

Hızlı İslah Sisteminin Optimizasyonu: İdeal Hasat Zamanı

Merve BAYHAN^{1*}, Remzi ÖZKAN¹, Levent YORULMAZ¹, Cuma AKINCI¹

¹Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır/TÜRKİYE

Alınış tarihi: 27 Eylül 2024, Kabul tarihi: 10 Aralık 2024

Sorumlu yazar: Merve BAYHAN, e-posta: mervebayhan21@gmail.com

Öz

Amaç: Bu çalışmada hızlı ıslah koşullarında yetiştirilen bitkilerde çiçeklenmeden sonra 10 farklı hasat tarihi kullanılmış ve erken tohum hasadının toplam generasyon süresine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: Araştırma, 2020 yılında yarı kontrollü sera ortamında gerçekleştirilmiş ve materyal olarak TBT16-9 makarnalık buğday genotipi kullanılmıştır. Tohumlar her gözde bir bitki olacak şekilde 28 gözlü fide viyollerine ekilmiştir. Her viyol 1 tekerrür olacak şekilde her bir hasat zamanı için çalışma 4 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Çalışmada toprak materyali olarak hazır torf kullanılmıştır. Araştırmada 22 saat ışık 2 saat karanlık olacak şekilde (gece ve gündüz sıcaklığı 17/22 °C) hızlı ıslah protokolü uygulanmış ve ardından çiçeklenmeden sonra 10 farklı tarihte hasat yapılmıştır. Hasat edilen bitkilerde bazı morfolojik özellikler incelenmiş ve elde edilen başaklar 35 °C'de 7 gün boyunca etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Ardından tohumlar 4 tekerrürlü olarak 24 °C'de 96 saat doğrudan çimlendirmeye alınmış ve çimlenme oranı (%) değerleri belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları: Araştırmada incelenen morfolojik özelliklerin hasat tarihleri ile uyumlu bir artış veya azalış göstermediği belirlenmiştir. Buğday için uygulanan hızlı ıslah protokolü ile çiçeklenmeden 20 gün sonra (Ç-20) yapılan erken tohum hasadının başarılı çimlenme sonuçları (%61.07) gösterdiği ve bu metot ile hızlı ıslah koşullarında bir yılda yaklaşık 5 generasyon alınabileceği saptanmıştır.

Sonuç: Hızlı ıslah koşullarında hem bitkilerin uzun ışıklanma süresine tepkisinin bir sonucu olarak erken çiçeklenmenin hem de erken tohum hasadının generasyon süresini kısaltmada etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Hızlı ıslah, çiçeklenme, generasyon süresi, erken tohum hasadı, buğday

Optimisation of Speed Breeding System: Optimal Harvest Time

Abstract

Objective: In this study, 10 different harvest dates were used after flowering in plants grown under speed breeding conditions and it was aimed to determine the effect of early seed harvest on total generation time.

Materials and Methods: The research was carried out in 2020 in a semi-controlled greenhouse environment and TBT16-9 durum wheat genotype was used as material. Seeds were sown in 28-well seedling trays with one plant per tray. The study was established according to the randomised plots experimental design with 4 replicates for each harvest time, with 1 replicate in each tray. Peat was used as soil material in the study. In the study, a speed breeding protocol was applied with 22 hours of light and 2 hours of darkness (day and night temperature 17/22 °C) and then harvested on 10 different dates after flowering. Some morphological characteristics of the harvested plants were examined and the spikes obtained were dried in an oven at 35 °C for 7 days. Then, the seeds were directly germinated at 24 °C for 96 hours in 4 replicates and germination rate (%) values were determined.

Results: It was determined that the morphological traits examined in the study did not show an increase or decrease in accordance with the harvest dates. With the speed breeding protocol applied for wheat, it was determined that early seed harvesting 20 days after flowering (Ç-20) showed successful germination results (61.07%) and with this method,

approximately 5 generations can be obtained in one year under speed breeding conditions.

Conclusion: As a result, it was determined that both early flowering as a result of the response of the plants to the long light period and early seed harvesting were effective in shortening the generation period under speed breeding conditions.

Keywords: Speed breeding, flowering, generation time, early seed harvest, wheat

Giriş

Buğday tek başına küresel gıda/beslenme güvenliği sağlamada özellikle önemli bir rol oynar ve küresel gıda kalorisinin ve proteinin beşte birini sağlar (Erenstein ve ark., 2022). İslah çalışmaları sonucunda buğday verimi, stabilitesi ve hastalıklara karşı direnç kademeli olarak artmıştır (Kiszonas ve Morris, 2018). İslah girişimleri, küresel gıda güvenliğini de dikkate almış ve 20 yıl içinde buğday üretiminin iki katına çıkmasını sağlamıştır (Curtis ve Halford, 2014). Ancak, küresel iklim değişikliğinin devam eden etkileri, değişen çevre koşullarına uyum sağlayabilecek ürün çeşitlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır (Lopes ve ark., 2015). Yeni çeşitlerin üretim süresi, hızlı gelişimlerinde önemli bir sınırlayıcı faktördür (Ghosh ve ark., 2018). Geleneksel ıslah yöntemlerinin yeni bir çeşit geliştirmesi genellikle 1-20 yıl sürmekte olup, melezleme, seleksiyon ve tarla denemeleri gibi süreçlerin yanı sıra önemli miktarda alan ve iş gücü de gerektirmektedir (Ahmar ve ark., 2020; Cha ve ark., 2020). Ancak veri üretiminin çok hızlandığı günümüzde tohum ıslahında sera şartlarında bitki yetiştirme ve generasyon atlatma konusunda da hızlı bir gelişme yaşanmıştır. Hickey ve ark. (2019)'nın geliştirdiği ve hızlı ıslah (speed breeding) olarak adlandırdığı bu yenilik ile bitkilerin uzatılmış fotoperiyotlarda daha fazla fotosentez yapması, buna ek olarak düzenli bir bitki besleme programı uygulanması ve bitkilerin kontrol edilebilir stres şartlarında daha hızlı gelişmeleri sağlanarak generasyon sayısının artırılabilceği sonucuna varılmıştır.

