sonucu başarı sağlanamamaktadır. Bu sebeplerden dolayı ıslah çalışmalarında uzun yıllar alan süreyi kısaltmak ve mevcut ıslah programlarından daha etkin faydalanılması için yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bahsi geçen bu yeni teknolojilerden biri de hızlı ıslah tekniğidir. Bu teknik ile popülasyonlarda uzun süreli fotoperiyotlar kullanılarak hızlı generasyon ilerlemesi sağlanmakta ve yeni çeşitler kısa sürede (yılda 5-6 generasyon) çiftçilerin kullanımına sunulmaktadır. Hızlı ıslah tekniğinde, uzun gün/nötr gün bitkilerinin daha fazla gün ışığından faydalanılması sağlanmakta ve erken dönemde bitkilerin hasat edilmesiyle tek tohuma dayalı olarak generasyon atlaması sağlanarak ıslah süresi kısaltılmaktadır [2]. NASA'ya ait uzay istasyonlarında bitki yetiştirmesinden esinlenerek geliştirilen bu yöntem 3 temel özelliğe dayanmaktadır. Bunlardan birincisi ışıklandırma süresinin uzatılması (22 saat), ikincisi tohumların tamamen olgunlaşmadan önce hasadı (çiçeklenmeden 15-20 gün sonra) ve son olarak üçüncüsü dormansinin kırılması için soğuk uygulamasına (tohumların etüvde kurutulmasında sonra 4 °C'de 3-5 gün tutulması) dayanmaktadır [3, 4].

Hızlı ıslah tekniği, genetik olarak iyi tanımlanmış özellikler için marköre dayalı seleksiyonda ve elit hatların hızlı bir şekilde yetiştirilmesinde kullanılabilir [5]. Hızlı ıslah protokolleri, modern ıslah yöntemlerinin kullanılmasına yardımcı olacaktır. Örneğin; hızlı ıslah sisteminde rekombinant kendilenmiş hatların hızlı gelişimi, hızlı genomik destekli ıslah yaklaşımlarını kolaylaştırabilir [6-8]. Ayrıca, hızlı ıslah sistemi ile genom düzenleme teknikleri de geliştirilebilir. Cas9 geninin bitkiye başarılı bir şekilde transferinden sonra, transgenik bitki, mümkün olduğunca erken transgenik tohumlar elde etmek için hızlı ıslah koşullarında büyütülebilir

[9]. Araştırmacılar farklı bitki grupları için farklı protokoller geliştirilmişlerdir; Pirinç (*Oryza sativa* L.) [10, 11], kanola (*Brassica napus* L.), arpa ve buğday [4], fıstık (*Arachis hypogaea* L.) [8] ve soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) Merr.) [11, 12].

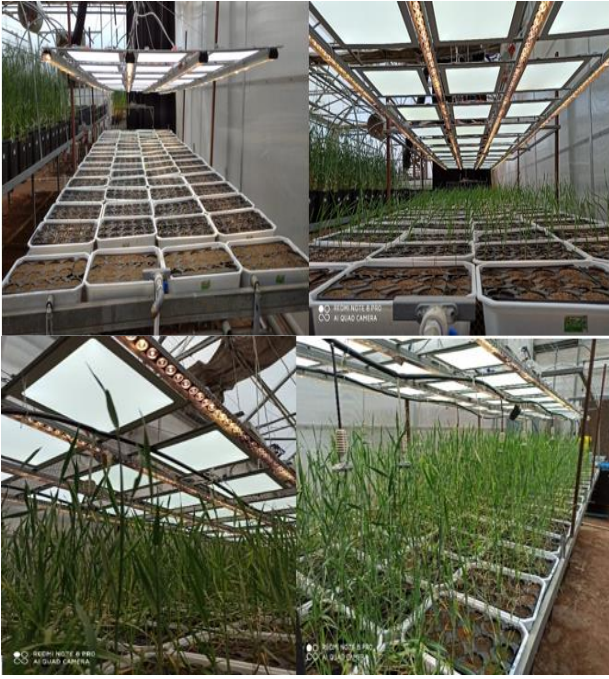
Normal sera koşullarında yılda 2-3 generasyonun alınabildiği bazı serin iklim tahılları (ekmeklik buğday, makarnalık buğday, arpa) ve baklagil bitkilerinde (nohut ve bezelye) hızlı ıslah yöntemiyle yılda 6 generasyon, kanolada ise yılda 4 generasyon ürün almışlardır [4]. Hızlı ıslah tekniği ile F2 generasyonundaki makarnalık buğdayda farklı kantitatif özelliklerin (kahverengi pas, kök çürüklüğü, bitki boyu, kök açısı ve seminal kök sayısı) seleksiyonunu gerçekleştirmişlerdir [13]. Bu teknik ile generasyon süresi yazlık buğday çeşitlerinde yaklaşık olarak 60 gün; melezleme programının uyguladığı başka bir çalışmada ise yaklaşık olarak 70 günde tamamlanmıştır [14]. Özellikle buğday, arpa, nohut, mercimek ve bezelye gibi uzun gün bitkilerinde hızlı ıslah metodunun etkin bir şekilde kullanılmasıyla yılda 6 generasyon ürün alınabileceği ve bu sayede ülkemizde yeni çeşitlerin kısa sürede elde edilebileceği ön görülmektedir.

