



Hızlı Islah Sisteminin Optimizasyonu: Bitki Yetiştirme Tekniklerinin Etkileri

Optimization of the Speed Breeding System: Effects of Crop Management Techniques

Merve BAYHAN¹, Remzi ÖZKAN², Levent YORULMAZ³, Önder ALBAYRAK⁴
Cuma AKINCI⁵

¹Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır
• mervebayhan21@gmail.com • ORCID > 0000-0002-3220-4548

²Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır
• rmziozkan@gmail.com • ORCID > 0000-0002-6457-5802

³Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır
• leventyorulmaz95@gmail.com • ORCID > 0000-0002-2880-1462

⁴Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır
• ondera@dicle.edu.tr • ORCID > 0000-0003-2440-7748

⁵Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır
• akinci@dicle.edu.tr • ORCID > 0000-0002-3514-1052

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 10 Ocak/ January 2022

Kabul Tarihi / Accepted: 10 Mart/ March 2022

Yıl / Year: 2022 | **Cilt – Volume:** 37 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa / Pages:** 541-556

Atıf/Cite as: Bayhan, M., Özkan, R., Yorulmaz, L., Albayrak, Ö., Akıncı, C. "Hızlı Islah Sisteminin Optimizasyonu: Bitki Yetiştirme Tekniklerinin Etkileri" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 37(3), Ekim 2022: 541-556.

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Remzi ÖZKAN

HIZLI ISLAH SİSTEMİ OPTİMİZASYONU: BİTKİ YETİŞTİRME TEKNİKLERİNİN ETKİLERİ

ÖZ:

Yeni bir çeşit geliştirilirken 5-6 yıllık bir açılan generasyon aşamasından ve sonrasında agronomik testlerden geçmektedir. Bu süreyi kısaltmak ve ıslah programlarının etkinliğini arttırmak için yeni teknolojilere gereksinim duyulmuştur. Bu yeni teknolojilerden biri de hızlı ıslah (speed breeding) tekniğidir. Bu teknik ile bitki gelişimini hızlandırmak için uzun süreli ışıklı periyot kullanılarak bir yıl içerisinde ortalama 5-6 generasyon alınabilmektedir. Bu çalışmada yüksek ve düşük girdi uygulamalarının hızlı ıslahta buğdayın generasyon süresine ve bazı agronomik özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma 2021 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesinde bulunan ışık ve sıcaklığı kontrol edilebilen polikarbon serada gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bitki materyali olarak Yitpi (ekmeklik buğday) ve Svevo (makarnalık buğday) çeşitleri kullanılmıştır. Bitkiler hızlı ıslah ortamında 22 saat ışık, 2 saat karanlık fotoperiyoda maruz bırakılmışlardır. Yüksek girdide tam sulama ve optimum gübreleme yapılırken düşük girdide %50 oranında gübre azaltılması ve bayrak yaprak çıkışından itibaren kademeli olarak su kısıtlaması uygulanmıştır. Hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayda düşük girdide bitkide fertil kardeş sayısı, bitki boyu, başakta tane sayısı ve tane ağırlığında düşüşler yaşanmıştır. Düşük girdili koşullarda bitkiler yoğun strese maruz kalmış ve kardeşlerden başak elde edilememiştir. Düşük girdi koşullarından elde edilen tohumların çimlenme oranı, yüksek girdi koşullarından elde edilen tohumların çimlenme oranından yüksek olması, düşük girdi uygulamasının hızlı ıslah programlarının başarısını arttırmada katkı sağlayabilir. Hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayda hızlı ıslah koşullarında uzun boyluluk ile başakta tane sayısı arasında güçlü korelasyon ilişkisi saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Buğday, Hızlı Islah, Düşük Girdili, Yüksek Girdili, Bitki Yetiştirme Teknikleri.



OPTIMIZATION OF THE SPEED BREEDING SYSTEM: EFFECTS OF CROP MANAGEMENT TECHNIQUES

ABSTRACT

Before a new variety is introduced to the market, it is subjected to a multi-generational breeding process that takes many years. New technologies were needed to shorten this period and increase the effectiveness of breeding programs. One of these new technologies is speed breeding technique. With this technique, 5-6 gene-

rations can be taken in a year by using long-term photoperiods to accelerate plant development. This study has investigated the effects of high and low input applications on the generation time and some agronomic characteristics of wheat in speed breeding. The research was carried out in a polycarbonate greenhouse with controllable light and temperature in the Faculty of Agriculture of Dicle University in 2021. In the study, Svevo (durum wheat) and Yitpi (bread wheat) varieties were used as plant material. Plants were exposed to 22 hours of light and 2 hours of dark photoperiod in speed breeding conditions. Among the properties examined in both bread and durum wheat, the number of fertile tiller per plant, plant height, number of grains per spike and grain weight were affected by application factors. Increasing the exposure time in terms of the emergence period shortened the vegetation period in plants considerably. Plants were exposed to intense stress due to water restriction applied to plants grown in low-input conditions. For this reason, no spike could be obtained from tillers in plants grown in low-input conditions. High rate of fertilization with irrigation at field capacity significantly increased the plant height and the number of fertile tillers in the plant. The germination rate of seeds obtained from low input conditions is higher than the germination rate of seeds obtained from high input conditions, low input application will contribute to increasing the success of speed breeding programs. Strong correlations were found between earliness and tallness and the number of grains per spike under speed breeding conditions in both bread wheat and durum wheat.

Keywords: Crop Management Techniques, Generation, High Input, Low Input, Speed Breeding, Wheat.