Hızlı ıslah, ışık, sıcaklık, nem ve diğer parametrelerin kontrollü koşulları altında hedeflenen melez genotiplerden elde edilen önemli popülasyonların yetiştirilmesini ve böylece generasyon sürelerinin önemli ölçüde kısaltılmasını içermektedir (Chaudhary ve Sandhu, 2024). Hızlı ıslah ile ekmeclik buğday (*Triticum aestivum*), makarnalık buğday

(*Triticum durum*) ve arpada (*Hordeum vulgare*) yılda 6 generasyon (Ghosh ve ark., 2018; Watson ve ark., 2018); soya fasulyesinde (*Glycine max.*) yılda 5 generasyon (Jähne ve ark., 2020); nohutta (*Cicer arietinum*) yılda 6-7 generasyon (Watson ve ark., 2018; Samineni ve ark., 2020); börülcede (*Vigna unguiculata*) yılda 7-8 generasyon (Edet ve Ishii, 2022); baklada (*Vicia faba*) yılda 7 generasyon (Mobini ve ark., 2015); yer fıstığında (*Arachis hypogaea*) yılda 4 generasyon (Ochatt ve ark., 2002); mercimekte (*Lens culinaris*) 3-4 generasyon (Idrissi, 2020) ve kanola (*Brassica napus*) bitkisinde yılda 4 generasyon (Watson ve ark., 2018) ürün alındığı bildirilmiştir.

Araştırmacılar hızlı ıslah koşullarında bir yılda birden fazla generasyon elde etmek için ışıklanma süresi (fotoperiyod), ışık yoğunluğu, sıcaklık ve erken tohum hasadı ile çiçeklenmeyi ve üretim süresini hızlandıran farklı yöntemler denemişlerdir (Ghosh ve ark., 2018). Generasyon süresini azaltmak için erken tohum hasadına odaklanılmış ve ekimden önce tohumun kurutulması bazı tahıllarda başarıyla uygulanmıştır (Hickey ve ark., 2019). Buğday için çiçeklenmeden 14 gün sonra, arpa için 28 gün sonra ve kanola ile nohut için 42 gün sonra yapılan hasadın önemli çimlenme değerleri gösterdiği belirlenmiştir (Watson ve ark., 2018). Buğday çeşitlerinde uzatılmış fotoperiyottan sonra olgunlaşmamış tohumların hasat edilmesinin generasyon süresini önemli ölçüde azalttığı saptanmıştır (Ferrie ve Polowick, 2020). 20 saatlik uzatılmış bir fotoperiyodun ardından olgunlaşmamış tohumları hasat ederek mercimek için 56 günlük hızlı üretim döngüsü belirlenmiştir (Lulsdorf ve Banniza, 2018). Hızlı ıslah protokolüne tabi tutulan bitkilerden erken hasat edilen tohumlar arasında, sadece çiçeklenmeden 18 gün sonra toplananlar üretim süresinde önemli bir azalmaya yol açarken, tohum canlılığı kontrol bitkilerine kıyasla etkilenmemiştir (Cazzola ve ark., 2020). Yulafta hızlı ıslah protokolünün, ürünün generasyon süresini önemli ölçüde azaltarak tohum boyutunu ve dolayısıyla tohum çimlenmesini olumsuz yönde etkilediği ve çiçeklenmeden sadece 21 gün sonra yapılan erken hasadın, beş canlı tohumla sonuçlandığı belirlenmiştir (González-Barrios ve ark., 2020). Güvercin bezelyesinin çiçeklenmesinden yaklaşık 35 gün sonra olgunlaşmamış tohumların da generasyon süresini 3 haftaya kadar azaltmak için çimlendirilebileceği ileri sürülmüştür (Saxena ve ark., 2017). Farklı araştırmacılar tohumların erken hasat edilmesinin güvercin bezelyesinde generasyon

süresini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Bohra ve ark., 2020; Sharma ve ark., 2020). Olgunlaşmamış soya fasulyesi tohumlarının CO₂ takviyesiyle bir bitki büyüme odasında yetiştirilen bitkilerden çiçeklenmeden 37 gün sonra hasat edildiği ve elde edilen tohumların hem çimlenme hem de büyüme hızı olarak olgun tohumlarla karşılaştırılabilir bulunduğu bildirilmiştir (Nagatoshi ve Fujita, 2019). Bu nedenle, yapılan çok sayıda çalışma, tohumun erken hasadıyla birlikte hızlı ıslah protokollerinin kullanılmasının, bitki üremesini artırmak için önemli bir araç olduğunu öne sürmektedir.