Bu çalışmada bazı makarnalık buğday genotiplerinin hızlı ıslah koşullarına tepkisi araştırılmış ve uzun fotoperiyot koşullarının buğdayda verim kriterleri olarak sayılan bitki boyu ve başak özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Araştırma 2020 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümüne ait yarı kontrollü sera ortamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada materyal olarak 4 adet makarnalık buğday genotipi (Svevo, Sena, Burgos ve TBT16-9) kullanılmıştır (Tablo 1). Tohumlar ebatları 130 cm³ (dış ebat: 51x32 cm, ağız çapı: 7 cm ve derinlik: 7 cm) olan 15 gözlü fide viyollerinde ekilmiştir (Şekil 1). Her 15 gözlü fide viyölünün bir tekerrür olarak kabul edildiği çalışma, 4 tekerrürlü olacak şekilde Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre kurulmuştur. Her bir viyol gözünde bir bitki olacak şekilde ekim yapılmış ve viyollerde toprak materyali olarak hazır torf kullanılmıştır. Ekim işlemi 25.03.2020 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Bitkiler 22 saat ışık 2 saat karanlık koşullardan oluşan hızlı ıslah (speed breeding) ortamında uzun fotoperiyoda maruz bırakılmıştır. Denemede kullanılan LED lambalar periyodik olarak, gece saat 02.00'da yanıp, gece saat 00.00'da sönen bir otomasyon sistemi ile kontrol edilmiştir [3, 4]. Çalışmada kırmızı, sarı ve mor renkleri barındıran şerit ledler (276.15 µmol/(m²s)) kullanılmıştır. Sabit bitki yetiştirme masası üzerine ayarlanabilir hareketli bir sistem kurulmuş ve bitki ile led ışık arası mesafe gelişim boyunca 20 cm olacak şekilde sabitlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışmaya ait görseller.



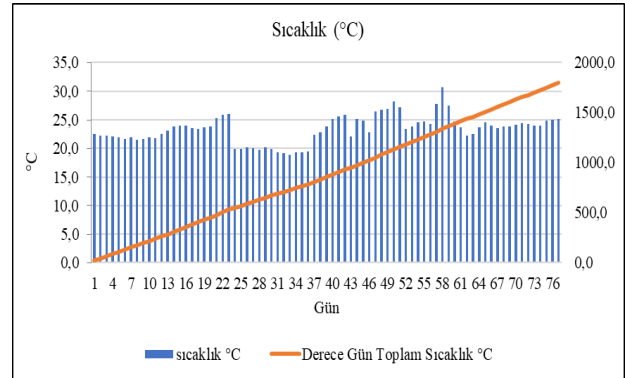
Şekil 2. Genotiplerden elde edilen başak örnekleri.