1. GİRİŞ

Buğday, dünyanın birçok bölgesinde yetiştirilen, besleyicilik ve yüksek protein içeriği gibi özelliklere sahip önemli tahıl bitkilerinden birisidir (Able ve ark., 2014; Habash ve ark., 2014; Stuknyte ve ark., 2014). Buğday üretimi biyotik ve abiyotik stres, hastalık ve zararlılardan büyük oranda etkilendiği için (Harmankaya ve ark., 2012; Mondal ve ark., 2016) ıslah programları ile değişen iklime uygun, yüksek verim ve kaliteye sahip, hastalık ve zararlılara dayanıklı çeşit geliştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

Bitki ıslahçıları, klasik ıslah programları ile son 100 yılda birçok çeşidi çiftçilerin hizmetine sunmuştur. Seçilen ebeveyn hatların melezlenmesinin ardından, hatların agronomik özellikler ve verim yönünden değerlendirilebilmesi ve homozigot bireylerin elde edilmesi için 4-6 generasyon kendilenmesi gerekmektedir (Alahmad ve ark., 2018). Klasik ıslah programları ile bir çeşidin geliştirilmesi yaklaşık olarak 10-15 yıl gibi uzun bir süre almaktadır (Hickey ve ark., 2017). Bu

nedenle araştırmacılar bu süreyi kısaltmak ve ıslah programlarının etkinliğini arttırmak için yeni teknolojilere başvurumaktadırlar. Bu yeni teknolojilerden birisi de hızlı ıslah (speed breeding) tekniğidir. Bu teknik ile bitki gelişimini hızlandırmak için uzun süreli ışıklandırma yapılarak bir yıl içerisinde 5-6 generasyon alınabilmektedir.

Hızlı ıslah, bitkide hızlı generasyon döngüsünü sağlamak için tek tohum soy yönteminin kullanıldığı, tam kontrollü bitki yetiştirme odasında veya sera ortamında, uzatılmış fotoperiyot ve kontrollü sıcaklık rejimlerini kullanan yeni bir ıslah tekniğidir (Akash, 2020). NASA'nın uzayda buğday yetiştirmeye yönelik çalışmaları, Avustralyalı bilim insanlarına dünyanın ilk hızlı ıslah programını geliştirmeleri için ilham olmuştur. Utah Üniversitesi, bu yöntem ile erkenci tam bodur buğdayı olan USU-Apogee'yi geliştirdi (Hickey ve ark., 2017). Araştırmada çiçeklenme ile ilgili olarak ışığın etkisi, hızlı generasyon atlamada önemli bir rol oynamıştır. Hızlı ıslah tekniğinin, yeni çeşitlerin basit ve hızlı bir şekilde ortaya çıkarılmasında rol alabileceği birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Hickey ve ark., 2017; Alahmad ve ark., 2018; Watson et al. 2018; Ghosh et al. 2019). Hızlı ıslah, uzun gün ve nötr gün bitkilerinin yanısıra kısa gün bitkileri için de uygun bir ıslah programıdır. Jähne ve ark., (2020) soya fasulyesi, pirinç ve horoz ibiği gibi kısa gün bitkileri için de yılda 5 generasyon alınabilecek bir hızlı ıslah protokolü geliştirmişlerdir.

Bu çalışmada yüksek ve düşük girdi uygulamalarının hızlı ıslahta buğdayın generasyon süresine ve bazı agronomik özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, 2021 yılında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesinde bulunan ışık ve sıcaklığı kontrol edilebilen polikarbon serada gerçekleştirilmiştir. Sera ortamının ışıklandırma süresi, ısısı, nemi ve havalandırması otomatik olarak kontrol edilebilmektedir. Çalışmada bitki materyali olarak Yitpi (ekmeklik buğday) ve Svevo (markarnalık buğday) çeşitleri kullanılmıştır. Çalışma, her saksıda 4 bitki olacak şekilde Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 8 tekrarlamalı olarak, 18 Ocak 2021 tarihinde kurulmuştur. Çalışmada kullanılan toprak materyaline ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan toprak materyaline ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Table 1. Some physical and chemical analysis results of the soil material used in the study

Analiz Adı	Analiz Sonuçları
Saturasyon (%) :	63.00 Killi-tın
Tuzluluk (Saturasyon Çamuru) (dS/m) :	0.92 Tuzsuz
% Tuz (Hesaplama ile) TS 8334 :	0.04 Tuzsuz
pH (Saturasyon Çamuru) :	8.11 Hafif alkali
Kireç (Kalsimetrik) (%) :	11.24 Orta
Organik Madde (Walkey Black) (%) :	0.71 Düşük
Azot (Hesaplama ile) (%) :	0.04 Düşük
Fosfor (Olsen Spektrometre)(ppm) :	4.00 Düşük
Potasyum (A. Asetat-ICP) (ppm) :	314.45 Çok yüksek
Kalsiyum (A. Asetat-ICP) (ppm) :	10717.89 Çok yüksek
Magnezyum (A. Asetat-ICP) (ppm) :	471.78 Orta
Sodyum (A. Asetat-ICP) (ppm) :	26.65 Düşük
Demir (DTPA-ICP) (ppm) :	9.29 Çok yüksek
Bakır (DTPA-ICP) (ppm) :	1.61 Orta
Mangan (DTPA-ICP) (ppm) :	16.50 Orta

2.1. Hızlı Islah Protokolü

Bitkiler hızlı ıslah ortamında 22 saat ışık 2 saat karanlık periyotta yetiştirilmiştir. LED lambalar periyodik olarak, gece saat 02:00'da yanmaya başlayıp, saat 00:00'da sönmüştür. Gece ve gündüz sıcaklığı ayrı tutulmuştur (17/22 °C). Çalışmada kırmızı, sarı, beyaz ve mavi renkleri barındıran şerit LED lambalar (316,15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) kullanılmıştır. Çalışmada ışık miktarı, bitki ile led ışıklar arası mesafe 20 cm olacak şekilde MQ-500: Full-Spectrum Quantum Meter (Apogee Instruments) cihazı kullanılarak $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ cinsinden ölçülmüştür.