Bu çalışma ile hedeflenen değişen iklim koşullarına uygun genotipler elde etme sürecinde hızlı ıslahın gücünden yararlanmaktadır. Çalışmada çiçeklenme ile başlayan erken tohum hasadının hızlı ıslah koşullarında generasyon süresini kısaltmadaki rolünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Tohum canlılığının önem teşkil ettiği ideal hasat tarihinin belirlenmesiyle hızlı ıslah koşullarında 1 yılda birden

fazla generasyon elde edilmesinde avantaj sağlanacaktır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma, 2020 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümüne ait yarı kontrollü sera ortamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada materyal olarak TBT16-9 makarnalık buğday genotipi kullanılmıştır. Çalışmada hızlı ıslah koşullarında yetiştirilen bitkilerde çiçeklenmeden sonra 10 farklı hasat tarihi kullanılmış ve erken tohum hasadının toplam generasyon süresine etkisi araştırılmıştır.

Araştırmada kullanılan tohumlar 28 gözlü (130 cm³ olan) fide viyollerinde ekilmiştir. Her viyol 1 tekerrür olacak şekilde her bir hasat zamanı için çalışma 4 tekerrürlü olarak 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.

Çizelge 1. Hızlı ıslah koşullarında uygulanan gübreleme programı

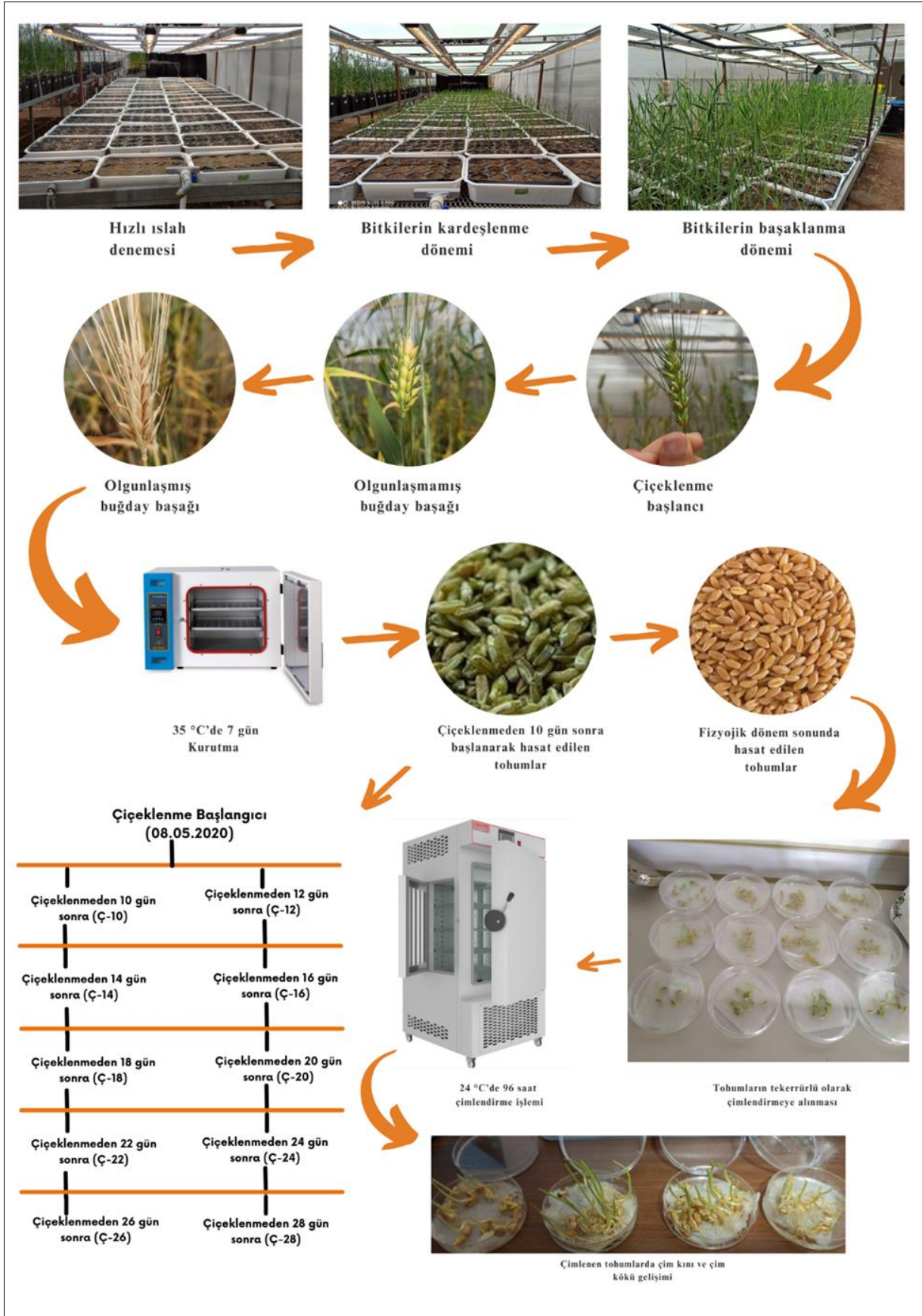
Gübreleme dönemi	Gübre formu	Gübre miktarı
Ekim ile birlikte	20-20-0 kompoze gübre	1 kg m ⁻³ (N-P-K)
Kardeşlenme dönemi	CAN granül gübre	1 kg m ⁻³ (N)
Başaklanma dönemi	CAN granül gübre	1 kg m ⁻³ (N)

Yetiştirme ortamına ait sıcaklık ve nem değerleri günlük olarak kayıt altına alınmıştır (Trotec BL30 Data Logger). Sulama miktarlarının hassas uygulanması için zamanlayıcı özelliğe 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. Gübre uygulaması ekim ile birlikte, kardeşlenme dönemi ve başaklanma dönemi olmak üzere 3 farklı dönemde ve suda eritilerek sıvı olarak uygulanmıştır (Çizelge 1).