Genotip	Orjin/Menşei	Bitkisel Özellikler
Svevo	İtalya	Altrnatif gelişme tabiatlı, erkenci, kardeşlenme yüksek, yatmaya dayanıklı, sulamaya elverişlidir.
Burgos	Fito Tohumculuk	Yazlık gelişme tabiatlı, erkenci, kuraklığa ve yatmaya, pas hastalığına karşı dayanıklıdır.
Sena	Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Yazlık gelişme tabiatlı, orta erkenci, bitki boyu kısa-orta, bayrak yaprak kıvrılma oranı orta ve bayrak yaprak kın mumsuluğu çok kuvvetlidir.
TBT16-9	Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Orta erkenci, kuraklığa hassas, sıcaklık stresine dayanıklı, sulamaya elverişlidir.

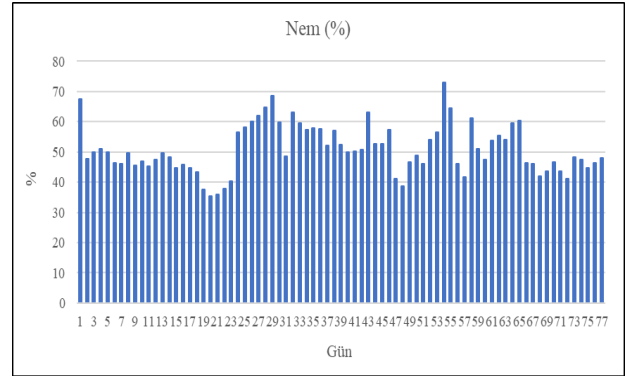
Yetiştirme ortamına ait sıcaklık ve nem değerleri Trotec BL30 Data Logger cihazı ile günlük olarak kayıt altına alınmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü döneme ait sera sıcaklık ve nem değerleri Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir.

Sulama miktarlarının hassas uygulanması için zamanlayıcı özelliği sahip selenoid vanalar ile kontrol

edilebilen yağmurlama sulama sistemi kurulmuştur. Ekimden itibaren başaklanma dönemine kadar bitki için toprak nemi uygun kalacak şekilde sulama yapılmıştır. Başaklanma döneminden sonra bitkilere verilen su kademeli olarak azaltılmıştır.



Şekil 3. Çalışma dönemine ait sıcaklık değerleri



Şekil 4. Çalışma dönemine ait nem değerleri

Bitkilere ait gübreleme programı Tablo 2'de verilmiştir. Gübreler su ile seyreltilerek uygulanmıştır. Uzun fotoperiyot süresi bitkinin vejetasyon süresini kısalttığından bitkiler hızlı ıslah koşullarında çiçeklenme tarihinden 20 gün sonra (4-9/06/2020) taneler tam olgunlaşmadan hasat edilmiştir. Hasat edilen başaklar 35 °C'de 7 gün boyunca etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Elde edilen tohumlarda dormansi sorununun olup olmadığını saptamak için tohumlar iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup için nemlendirilmiş tohumlar +4 °C'de 24 saat bekletilmiş, ikinci gruba ise herhangi bir ön işlem yapılmamıştır. Daha sonra bu iki grupta çimlenme oranını belirlemek için tohumlar 4 tekerrürlü olarak petri kapları (her petride 25 tohum olacak şekilde) içerisinde tohum çimlendirme kabininde 24 °C'de 96 saat çimlendirmeye bırakılmıştır [3].

Tablo 2. Yetiştirme döneminde uygulanan gübreleme programı.