Çalışma kapsamında, buğday genotipleri 8 litrelik saksılarda yetiştirilmiştir. Saksılara 8/10 toprak ve 2/10 oranında elenmiş kum karışımı doldurulmuştur. İçerisinde 5 kg toprak bulunan bir saksının tarla kapasitesini belirlemek için öncelikle saksı iyice sulanmıştır. Sulamadan sonra saksıdan fazla suyun süzülmesi için 24 saat beklenmiştir. Bu süre sonunda, su ile iyice doyurulmuş olan yaş toprak tartılmış, daha sonra 24 saat kurutulmuş ve tekrar tartılmıştır. Yaş toprak ağırlığı ile fırın kuru toprak ağırlığı arasındaki fark toprakta tutulan su miktarı (tarla kapasitesi) olarak belirlenmiştir (Bilski ve ark., 1987; Turhan ve ark., 2000).

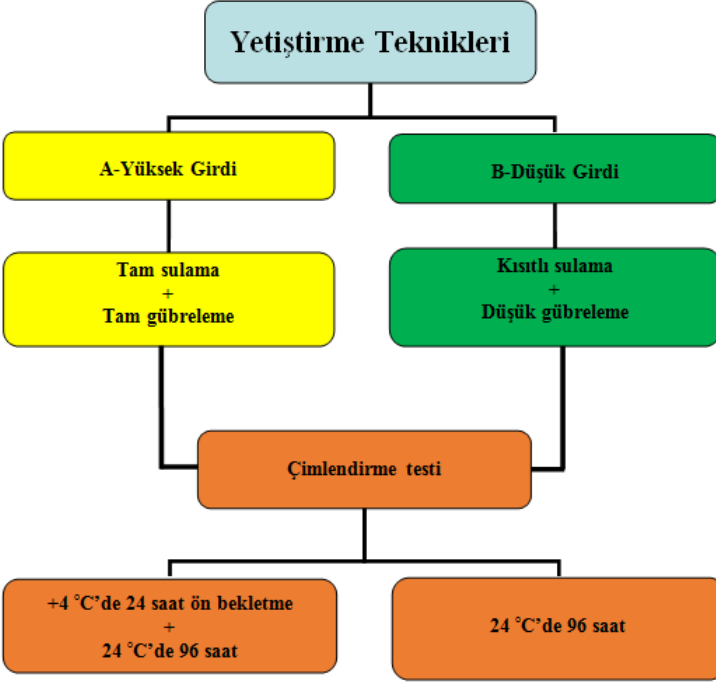
2.2. Yetiştirme Teknikleri

Çalışmada hızlı ıslah koşullarında iki farklı yetiştirme tekniği uygulanmıştır. (Şekil 1). İdeal koşullar için tarla kapasitesinde, kısıtlı koşullar için ise bitkilerin bayrak yaprak çıkışından itibaren tarla kapasitesi üzerinden belirlenen sulama miktarının 1/2 oranında kademeli olarak azaltılarak saksılara verilmiştir (Şekil 2). Sulama miktarının hassas uygulanması için zamanlayıcı selenoid vanalar ile kontrol edilebilen damla sulama sistemi kurulmuştur. Yüksek girdili saksılara çalışma boyunca toplamda 3780 ml su verilirken düşük girdili saksılara ise 2870 ml su verilmiştir. Başaklanmadan bir hafta sonra bitkilere su verilmesi kesilmiştir. Çalışmada uygulanan ideal ve kısıtlı uygulamalara ait gübreleme programı Çizelge 2'de verilmiştir. Bitkiler başaklanma tarihinden 18 gün sonra hasat edilmiştir. Hasat edilen başaklar 35 °C' de 7 gün boyunca etüvde kurutulmaya bırakılmıştır. Çalışmaya ait görseller Şekil 3'te verilmiştir.

Çizelge 2. Bitki büyüme döneminde uygulanan gübreleme programı

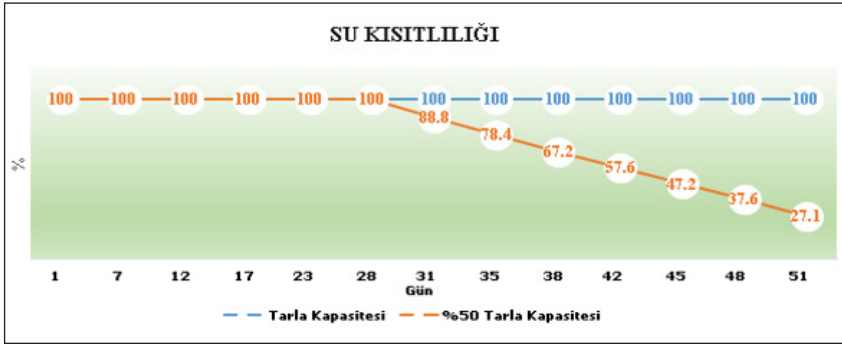
Table 2. Fertilization program applied during the plant growing period