Hızlı ıslah koşullarında bitkiler 22 saat ışık, 2 saat karanlık olacak şekilde 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. Gece ve gündüz sıcaklığı farklı tutulmuştur (17/22 °C) (Ghosh ve ark., 2018; Watson ve ark., 2018). Şekil 1'de görüldüğü üzere çalışmada kırmızı, sarı ve mor renkleri barındıran şerit ledler ve beyaz ışık ihtiva eden kare led ışık kullanılmıştır. Sabit bitki yetiştirme masası üzerine ayarlanabilir hareketli bir

sistem kurulmuş ve bitki ile led ışık arası mesafe gelişim dönemi boyunca 20 cm olacak şekilde sabitlenmiştir. Araştırmada elde edilen bitkilere ait başaklar çiçeklenme başlangıcından (08.05.2020-44.gün) 10 gün sonraya denk gelecek şekilde 2 gün arayla 10 farklı tarihte hasat edilmiştir (Şekil 1). Hasat edilen bitkiler rastgele seçilmiş ve bu bitkilerde bitki boyu (cm), başak uzunluğu (cm), başakta başakçık sayısı (adet) ve başakta tane sayısı (adet) özellikleri de incelenmiştir (Watson ve ark., 2018).

Hızlı ıslah koşullarında erken hasat edilen başaklar 35 °C'de 7 gün boyunca etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Ardından elde edilen tohumlar doğrudan çimlendirmeye alınmıştır. Tohumlar çimlendirme kabiniinde 4 tekerrürlü olarak petri kaplarında 24 °C'de 96 saat çimlendirmeye bırakılmıştır (Şekil 1). 96 saatin sonunda her petri kabında bulunan 25 tohumdan, çimlenen tohumların sayılmasıyla çimlenme oranı belirlenmiştir (Ghosh ve ark., 2019). Araştırmada incelenen özelliklere ait değerlerin varyans analizleri JMP 13 istatistik paket programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki istatistiksel farklılıklar AÖF testi ile ortaya konulmuştur.