Gübreleme dönemi	Gübre formu	Gübre miktarı
Ekim ile birlikte	20-20-0 kompoze gübre	1 kg/m ³ (N-P-K)
Kardeşlenme dönemi	CAN granül gübre	1 kg/m ³ (N)
Başaklanma dönemi	CAN granül gübre	1 kg/m ³ (N)

2.1. Çalışmada incelenen özellikler

Çiçeklenme süresi (gün): bitkilerin çıkış yaptığı tarih ile viyollerdeki bitkilerin %50'sinin çiçeklendiği tarih arasındaki süre olarak, bitki boyu (cm): bitki ana sapının toprağa bağlandığı noktadan, tepe başakçığının ucuna kadar olan mesafe cm cinsinden ölçülerek saptanmıştır. Başak uzunluğu (cm): başakların boylarının ölçülmesi ile, başakta başakçık sayısı (adet): başaktaki başakçık sayısının sayılmasıyla; başakta tane sayısı (adet): harmanlanan başakların tanelerinin sayılması ile, başakta tane ağırlığı (g): harmanlanan tanelerin hassas tartı ile tartılmasıyla belirlenmiştir. Çimlenme oranı (%): 96 saatin sonunda çimlenen tohumların %'desi olarak hesaplanmıştır [3].

Araştırmada incelenen özelliklere ait değerlerin varyans ve korelasyon analizleri, JMP Pro 13 istatistik paket programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki istatistik farklılıklar AÖF testi ile ortaya konulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonunda genotiplerin incelenen özelliklerine ait ortalama değerleri Tablo 3.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çiçeklenme süresi, bitki boyu, başak uzunluğu, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı bakımından genotipler arasında istatistik olarak önemli farklılıklar tespit edilirken, başakta başakçık sayısı bakımından genotipler arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Uzun ışıklenme süresi genotiplerin vejetasyon süresini oldukça kısaltmış ve genotipler hızlı ıslah koşullarında farklı tepkiler ortaya koymuşlardır. Genotipler arasında, hızlı ıslah koşullarında en erken çiçeklenen genotip Svevo (51.75 gün) çeşidi olurken, en geç çiçeklenen genotip ise Burgos (55.50 gün) çeşidi olmuştur (Tablo 3).

Daha önce hızlı ıslah koşullarında yapılan benzer çalışmalarda, ortalama çiçeklenme süresini buğdayda 35.0-39.0 gün, arpada 37.0-38.0 gün [4]; makarnalık buğdayda başaklanma süresini 46.0 gün, ekmeklik buğdayda ise 48.2 gün olarak saptanmıştır [3]. Ayrıca yer fıstığında yapılan çalışmada generasyon süresi F₂ kuşağında 113.0 gün, F₃ kuşağında ise 89.0 gün olarak bildirilmiştir [8]. Hızlı ıslah metodunda, bitkinin ışıklenme süresinin artmasıyla fotosentez aktivitesi

doğrudan etkilenmektedir. Fotosentez sürecinin etkilenmesiyle, vejetasyon süresi kısaltılmakta [15] bu da bir yılda 5-6 generasyon ürün alınmasına olanak sağlamaktadır. Hızlı ıslah protokolleri ile ıslah süreci kısaltılarak ve bir yıl içerisinde birden fazla generasyon alınarak ıslah programlarında genetik ilerleme sağlanabilir [16]. Araştırmacılar populasyonda çiçeklenme süresi bakımından genetik bir varyasyonun oluştuğunu ve bunun da populasyonun genetik ilerleme hızı için bir avantaj sağladığını bildirmiştir [4].

Yetiştirme dönemi boyunca hızlı ıslah koşullarında ortalama sıcaklık ve nem sırasıyla 23.4 °C ve %51 olmuştur. Yetiştirme sonunda derece gün toplam sıcaklık değeri 1800.9 °C olarak gerçekleşmiştir. Çalışmada genotiplerin çiçeklendiği ortalama derece gün miktarları, Svevo çeşidinde 1185.3 °C, TBT16-9 hattında 1209.1 °C, Sena çeşidinde 1233.7 °C ve Burgos çeşidinde 1282.7 °C olarak tespit edilmiştir (Şekil 3-4).