Gübreleme Programı			
Gübreleme (gün)	Gübre Formu	Yüksek Girdili Koşullar İçin	Düşük Girdili Koşullar İçin
1. gün	20-20-0 Granül gübre	1.8 g/100 cc su	0.9 g/100 cc su
25. gün	20-20-0 Granül Gübre	1.8 g/100 cc su	0.9 g/100 cc su
35. gün	Sıvı Organik Gübre	1 cc/1 lt su	0.5 cc/1 lt su
37. gün	20-20-0 Granül gübre	1.8 g/100 cc su	0.9 g/100 cc su
42. gün	20-20-0 Granül gübre	1.8 g/100 cc su	0.9 g/100 cc su
43. gün	Sıvı kalsiyum gübresi	2 cc/1 lt su	1 cc/1 lt su
43. gün	Sıvı bakır gübresi	1 cc/1 lt su	0.5 cc/1 lt su
44. gün	20-20-0 Granül gübre	1.8 g/100 cc su	0.9 g/100 cc su
45. gün	Sıvı kalsiyum gübresi	2 cc/1 lt su	1 cc/1 lt su
45. gün	Sıvı bakır gübresi	1 cc/1 lt su	0.5 cc/1 lt su
48. gün	20-20-0 granül gübre	1.8 g/100 cc su	0.9 g/100 cc su
49. gün	Sıvı kalsiyum gübresi	2 cc/1 lt su	1 cc/1 lt su
49. gün	Sıvı bakır gübresi	1 cc/1 lt su	0.5 cc/1 lt su



Şekil 1. Hızlı ıslahta uygulanan yetiştirme teknikleri

Figure 1. Crop management techniques applied in speed breeding



Şekil 2. Buğdaya kademeli olarak uygulanan su kısıtlaması

Figure 2. water restriction imposed gradually on wheat

2.3. Çimlendirme Testi

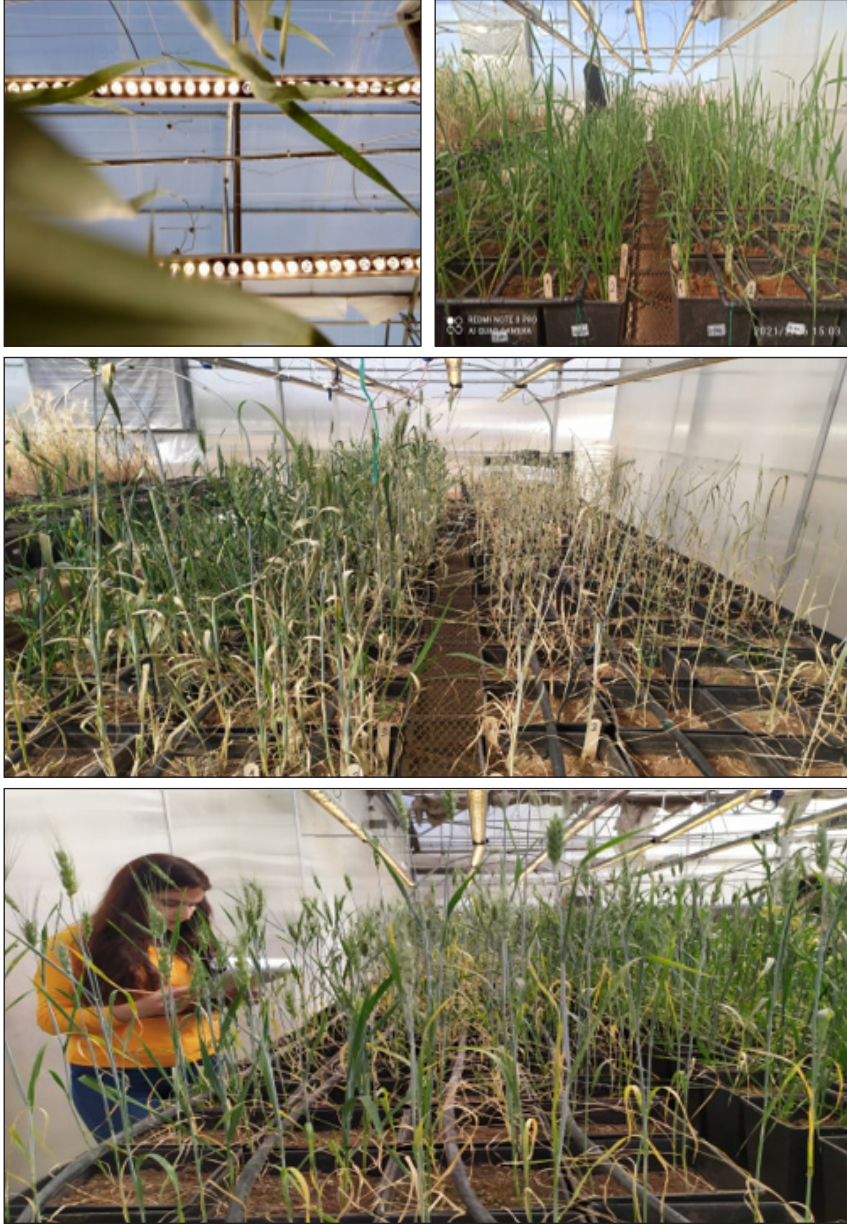
Hızlı ıslah koşullarında elde edilen tohumlarda dormansi sorununun olup olmadığını saptamak için tohumlar iki gruba ayrılmıştır. Birinci grup için nemlendirilmiş tohumlar +4 °C'de 24 saat bekletilmiştir. İkinci gruba ise herhangi bir ön işlem yapılmamıştır. Bu iki grupta çimlenme oranını belirlemek için tohumlar 4 tekerrürlü olarak petri kapları (her petride 25 tohum olacak şekilde) içerisinde tohum çimlendirme kabininde 24 °C'de 96 saat çimlendirmeye bırakılmıştır (Şekil 1).