Şekil 1. Hızlı ıslah koşullarına ve deneme metoduna ait görseller

Bulgular ve Tartışma

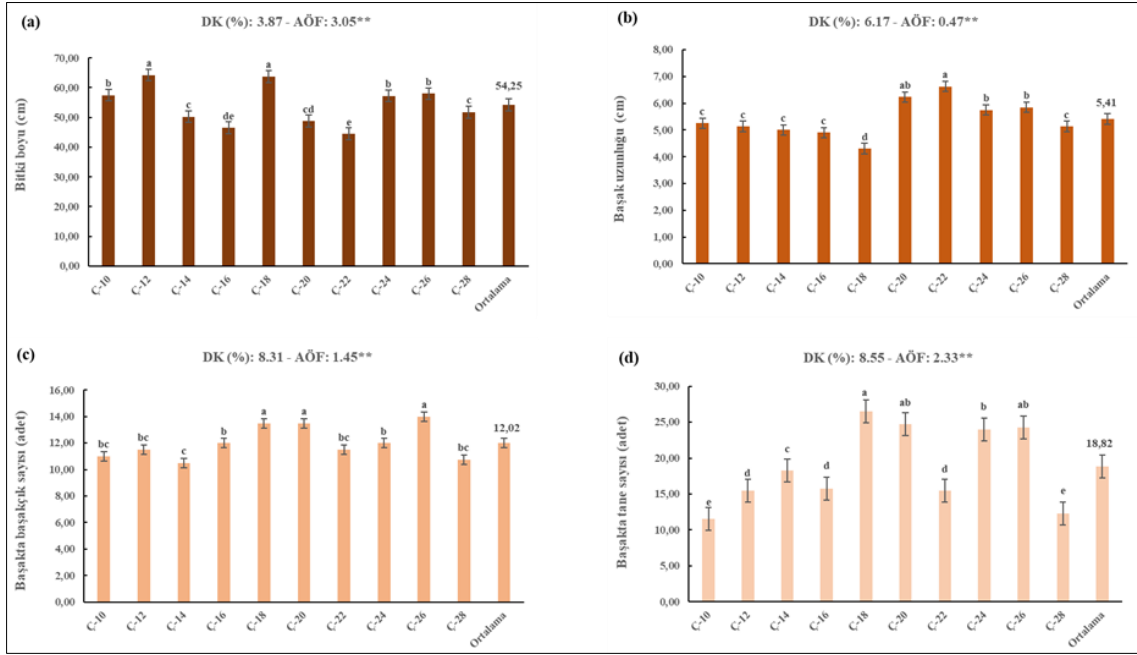
Hızlı ıslah koşullarında erken tohum hasadının generasyon süresini kısaltmadaki rolünün belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada rastgele seçilen bitkilerde incelenen özelliklere ait ortalama değerler ve oluşan gruplar Şekil 2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre incelenen özellikler bakımından hasat tarihleri arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Hızlı ıslah koşullarında bitki boyu ve başak uzunluğu bakımından hasat tarihleri arasında farklılık gözlenmiştir. Bitki boyu bakımından Ç-12 (64.25 cm) ve Ç-18 (63.75 cm) ön plana çıkarken, başak uzunluğu bakımından ise birbirini takip eden Ç-20 (6.23 cm) ve Ç-22 (6.63 cm) hasat tarihleri ön plana çıkmıştır (Şekil 2a ve 2b). Hasat tarihleri arasında bitki boyu ve başak uzunluğu bakımından oluşan artış veya azalış düzenli olmamakla birlikte, bu durum bitkilerin hızlı ıslah koşullarında ışığa ve diğer çevresel faktörlere karşı verdiği tepki ile açıklanabilmektedir. Aksi durumda bitkilerin hasat tarihleri ile uyumlu olarak uzun bitki boyu veya başak uzunluğuna sahip olması beklenmemektedir. Hızlı ıslah koşullarında makarnalık buğdaya ait ortalama bitki boyu değerlerinin; 51.59 cm (Bayhan ve ark., 2022), 68.0 cm (Watson ve ark., 2018), 47.78 cm (Özkan ve ark., 2022) ve F2 ile F3 generasyonunda sırasıyla 59.0 cm ve 61.95 cm (Ghosh ve ark., 2018) olduğu bildirilmiştir. Alahmad ve ark. (2018), hızlı ıslah koşulları altında F2 generasyonundaki bitkilerin %17.3'ünün ebeveynlerinden daha uzun; %20.4'ünün ise daha kısa fenotipik özellik sergilediklerini gözlemişlerdir. Araştırmacılar hızlı ıslah koşullarında makarnalık buğdaya ait ortalama başak uzunluğu değerlerinin de; 4.29 cm (Bayhan ve ark., 2022), 8.1 cm (Watson ve ark., 2018) ve 4.66 cm (Özkan ve ark., 2022) olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırmada başakta başakçık sayısı ve başakta tane sayısı bakımından da diğer özelliklere benzer bir durum gözlenmiştir. Hasat tarihleri ile bitkilerden elde edilen değerler arasında uyumlu bir artış veya azalış bulunmamaktadır. Şekil 2 (c ve d)'de görüldüğü üzere Ç-18, Ç-22 ve Ç-26'nın hem başakta başakçık sayısı bakımından hem de başakta tane sayısı bakımından ön plana çıktığı belirlenmiştir. Özellikle çiçeklenmeden 18 gün sonra (Ç-18) hasat edilen başaklardan yüksek tane sayısı elde edilmiştir (Şekil 2c ve 2d). Hızlı ıslah koşullarında elde edilen başakta başakçık sayısı ve başakta tane sayısı değerlerinin

sırasıyla 9.01- 12.66 adet, (Bayhan ve ark., 2022) ve 10.78-8.51 adet (Özkan ve ark., 2022) olduğu bildirilmiştir. Ghosh ve ark. (2018), hızlı ıslah koşullarında makarnalık buğdayda başakta tane sayısının erken hasat edilen bitkilerde 18.4-32.1 adet ve geç hasat edilen bitkilerde 18.8-30.8 adet olduğunu bildirmişlerdir. Hızlı ıslah koşullarında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçların farklılık göstermesi ışık yoğunluğu, ışıklanma süresi, sıcaklık isteği, toprak materyali, saksı boyutu, gübreleme programı, sulama ve bitki materyali gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir. Bu nedenle de çalışmadan elde edilen değerlerin literatür ile benzerlik veya farklılık göstermesi muhtemeldir. Burada hem bitki materyaline göre kullanılan protokol hem de yetiştirme teknikleri değişkenlik gösterebilmektedir.