Genotipler arasında bitki boyu bakımından Svevo (57.88 cm) çeşidi en uzun bitki boyuna, Burgos (39.13 cm) çeşidi ise en kısa bitki boyuna sahip genotip olmuştur (Tablo 3.). Hızlı ıslah koşullarında bitki boyunun makarnalık buğdayda F₂ generasyonunda 24.0-94.0 cm, F₃ generasyonunda 46.0-77.9 cm [3], ekmeklik buğdayda 73.7-83.6 cm, arpada ise 47.5-53.1 cm aralığında olduğu bildirilmiştir [3]. Işıklanma süresinin ve ışık yoğunluğunun artmasıyla birlikte genotiplerin bitki boylarında artış gözlemlenmiştir [17]. F₂ generasyonundaki bitkilerin %17.3'ünün ebeveynlerinden daha uzun; %20.4'ünün ise daha kısa fenotipik özellik sergilediklerini gözlemlemişlerdir [13].

Bitkilerin vejetasyon süresinin kısaltılması ve çiçeklenmeden 20 gün sonra bitkilerin hasat edilmesi, verim öğelerinde ciddi oranda azalmalara ve başakların küçülmesine sebep olmuştur (Şekil 5). Genotipler arasında en yüksek başak uzunluğu 5.00 cm ile Sena çeşidinde, en düşük değer ise 4.26 cm ile Burgos çeşidinde saptanmıştır. Araştırmada başakta başakçık sayısı bakımından genotipler arasındaki fark önemsiz bulunurken, Burgos çeşidi (11.25 adet) en yüksek başakçık sayısına, Sena çeşidi (10.38 adet) ise en düşük başakçık sayısına sahip genotip olmuştur. Genotipler arasında Svevo çeşidi 13.38 adet ile

Tablo 3. Araştırmada incelenen özelliklere ait ortalama değerler

Genotip	Çiçeklenme Süresi (gün)	Bitki Boyu (cm)	Başak Uzunluğu (cm)	Başakçık Sayısı (adet)	Başakta Tane Sayısı (adet)	Başakta Tane Ağırlığı (g)
Svevo	51.75 b	57.88 a	4.63 ab	10.63	13.38 a	0.364 a
Sena	53.50 ab	46.88 b	5.00 a	10.38	10.38 ab	0.239 ab
Burgos	55.50 a	39.13 b	4.26 b	11.25	2.38 c	0.078 b
TBT16-9	52.75 b	47.25 b	4.81 a	10.88	7.88 b	0.221 ab
Ortalama	53.38	47.78	4.66	10.78	8.51	0.225
DK (%)	3.02	11.57	6.23	5.11	40.1	45.4
AÖF	2.57*	8.83**	0.45*	-	5.46**	0.16*

*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.01$ seviyesinde önemli.

başakta tane sayısı bakımından ön plana çıkarken, 2.38 adet ile Burgos çeşidi en düşük tane sayısını veren çeşit olmuştur (Tablo 3.). Hızlı ıslah koşullarında makarnalık buğdayda başakta tane sayısını erken hasat edilen bitkilerde 18.4-32.1 adet, geç hasat edilenlerde 18.8-30.8 adet; ekmeklik buğdayda ise erken hasat edilen bitkilerde 52.2-72.5 adet, geç hasat edilenlerde 44.2-62.5 adet olarak bildirilmiştir [3].

Çalışmada başakta tane ağırlığı özelliği yönünden en yüksek değer Svevo (0.364 g) çeşidinden elde edilirken, en düşük değer ise Burgos (0.078 g) çeşidinde gözlemlenmiştir (Tablo 3.). Hızlı ıslah koşullarında makarnalık buğdayda başakta tane ağırlığını erken hasat edilen bitkilerde 0.30-0.44 g, geç hasat edilenlerde 0.90-1.40 g; ekmeklik buğdayda ise erken hasat edilen bitkilerde 0.80-1.10 g, geç hasat edilenlerde 2.40-3.30 g arasında değiştiğini bildirilmiştir [3]. Araştırmacılar yer fıstığında yaptıkları bir çalışmada iki ebeveynin melezlemesini ve F₁ generasyonunu tarla koşullarında F₂, F₃ ve F₄ generasyonlarını ise hızlı ıslah koşullarında başarılı bir şekilde gerçekleştirmişlerdir [8]. Ayrıca soya fasulyesinde daha önce yapılan çalışmalarda 10 saatlik ve 14 saatlik bir fotoperiyot kullanarak yılda beş generasyon almayı başarmışlardır [11, 12].