2.4. Araştırmada İncelenen Özellikler

Başaklanma süresi (gün): Bitki çıkış tarihi ile saksıdaki bitkilerin %50'sinde başağın bayrak yaprak kınından ½ oranında çıktığı tarih arasındaki gün sayısı olarak hesaplanmıştır.

- Hasat tarihi (gün): Başaklanma tarihi üzerinden 18 gün sonra başaklar hasat edilmiştir.
- Bitki boyu (cm): Sapın toprağa bağlanmış olduğu noktadan tepe başakçığının ucuna kadar olan mesafe ölçülerek belirlenmiştir.
- Fertil kardeş sayısı (adet): Bitkide başak veren kardeşlerin sayılması ile elde edilmiştir.
- Başak uzunluğu (cm): Her saksıdan alınan başakların boyları ölçülmüştür ve başak sayısına bölünerek ortalaması alınmıştır.
- Başakta başakçık sayısı (adet): Her saksıdan alınmış olan başaklardan, başaktaki başakçık sayısının sayılıp ortalamalarının alınması ile hesaplanmıştır.
- Başakta tane sayısı (adet): Her saksıdan alınan başaklar harmanlanarak taneleri sayılmış ve bunların ortalamalarının alınması ile belirlenmiştir.
- Başakta tane ağırlığı (g): Hasat döneminde alınan başaklar harmanlanmış ve hassas tartı ile tartılmıştır. Elde edilen sonuçlar g olarak tespit edilerek ortalaması alınmıştır.
- Çimlenme oranı (%): 96 saatin sonunda her petri kabında bulunan 25 tohumdan, çimlenen tohumların sayılmasıyla saptanmıştır (Ghosh et al., 2019).

Çalışmada incelenen parametrelere ait ortalama değerler ve korelasyon analizleri JMP Pro 13 (SAS Institute 2016) istatistik paket programı ve regresyon analizleri GenStat 12 (Payne et al., 2009) istatistik paket programı yardımıyla yapılmıştır.



Şekil 3. Çalışmaya ait görseller

Figure 3. Visuals of the study

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Hızlı Islah ve Yetiştirme Teknikleri

Tarla kapasitesinde sulama ile birlikte yüksek oranda gübreleme bitkide başaklanma süresini, fertil kardeş sayısını, bitki boyunu, başak uzunluğunu, başakta başakçık sayısını, tane sayısını ve tane ağırlığını su ve gübre kısıtlılığı uygulanan koşullara kıyasla önemli oranda artırmıştır (Çizelge 3). Hızlı ıslah koşullarında farklı uygulamaların yapıldığı ekmeklik buğday çeşidine ait ortalama başaklanma süresi 45.63 gün, fertil kardeş sayısı 1.25 adet, bitki boyu 48.75 cm, başak uzunluğu 5.25 cm, başakta başakçık sayısı 10.38 adet, başakta tane sayısı 19.81 adet ve başakta tane ağırlığı 0.21 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Makarnalık buğday çeşidinde ise ortalama başaklanma süresi 43.29 gün, fertil kardeş sayısı 1.03 adet, bitki boyu 51.59 cm, başak uzunluğu 4.29 cm, başakta başakçık sayısı 9.01 adet, başakta tane sayısı 12.66 adet ve başakta tane ağırlığı 0.20 g olarak saptanmıştır.

Hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayda başaklanma süresi bakımından uygulamalar arasında istatistiki fark olmamasına rağmen uzun ışıklanma, vejetasyon süresini oldukça kısaltmıştır. Ekmeklik buğdayda yüksek girdili uygulamada başaklanma süresi 47.25 gün, kısıtlı koşullarda bu değer 44.00 gün; makarnalık buğdayda ise yüksek girdilide başaklanma süresi 43.64 gün, kısıtlı koşullarda 42.93 gün olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Hızlı ıslah koşullarında ışıklanma süresinin uzatılması bitkide fotosentez aktivitesinin artmasına, bu da bitkinin maksimum hızda büyümesine olanak sağlamıştır. Genel olarak, hızlı ıslah koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinin gelişiminin, günlük koşullara kıyasla hızlandığı ve görünüşlerinin normal olduğu bildirilmiştir (Watson, 2018). Yılda 1-2 ürün verebilen buğdayda, ışık miktarını ve ışıklanma süresini, bitki beslenmesini ve belirli bitki büyüme dönemlerinde stresi artırarak bitkilerin normal süreçten daha hızlı büyümesi sağlanabilir (Sysoeva ve ark., 2010). Watson ve ark. (2018) normal sera şartlarında yılda 2-3 generasyon alınan ekmeklik ve makarnalık buğdayda hızlı ıslah yöntemiyle yılda 6 generasyon ürün alınabileceğini bildirmişlerdir. Hızlı ıslah koşullarında en yüksek tane veriminin tam sulanan ve çiçeklenme dönemi su kısıtlamasına kıyasla çiçeklenme sonrası uygulanan su kısıtlamasından elde edildiği bildirmiştir (Watson ve ark., 2018). Daha önce yapılan benzer bir çalışmada Ghosh ve ark. (2018), Kronos makarnalık buğday çeşidinde ortalama başaklanma süresini 46.0 ± 1.9 gün; Paragon ekmeklik buğday çeşidinde ise başaklanma süresini 48.2 ± 0.4 gün olarak saptamışlardır. Ayrıca Watson (2018), ekmeklik buğdayda ortalama çiçeklenme süresini 47.7 ± 0.1 gün; Akdağ (2019), Tekin ekmeklik buğday çeşidinde ortalama başaklanma süresini 39 gün ve Adana-99 çeşidinde ise 38 gün olarak tespit etmişlerdir. Işıklanma süresinin artışıyla birlikte yetiştirme ortamının CO₂ seviyesinin yükseltilmesi, hızlı ıslah protokolünün başarısı artırabilir (Nagatoshi ve Fujita 2018).