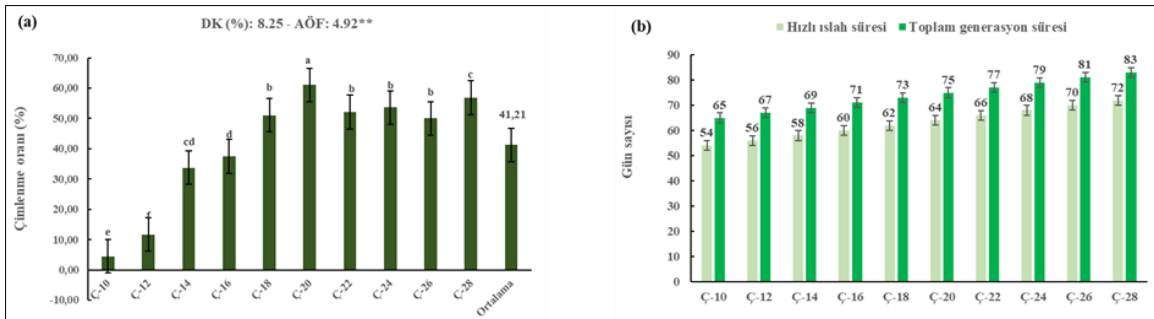
Çiçeklenme başlangıcından 10 gün sonra 10 farklı tarihte erken hasat edilen tohumların çimlenme oranına ait ortalama değerler ve oluşan gruplar Şekil 3a'da verilmiştir. Ayrıca hızlı ıslah koşulları ile çimlenmeye kadar geçen süreyi kapsayan gün sayısına ait değerlerde Şekil 3b'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek çimlenme oranı %61.07 ile hızlı ıslah koşullarında çiçeklenmeden 20 gün sonra (Ç-20) hasat edilen tohumlarda gerçekleşmiştir. Çiçeklenmeden 10 gün sonra (Ç-10), 12 gün sonra (Ç-12), 14 gün sonra (Ç-14) ve 16 gün sonra (Ç-16) yapılan erken tohum hasadında çimlenme oranının %50'nin altında olduğu, çiçeklenmeden 18 gün sonra (Ç-18) ve 28 gün sonra (Ç-28) arasında yapılan hasat ile bu oranın artmaya başladığı belirlenmiştir (Şekil 3a). Gün sayısı değerlerine baktığımızda ise çimlenmenin en yüksek olduğu Ç-20 için toplam generasyon süresinin 75 gün olduğu belirlenmiştir (Şekil 3b). Bu sonuçlar doğrultusunda hızlı ıslah koşullarında makarnalık buğdayda çiçeklenmeden 20 gün sonra yapılan erken tohum hasadı ile 75 günlük bir periyotta bir yılda yaklaşık 5 generasyon alınabileceği saptanmıştır. Ayrıca hızlı ıslah koşullarında çiçeklenmeden 28 gün sonra yapılan hasadın (Watson ve ark., 2018) normal fizyolojik olgunluk tarihine denk geldiği ve toplamda 83 günlük generasyon süresi ile bir yılda yaklaşık 4 generasyon alınabileceği belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen çimlenme değerlerinin düşük olması hem olgunlaşmamış tohum hasadının hem de hızlı ıslah koşullarında bitkinin hızlı büyüme stresine verdiği tepkinin bir sonucu olarak tanelerin zayıf gelişmesi ile ilişkilendirilebilmektedir.



Şekil 2. Araştırmada incelenen özelliklere ait ortalama değerler ve oluşan gruplar ((a): Bitki boyu, (b): Başak uzunluğu, (c): Başakta başakçık sayısı, (d): Başakta tane sayısı, **: p<0.01, DK: Düzeltme Katsayısı, AÖF: Asgari Önemli Farklılık)

Hızlı ıslah sisteminde uzatılmış fotoperiyot altında artan büyüme hızı, öncelikle fotosentez ve biyokütle üretiminin hızlanmasıyla ilişkilidir ve bu da üreme döngüsünü hızlandırmaktadır (Rezazadeh ve ark., 2018; Watson ve ark., 2018). Daha önce yapılan hızlı ıslah çalışmaları, tohum olgunlaşma süresini azaltmada ve erken çimlenmeyi teşvik etmede erken tohum hasadının ve hormonal uygulamaların etkinliğini göstermiştir (Watson ve ark., 2018). Hızlı ıslah koşullarında belirli yetiştirme koşulları ve erken tohum hasadı kullanılarak buğday üretim süresinin 8-10 haftaya kadar kısaltılabileceği bildirilmiştir (Ghosh ve ark., 2018). Araştırmacılar bunun 22

saatlik daha uzun bir fotoperiyot süresi ve ardından 2 saatlik karanlık evre ile çiçeklenmeden 2-3 hafta sonra erken hasat edilen tohumların 3-5 gün boyunca 28-30 °C'de kurutulması şeklinde uygulanabileceğini belirtmişlerdir (Watson ve ark., 2018; Ghosh ve ark., 2018). Olgunlaşmamış başakların hasat edilmesi ve 3 gün boyunca 30 °C'de kurutulması, tane ağırlığında bir kayıpla birlikte gelse de, tohumdan tohuma döngünün daha hızlı olmasını sağlamaktadır (Watson ve ark., 2018). Bu yöntemde çimlenme başarısızlığı olasılığını azaltmak için tohumların karanlıkta +4 °C'de 1-3 gün kadar bekletilerek uyku halinin (dormansi) giderilmesi sağlanabilmektedir (Özkan ve ark., 2022; Ghosh ve ark., 2018).



Şekil 3. Hızlı ıslah koşullarında erken hasat edilen tohumlarda incelenen özelliklere ait ortalama değerler ve oluşan gruplar ((a): Çimlenme oranı, (b): Gün sayısı, Hızlı ıslah süresi: tohumun ekiminden çiçeklenme başlangıcı ile belirtilen hasat tarihine kadar geçen süre, Toplam generasyon süresi: hızlı ıslah süresi + etüv + çimlendirme süresi, **: p<0.01, DK: Düzeltme Katsayısı, AÖF: Asgari Önemli Farklılık)