Tohumların erken hasat edilmeleri, hızlı ıslah sisteminde beklemeden tekrar ekilmeleri nedeniyle çimlenme yönünden dormantlık seviyeleri önemlidir. Hızlı ıslah sisteminin devamlılığını garantiye almak için uygulanan bir günlük dormansi kırma işlemi (+4 °C uygulaması), normal çimlendirme şartlarına kıyasla genotiplerin çimlenme oranında %10.01 artış yapmıştır. Genotipler arasında en yüksek çimlendirme oranı Svevo çeşidinden, en düşük çimlendirme oranı ise Burgos çeşidinden elde edilmiştir. Tüm genotiplerin ön uygulamaya benzer tepki verdikleri belirlenmiştir (Tablo 4.). Daha önce yapılan benzer çalışmalarda makarnalık buğdayda çimlenme oranını %97.5 ± 0.0 [3]; ekmeklik buğdayda %94.33 olarak saptamışlardır [14]. Elde edilen %80'lik çimlenme değeri hızlı ıslah koşullarında generasyon atlatma işlemlerine dormansi uygulaması yapılmadan devam etmek için yeterli olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Genotiplerin çimlenme oranlarına ait değerler (%)

Genotip	Çimlenme Oranı (%)	
	Ön Uygulamasız (22 °C)	Ön Uygulamalı (+4 °C)
Svevo	86.2	94.6
Sena	80.6	88.2
Burgos	72.5	81.1
TBT16-9	84.3	92.1
Ortalama	80.9 b	89.0 a

Araştırmada incelenen özellikler bakımından yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre; bitki boyunun başakta tane sayısı ve başakta tane ağırlığı ile pozitif yönde olumlu ve önemli ilişki gösterdiği; çiçeklenme süresinin ise bitki boyu, başakta tane sayısı ve başakta

tane ağırlığı ile önemli ancak negatif ilişkiler gösterdiği saptanmıştır (Tablo 5.). Erkencilik ve bitki boyunun verim öğeleri ile güçlü ilişki oluşturması bu özelliğin hızlı ıslah koşullarında geliştirilecek genotiplerin erken generasyonlarında seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesini göstermiştir. Araştırmacılar ışıklenme süresinin ve ışık yoğunluğunun artmasıyla genotiplerin bitki boylarında da artışlar meydana geldiğini belirtmişlerdir [17]. Başaklanma döneminden sonra bitkilere verilen su kademeli azaltıldığı için bitkiler su stresine girmişlerdir. Geç başaklanan genotipler çiçeklenmenin gecikmesi ile daha fazla kurağa maruz kalmışlardır. Bu durum bitkilerin çiçek setlerinde tohum tutmanın azalmasına ve zayıf tane gelişimine neden olmuştur. Çiçeklenme süresi ile başakta tane sayısı ve tane ağırlığı arasındaki negatif ilişki ortaya çıkan bu durum ile açıklanabilir.

4. Sonuç

Çalışmada yer alan genotipler hızlı ıslah koşullarında uzun fotoperiyot süresine farklı tepkiler vermiştir. Uzun fotoperiyot süresi bitkinin vejetasyon süresini kısalttığından bitkiler hızlı ıslah koşullarında çiçeklenme tarihinden 20 gün sonra taneler tam olgunlaşmadan çimlenebilecek şekilde hasat edilebilmiştir. Bu sürenin buğday gibi yılda en fazla iki ürün alınabilen ürün grupları için ideal olduğu gözlemlenmiş olup, generasyon atlatılması aşamalarında hız kazanmak adına kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