Çizelge 3. İncelenen özelliklere ait ortalama değerler ve oluşan gruplar**Table 3.** Mean values and groups of the examined traits

Özellikler	Yitpi (<i>T. aestivum</i> L.)			Svevo (<i>T. durum</i> L.)		
	Yüksek Girdili Koşullar	Düşük Girdili Koşullar	Ortalama	Yüksek Girdili Koşullar	Düşük Girdili Koşullar	Ortalama
Başaklanma süresi (gün)	47.25	44.00	45.63	43.64	42.93	43.29
Fertil kardeş sayısı	2.50 _a	0.00 _b	1.25	2.05 _a	0.00 _b	1.03
Bitki boyu (cm)	57.63 _a	39.88 _b	48.75	57.59 _a	45.58 _b	51.59
Başak uzunluğu (cm)	5.75	4.75	5.25	4.25	4.16	4.29
Başakta başakçık sayısı (adet)	11.25	9.50	10.38	9.30	8.72	9.01
Başakta tane sayısı (adet)	25.75 _a	13.88 _b	19.81	16.26 _a	9.07 _b	12.66
Başakta tane ağırlığı (g)	0.30 _a	0.13 _b	0.21	0.26 _a	0.15 _b	0.20

Hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayda uygulanan su ve gübreleme kısıtlılığı, bitkilerin yoğun strese maruz kalmalarına sebep olmuştur. Bu da bitkide erkencilğe, fertil kardeş oluşmamasına, bitki boyunun kısılmasına, bayrak yaparak alanının daralmasına ve bitkinin stresten kaçma mekanizmalarından biri olan daha fazla mumsu yapıya sahip olmasına neden olmuştur. Hızlı ıslah koşulları altında her iki uygulamada da buğday bitkileri sağlıklı bir şekilde yetiştirilmiş ve tüm bitkilerde ana başak elde edilmiştir. Yüksek girdi uygulamalarında fertil kardeş sayısı ekmeklik buğdayda 2.50 adet, makarnalık buğdayda ise 2.05 adet olarak tespit edilmiştir. Ancak yüksek girdili koşullarda, bitkilere ait kardeşlerin başaklanması ve olgunlaşması ana başaktan sonra gerçekleştiği için kardeş başaklardan yeterince tane elde edilememiştir. Ghosh ve ark. (2018), Kronos makarnalık buğday çeşidinde ortalama kardeş sayısını 5.8 ± 1.9 adet ve Paragon ekmeklik buğday çeşidinde ise kardeş sayısını 5.5 ± 0.6 adet olarak tespit etmişlerdir.

Yüksek girdili uygulamalar ekmeklik ve makarnalık buğdayda bitki boyunu düşük girdili uygulamaya kıyasla ciddi oranda artırmıştır. Ekmeklik buğdayda yüksek girdili uygulamada bitki boyu 57.63 cm, düşük girdi uygulamada bu değer 39.88 cm; makarnalık buğdayda ise yüksek girdilide bitki boyu 57.59 cm, düşük girdili uygulamada 45.58 cm olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Alahmad ve ark. (2018), hızlı ıslah yöntemini makarnalık buğdayda F2 generasyonundaki 1000 adet genotipte, kök çürüklüğü, kahverengi pas, bitki boyu, seminal kök sayısı ve açısı özellikleri bakımından seleksiyon yapmışlardır. Seleksiyon indeksi uygulamasına göre seçilen bitkiler ile seçilmeyen bitkiler arasında bitki boyu hariç diğer dört özellik için popülasyon ortalaması başarılı bir şekilde agronomik olarak istenen yönde değişmiştir. Ghosh ve ark. (2018), Kronos makarnalık buğday çeşidinde ortalama bitki boyunu 68.0 ± 4.4 cm, Paragon ekmeklik buğday çeşidinde ise 85.1 ± 3.2 cm; Watson (2018), ekmeklik buğdayda ortalama bitki boyunu 52.2 ± 0.5 cm olarak saptamışlardır.