Araştırmacılar hızlı ıslah koşullarında çiçeklenmeden 20 gün sonra hasat edilen makarnalık buğday tohumlarında dormansi kırma işlemi (+4 °C'de bekletme) yapılmadan %80 çimlenme oranı elde edildiğini ve dormansi kırma işleminin ise çimlenme oranında %10'luk bir artış (%89.0) sağladığını bildirmişlerdir (Özkan ve ark., 2022). Çiçeklenmeden 18 gün sonra hasat edilen makarnalık buğday tohumlarında ise dormansi kırma işlemi (+4 °C'de bekletme) yapılmadan %75.5 çimlenme oranı elde edildiğini ve dormansi kırma işleminin ise çimlenme oranında %22.5'luk bir artış (%92.5) sağladığını bildirmişlerdir (Bayhan ve ark., 2022). Watson ve ark. (2018) hızlı ıslah koşullarında çiçeklenmeden 14 gün sonra (olgunlaşmamış tohum) ve 28 gün sonra (olgunlaşmış tohum) hasat edilen tohumlara 5 gün 35 °C'de kurutma ve 4 gün 4 °C'de soğutma uygulamış ve tohumlara ait çimlenme yüzdesinin sırasıyla %80 ve %100 olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca bu süreler uygulanarak makarnalık buğdayda bir yılda 6 generasyon elde ettiklerini de ifade etmişlerdir. Kabade ve ark. (2024), hızlı ıslah koşullarında (çiçeklenmeden 9, 11, 13 ve 15 gün sonra) erken hasat edilen pirinç tohumlarına farklı konsantrasyonlarda (20, 40, 60 ve 80 ppm arasında değişen) GA3 (Giberellik asit) uygulamışlardır. Farklı hasat süreleri arasında, 15. günde hasat edilen tohumların tüm GA3 konsantrasyonlarında en yüksek çimlenme yüzdesini sergilediğini ve genel çimlenme yüzdesinin farklı GA3 konsantrasyonları ve hasat süreleri arasında %12.5 ila %100 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca erken tohum hasadı ve erken çimlendirme yaklaşımının tohumların olgunlaşması için gereken %50'lik süreyi önemli ölçüde azaltarak ıslah sürecini hızlandırmada etkin olduğunu ifade etmişlerdir.

Hızlı ıslah koşullarında nohutta (*Cicer arietinum*) yıllık üretim döngüsü sayısını artırmak için araştırmacılar erken çiçeklenmeyi teşvik eden uzun fotoperiyot süresi ve olgunlaşmamış tohumların çimlendirilmesi metodunu uygulamıştır. Kontrol ile karşılaştırıldığında, fotoperiyot süresinin erken, orta ve geç olgunlaşan gruplarda çiçeklenme süresinde sırasıyla 8-19, 7-16 ve 11-27 gün azalmaya neden olduğunu saptamışlardır (Samineni ve ark., 2020). Araştırmacılar ayrıca çiçeklenmeden 20-23 gün sonra erken hasat edilen tohumun çimlenebilme yeteneğine sahip olduğunu ve bir yılda üretilen ortalama generasyon sayısının erken, orta ve geç olgunlaşan gruplarda sırasıyla 7, 6.2 ve 6 olduğunu ifade etmişlerdir (Samineni ve ark., 2020). González-

Barrios ve ark. (2021), hızlı ıslah (22 saatlik fotoperiyot) ve normal büyüme koşulları (16 saat) altında 8 yulaf çeşidi ile yaptıkları çalışmada hızlı ıslah koşullarının değerlendirilen tüm fenolojik aşamalar için, normal büyüme koşullarına kıyasla önemli bir süre azalması sağladığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar özellikle, çiçeklenme tarihine kadar geçen süredeki azalmanın 11 gün olduğunu ve çiçeklenmeden 21 gün sonraya denk gelen erken tohum hasadına ait çimlenme değerlerinin tüm genotipler için kabul edilebilir çimlenme seviyelerine ulaştığını bildirmişlerdir. Ayrıca hızlı ıslah ve erken tohum hasadı ile yulafta yılda 5 generasyon elde edilebileceğini saptamışlardır (González-Barrios ve ark., 2021).

Sonuç

Farklı bitki türlerine ve ıslah hedeflerine göre uygulanabilen protokollerin kolayca entegre edilmesi ve geliştirilmesi, hızlı ıslah tekniğini, kısa sürede yeni çeşitlerin elde edilmesinde etkili bir araç haline getirmektedir. Hızlı ıslah geleceğimizin gıda güvenliği açısından hem yenilikçi hem de alternatif sonuçlar sunmaktadır. Çalışmada temel besin kaynaklarımızdan olan buğday için uygulanan hızlı ıslah protokolü ile çiçeklenmeden 20 gün sonra yapılan erken tohum hasadının başarılı çimlenme sonuçları gösterdiği ve bu metot ile hızlı ıslah koşullarında bir yılda yaklaşık 5 generasyon alınabileceği saptanmıştır. Sonuç olarak hızlı ıslah koşullarında hem bitkilerin uzun ışıklandırma süresine tepkisinin bir sonucu olarak erken çiçeklenmenin hem de erken tohum hasadının generasyon süresini kısaltmada etkili olduğu belirlenmiştir.

Çıkar çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazarların katkı beyanı

MB: Araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve makale yazımı. RÖ: Araştırmanın yürütülmesi, analizlerin yapılması ve makale yazımı. LY: Araştırmanın yürütülmesi ve gözlemlerin ölçülmesi. CA: Araştırmanın planlanması, yürütülmesi.

Kaynaklar

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 Sciences*, 21, 2590.