Genel olarak araştırmada kullanılan makarnalık buğday genotiplerinden Svevo çeşidi uzun fotoperiyot koşullarına en iyi tepkiyi veren genotip olmuştur. Dormansi kırma işlemi, normal çimlendirme şartlarına kıyasla genotiplerin çimlenme oranında ciddi artış meydana getirmiştir. İncelenen özellikler arasında erkencilik ve uzun boyluluğun, uzun fotoperiyot koşullarında verim ile doğrudan ilişkili olan başakta tane sayısı ve tane ağırlığı üzerinde güçlü ve pozitif bir etki oluşturduğu saptanmış ve bu özelliklerin hızlı ıslah koşullarında geliştirilecek genotiplerin erken generasyonlarında seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak yapılan araştırma ile hızlı ıslah tekniğinin makarnalık buğdayda söz konusu olan ıslah çalışmaları için generasyon atlamada kolaylık sağlayacağı ve yapılacak yoğun çalışmalar ile çeşit geliştirme konusunda ülkemizdeki tohumculuk firmalarının ve araştırma kuruluşlarının Ar-Ge çalışmalarına büyük bir katkı ve hız kazandıracağı öngörülmektedir. Kullanılan makarnalık buğday genotiplerinin yazlık (spring) karakterde olması nedeniyle tohumların ekilmeden önce vernalize edilmelerine gerek kalmamıştır. Ancak kışlık karakterde olan genotiplerin vernalize edilmeden kontrollü koşullarda başaklanmaları mümkün olmayacaktır.

Tablo 5. Araştırmada incelenen özelliklere ait korelasyon ilişkisi

Genotip	Çiçeklenme Süresi (gün)	Bitki Boyu (cm)	Başak Uzunluğu (cm)	Başakçık Sayısı (adet)	Başakta Tane Sayısı (adet)
Bitki Boyu (cm)	-0.779**				
Başak Uzunluğu (cm)	-0.405	0.353			
Başakçık Sayısı (adet)	0.042	-0.141	0.112		
Başakta Tane Sayısı (adet)	-0.737**	0.803**	0.410	-0.144	
Başakta Tane Ağırlığı (g)	-0.703**	0.822**	0.364	-0.029	0.960**

** : $p \leq 0.01$ seviyesinde önemli.

Hızlı ıslah metodu, stres koşulları altında yürütülerek kısa sürede yüksek verimli, hastalık, tuzluluğa vs. koşullara dayanıklı çeşitler geliştirilmesine olanak sağlayabilir. Ancak mevcut literatürlerde yer alan hızlı ıslah protokolleri sadece bazı bitki grupları için standart yöntemlerle kullanılmakta, farklı koşullara uygun seleksiyon için geliştirilmeleri gerekmektedir. Hızlı ıslah metodunun tam optimize edilmesi, gelecekte büyük sorun olacak gıda güvenliğinin giderilmesi için gelecek nesillere büyük bir umut ışığı olacaktır.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Kaynakça