Çalışmada hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayda başak uzunluğu ve başakta başakçık sayısı özellikleri bakımından uygulamalar arasında önemli bir fark bulunmazken, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı bakımından uygulamalar arasında önemli farklar saptanmıştır. Ekmeklik buğday bitkilerinde yüksek girdili uygulama koşullarında ortalama başak uzunluğu 5.75 cm, başakta başakçık sayısı 11.25 adet, başakta tane sayısı 25.75 adet, başakta tane ağırlığı 0.30 g; düşük girdili uygulama koşullarında ise ortalama başak uzunluğu 4.75 cm, başakta başakçık sayısı 9.50 adet, başakta tane sayısı 13.88 adet başakta tane ağırlığı, 0.13 g olarak saptanmıştır. Makarnalık buğdayda bitkilerinde ise yüksek girdili uygulama koşullarında ortalama başak uzunluğu 4.25 cm, başakta başakçık sayısı 9.30 adet, başakta tane sayısı 16.26 adet, başakta tane ağırlığı 0.26 g; düşük girdili uygulama koşullarında ortalama başak uzunluğu 4.29 cm, başakta başakçık sayısı 9.01 adet, başakta tane sayısı 9.07 adet, başakta tane ağırlığı 0.15 g olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Daha önce yapılan benzer çalışmalarda Ghosh ve ark. (2018), Kronos makarnalık buğday çeşidinde ortalama başakta tane sayısını 27.8 ± 7.9 tane, tane ağırlığını 0.4 ± 0.2 g olarak saptarken, Paragon ekmeklik buğday çeşidinde ise başakta tane ağırlığını 1.1 ± 0.1 g olarak saptamışlardır. Watson ve ark. (2018) makarnalık buğdayda ortalama başak uzunluğunu 8.1 ± 0.1 cm olarak saptamıştır. Ayrıca bu araştırmacılar, hızlı ıslah koşullarında yetiştirilen buğdayın başakta tane ağırlığının normal koşullar altında yetiştirilenlerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4'te de görüldüğü üzere ekmeklik buğdayda bitki boyu ve başaklanma süresi ile başakta tane sayısı ve tane ağırlığı; makarnalık buğdayda ise bitki boyu ile başakta tane sayısı ve tane ağırlığı arasında pozitif ilişkiler saptanmıştır (Çizelge 5). Verim öğeleri ile güçlü ilişkisi bulunan bu parametrelerin speed breeding koşullarında verime dayalı seleksiyonda kullanılabileceğini göstermektedir. Watson ve ark. (2018), çiçeklenme süresi ile bitki boyu arasında ve bayrak yaprak alanı ile başak uzunluğu arasında pozitif ve güçlü ilişki belirlerken, bitki boyu ile bayrak yaprak alanı arasında zayıf bir ilişki saptamışlardır. Özkan ve ark. (2022) erkencilik ve bitki boyunun verim öğeleri ile güçlü ilişki oluşturması bu özelliklerin hızlı ıslah koşullarında geliştirilecek genotiplerin erken generasyonlarında seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Kontrollü koşullar altında yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile arazi şartlarında elde edilen sonuçlar arasında benzerlik olduğunu bildiren birçok çalışma da mevcuttur (Maphosa ve ark., 2014; Telfer ve ark., 2018; Özkan ve ark., 2019; Bayhan ve ark., 2020).

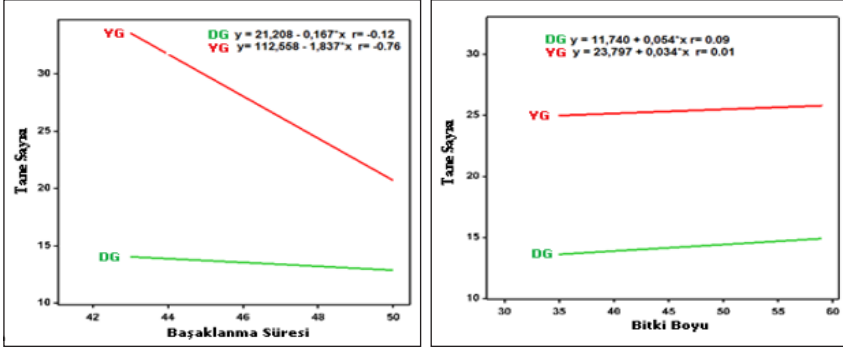
Çizelge 4. Ekmeklik buğdayda incelenen özelliklere ait korelasyon ilişkisi**Table 4.** Correlation values between traits in bread wheat

<i>T. aestivum L.</i>	Başaklanma Süresi (gün)	Bitki Boyu (cm)	Başak Uzunluğu (cm)	Başakta Başakçık Sayısı (adet)	Başakta Tane Sayısı (adet)
Bitki Boyu (cm)	0.62				
Başak Uzunluğu (cm)	0.567	0.47			
Başakta Başakçık Sayısı (adet)	0.544	0.411	0.989**		
Başakta Tane Sayısı (adet)	0.865**	0.867**	0.729*	0.701	
Başakta Tane Ağırlığı (g)	0.764*	0.926**	0.482	0.416	0.891**

Çizelge 5. Makarnalık buğdayda incelenen özelliklere ait korelasyon ilişkisi**Table 5.** Correlation values between traits in durum wheat