- 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.
- Bayhan, M., Özkan, R., Yorulmaz, L., Albayrak, Ö., & Akıncı, C. (2022). Hızlı ıslah sisteminin optimizasyonu: bitki yetiştirme tekniklerinin etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37(3), 541-556.
- Bohra, A., Saxena, K., Varshney, R. K., & Saxena, R. K. (2020). Genomics-assisted breeding for pigeonpea improvement. *Theoretical and Applied Genetics*, 133(5), 1721-1737.
- Cazzola, F., Bermejo, C. J., Gatti, I., & Cointry, E. (2020). Speed breeding in pulses: an opportunity to improve the efficiency of breeding programs. *Crop Pasture Science*, 72, 165-172.
- Cha, J. K., Lee, J. H., Lee, S. M., Ko, J. M., & Shin, D. (2020). Heading date and growth character of korean wheat cultivars by controlling photoperiod for rapid generation advancement. *Korean Journal of Breeding Science*, 52, 20-24.
- Chaudhary, N., & Sandhu, R. (2024). A comprehensive review on speedbreeding methods and applications. *Euphytica*, 220, 42.
- Curtis, T., & Halford, N. (2014). Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. *Ann App Biol.*, 164, 354-72.
- Edet, O. U., & Ishii, T. (2022). Cowpea speed breeding using regulated growth chamber conditions and seeds of oven-dried immature pods potentially accommodates eight generations per year. *Plant Methods*, 18, 106.
- Erenstein, O., Jaleta, M., Mottaleb, K. A., Sonder, K., Donovan, J., & Braun, H. J. (2022) *Global trends in wheat production, consumption and trade: Wheat improvement: food security in a changing climate*. Cham: Springer International Publishing, 47-66.
- Ferrie, A. M., & Polowick, P. L. (2020). *Acceleration of the breeding program for winter wheat*. In: *Accelerated plant breeding*. Springer, Berlin, 1, 191-215.
- 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.
- González-Barrios, P., Bhatta, M., Halley, M., Sandro, P., & Gutiérrez, L. (2021). Speed breeding and early panicle harvest accelerates oat (*Avena sativa* L.) breeding cycles. *Crop Science*, 61, 320-330.
- Hickey, L. T., N Hafeez, A., Robinson, H., Jackson, S.A., Leal-Bertioli, S.C.M., Tester, M., Gao, C., Godwin, I.D., Hayes, B.J., & Wulff, B.B.H. (2019). Breeding crops to feed 10 billion. *Nature Biotechnology*, 37(7), 744-754.
- Idrissi, O. (2020). Application of extended photoperiod in lentil: Towards accelerated genetic gain in breeding for rapid improved variety development. *Moroccan Journal of Agricultural Sciences*, 1, 1.
- Jähne, F., Hahn, V., Würschum, T., & Leiser, W.L. (2020). Speed breeding short-day crops by LED-controlled light schemes. *Theoretical and Applied Genetics*, 133, 2335-2342.
- Kabade, P.G., Dixit, S., Singh, U.M., Alam, S., Bhosale, S., Kumar, S., Singh, S. K., Badri, J., Varma, N. R. G., Chetia, S., Singh, R., Pradhan, S. K., Banerjee, S., Deshmukh, R., Singh, S. P., Kalia, S., Sharma, T. R., Singh, S., Bhardwaj, H., Kohli, A., Kumar, A., Sinha, P., & Singh, V.K. (2023). Speed flower: a comprehensive speed breeding protocol for indica and japonica rice. *Plant Biotechnology Journal*, 22, 1051-1066.
- Kiszonas, A. M., & Morris, C. F. (2018). Wheat breeding for quality: a historical review. *Cereal Chemistry*, 95, 17-34.
- Lopes, M. S., El-Basyoni, I., Baenziger, P. S., Singh, S., Royo, C., Ozbek, K., Aktas, H., Ozer, E., Ozdemir, F., Manickavelu, A., Ban, T., & Vikram, P. (2015). Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. *Journal of Experimental Botany*, 66, 3477-3486.
- Lulsdorf, M. M., & Banniza, S. (2018). Rapid generation cycling of an F₂ population derived from a cross between *Lens culinaris* Medik. and *Lens ervoides* (Brign.) Grande after aphanomyces root rot selection. *Plant Breeding*, 137, 486-491.
- Mobini, S. H., & Warkentin, T. D. (2016). A simple and efficient method of in vivo rapid generation technology in pea (*Pisum sativum* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 52, 530-536.

- Nagatoshi, Y., & Fujita, Y. (2019). Accelerating soybean breeding in a CO₂ supplemented growth chamber. *Plant Cell Physiol*, 60(1), 77-84.
- Özkan, R., Bayhan, M., Yıldırım, M., & Akıncı, C. (2022). Makarnalık buğdayda (*Triticum durum* L.) generasyon süresinin kısaltılmasında hızlı ıslah tekniğinin uygulanabilirliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 26(2), 292-298.
- Rezazadeh, A., Harkess, R. L., & Telmadarrehei, T. (2018). The effect of light intensity and temperature on flowering and morphology of potted red firespike. *Horticulturae*, 4(4), 36.
- Samineni, S., Sen, M., Sajja, S. B., & Gaur, P. M. (2020). Rapid generation advance (RGA) in chickpea to produce up to seven generations per year andenable speed breeding. *The Crop Journal*, 8, 164-169.
- Saxena, K., Saxena, R. K., & Varshney, R. K. (2017). Use of immature seed germination and single seed descent for rapid genetic gains in pigeonpea. *Plant Breeding*, 136(6), 954-957.
- Sharma, S., Paul, P. J., Sameer Kumar, C., & Nimje, C. (2020). Utilizing wild *Cajanus platycarpus*, a tertiary genepool species for enriching variability in the primary genepool for pigeonpea improvement. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1055.
- Watson, A., Ghosh, S., Williams, M. J., Cuddy, W. S., Simmonds, J., Rey, M. D., 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.