- [1] Çamurcu, H. 2005. Dünya Nüfus Artışı ve Getirdiği Sorunlar. Sosyal Bilimler Dergisi, 8(13), 87-105.
- [2] Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., Foley, J. A. 2013. Yield Trends are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. PloSOne, 8, e66428.
- [3] Ghosh, S., Watson, A., Gonzalez-Navarro, O., Ramirez-Gonzalez, R., Yanes, L., Mendoza-Suárez, M., Simmonds, J., Wells, R., Rayner, T., Green, P., Hafeez, A., Hayta, S., Melton, R., Steed, A., Sarkar, A., Carter, J., Perkins, L., Lord, J., Tester, M., Hickey, L. 2018. Speed Breeding in Growth Chambers and Glasshouses for Crop Breeding and Model Plant Research. Nature Protocols, 13(12), 2944-2963.
- [4] Watson, A., Ghosh, S., Williams, M. J., Cuddy, W. S., Simmonds, J., Rey, M. D., Md Hatta, M. A., Hinchliffe, A., Steed, A., Reynolds, D., Adamski, N. M., Breakspear, A., Korolev, A., Rayner, T., Dixon, L. E., Riaz, A., Martin, W., Ryan, M., Edwards, D., Batley, J., Raman, H., Carter, J., Rogers, C., Domoney, C., Moore, G., Harwood, W., Nicholson, P., Dieters, M. J., DeLacy, I. H., Zhou, J., Uauy, C., Boden, S. A., Park, R. F., Wulff, B. B. H., Hickey, L. T. 2018. Speed Breeding is a Powerful Tool to Accelerate Crop Research and Breeding. Nature Plants, 4, 23-29.
- [5] Hickey, L. T., Germán, S. E., Pereyra, S. A., Diaz, J. E., Ziem, L. A., Fowler, R. A., Platz, G. J., Franckowiak, J. D., Dieters, M. J. 2017. Speed Breeding for Multiple Disease Resistance in Barley. Euphytica, 213(3), 1-14.
- [6] Jighly, A., Lin, Z., Pembleton, L. W., Cogan, N., Spangenberg, G. C., Hayes, B. J., Daetwyler, H. D. 2019. Boosting Genetic Gain in Allogamous Crops Via Speed Breeding and Genomic Selection. Frontiers in Plant Science, 10, 1364,
- [7] Li, H., Rasheed, A., Hickey, L. T., He, Z. 2018. Fast-forwarding Genetic Gain. Trends in Plant Science, 23, 184-186.
- [8] O'Connor, D. J., Wright, G. C., Dieters, M. J., George, D. L., Hunter, M. N., Tatnell, J. R., Fleischfresser, D. B. 2013. Development and Application of Speed Breeding Technologies in a Commercial Peanut Breeding Program. Peanut Science, 40(2), 107-114,
- [9] Ahmar, S., Gill, R. A., Jung, K. H., Faheem, A., Qasim, M. U., Mubeen, M., Zhou, W. 2020. Conventional and Molecular Techniques from Simple Breeding to Speed Breeding in Crop Plants: Recent Advances and future outlook. International Journal of Molecular Science, 21(7), 2590.
- [10] Collard, B. C. Y., Baredo, J. C., Lenaerts, B., Mendoza, R., Santelices, R., Lopena, V., Verdeprado, H., Raghavan, C., Gregorio, G. B., Vial, L., Demont, M., Biswas, P. S., Iftekharrudaula, K. F., Rahman, K. A., Cobb, J. N., Rafiqul, I. M. 2017. Revisiting Rice Breeding Methods: Evaluating the Use 384 of Rapid Generation Advance (RGA) for Routine Rice Breeding. Plant Production Science, 20, 337-352.
- [11] Jähne, F., Hahn, V., Würschum, T., Leiser, W. L. 2020. Speed Breeding Shortday Crops by LED Controlled Light Schemes. Theoretical and Applied Genetics, 133, 2335-2342,
- [12] Nagatoshi, Y., Fujita, Y. 2019. Accelerating Soybean Breeding in a CO₂ Supplemented Growth Chamber Plant and Cell Physiology, 60, 77-84.
- [13] Alahmad, S., Dinglasan, E., Leung, K., Riaz, A., Derbal, N., Voss-Fels, K., Able, J., Bassi, F., Christopher, J., Hickey, L. 2018. Speed Breeding for Multiple Quantitative Traits in Durum Wheat. Plant Methods, 14(1), 1-15.

- [14] Akdağ, H. 2019. Hızlı ıslah tekniğiyle buğdayda haritalama popülasyonu ve geriye melez döllerin yetiştirilmesi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomühendislik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 51s, Karaman.
- [15] Cazzola, F., Bermejo, C., Julieta, G. I., Cointry, E. 2021. Speed Breeding in Pulses: an Opportunity to Improve the Efficiency of Breeding Programs. *Crop and Pasture Science*, 72, 165-172.
- [16] Chiurugwi, T., Kemp, S., Powell, W., Hickey, L. T. 2019. Speed Breeding Orphan Crops. *Theoretical and Applied Genetics*, 132, 607–616.
- [17] Smedley, D., Jacobsen, J. O. B., Jager, M., Kohler, S., Holtgrewe, M., Schubach, M., Washington, N. L. 2015. Next-generation Diagnostics and Disease-gene Discovery with the Exomiser. *Nature Protocols*, 10(12), 2004-2015.