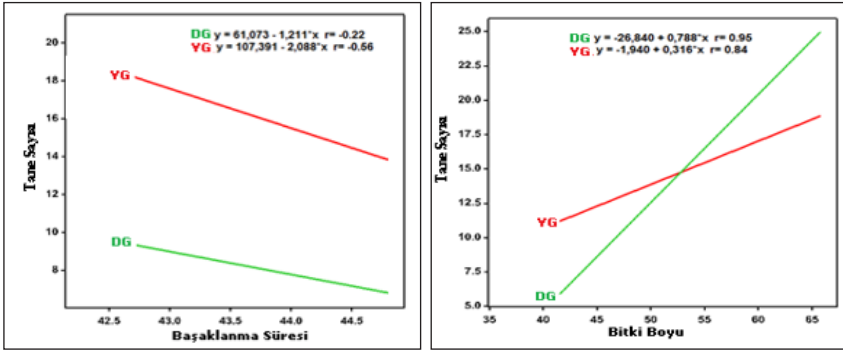
<i>T. durum L.</i>	Başaklanma Süresi (gün)	Bitki Boyu (cm)	Başak Uzunluğu (cm)	Başakta Başakçık Sayısı (adet)	Başakta Tane Sayısı (adet)
Bitki Boyu (cm)	-0.090				
Başak Uzunluğu (cm)	-0.276	0.780*			
Başakta Başakçık Sayısı (adet)	-0.516	0.816*	0.899**		
Başakta Tane Sayısı (adet)	0.214	0.918**	0.709*	0.660	
Başakta Tane Ağırlığı (g)	0.511	0.697*	0.473	0.371	0.911**

İncelenen özelliklerden başaklanma süresi – başakta tane sayısı ve bitki boyu - başakta tane sayısına ait regresyon analiz sonuçları sırası ile Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir. Hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayın her iki uygulamada da tane sayısının bitki boyuna bağlı olarak doğrusal bir artış içerisinde olduğu; tane sayısının başaklanma süresine bağlı olarak doğrusal bir azalış içerisinde olduğu Şekil 4 ve Şekil 5'ten izlenebilmektedir.



Şekil 4. Ekmeklik buğdayda başaklanma süresi ile tane sayısı ve bitki boyu ile tane sayısı arasında regresyon ilişkisi

Figure 4. Regression relationship between heading time – number of seeds per spike and plant height – number of seeds per spike in bread wheat



Şekil 5. Makarnalık buğdayda başaklanma süresi ile tane sayısı ve bitki boyu ile tane sayısı arasında regresyon ilişkisi

Figure 5. Regression relationship between heading time – number of seeds per spike and plant height – number of seeds per spike in durum wheat

3.2. ÇİMLENDİRME TESTİ

Hızlı ıslahta düşük ve yüksek girdide elde edilen tohumların çimlenme oranlarına dormansi kırma etkisini belirlemek için çimlenme testleri gerçekleştirilmiştir. Dormansi kırma işlemi hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayda çimlenme oranını ciddi oranda artırmıştır. +4 °C uygulaması, normal çimlendirme şartlarına kıyasla ekmeklik buğdayda %73; makarnalık buğdayda ise %22.5 oranında artış sağlamıştır. Ayrıca hem ekmeklik hem de makarnalık buğdayda düşük girdili

uygulama koşullarında elde edilen tohumlarda, yüksek girdili uygulamaya kıyasla çimlenme oranı yüksek çıkmıştır (Çizelge 6). Daha önce yapılan benzer çalışmalarda Ghosh ve ark. (2018), makarnalık buğdayda çimlenme oranını 97.5 ± 0.0 olarak saptarken, ekmeleklik buğdayda ise çimlenme oranını 100 ± 0.0 olarak bildirmişlerdir. Özkan ve ark. (2022) hızlı ıslah metodunda elde edilen tohumlara, dormansi kırma metodu ($+4$ °C'de bekletme) uygulaması ile normal çimlendirme şartlarına kıyasla genotiplerin çimlenme oranında % 10.01 artış yaptığını bildirmişlerdir. Akdağ (2019), ekmeleklik buğday genotiplerinde Tekin çeşidinde çimlenme oranını %89.33 ve Adana-99 çeşidinde %99.33 olarak saptamıştır. Jähne ve ark., (2020) hızlı ıslah koşullarında 56 günde hasat ettikleri soya fasülyesi tohumlarına giberellin uygulaması yapmışlar. Uygulamadan sonra çimlendirmeye bırakılan tohumlarda kontrole kıyasla çimlenme oranında %7 artış elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Çizelge 6. Çimlenme testine ait değerler (%)

Table 6. Values of germination test (%)

	Uygulama	Yüksek Girdi Çimlenme Oranı (%)	Düşük Girdi Çimlenme Oranı (%)	Ortalama (%)
Yitpi (<i>T. aestivum</i> L.)	+4 °C uygulama	61.8	75	68.4 _a
	22 °C uygulama	31.8	47.1	39.5 _b
	Ortalama	46.8 _b	61.1 _a	53.9
Svevo (<i>T. durum</i> L.)	+4 °C uygulama	88	97	92.5 _a
	22 °C uygulama	72	79	75.5 _b
	Ortalama	80	88	84

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada hızlı ıslah koşullarında her iki buğday türünde de başarılı bir şekilde bitkinin vejetasyon süresi kısaltılmış ve tohum alınmıştır. Bitkide fertil kardeş sayısı, bitki boyu, başakta tane sayısı ve tane ağırlığı özellikleri bakımından iki uygulama arasında farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmanın sonucu, uygulanan gübre dozundan ziyade gübreleme sıklığının bitki gelişimi açısından önemli olduğunu göstermiştir. Bitkilere uygulanan kademeli su kısıtlılığı bitkiyi su stresine sokarak generatif sürenin kısalmasına sebep olmuştur. Ayrıca bitkide erkenciliğin ve uzun boyluluğun verim öğeleri açısından büyük avantaj sağladığı belirlenmiştir. Hızlı ıslah koşullarında uygulanacak gübreleme programında gübreleme işleminin, bitkinin iki yapraklı döneminden başlayarak başaklanma dönemine kadar devam etmesi gerektiği belirlenmiştir. Hızlı ıslah şartlarında bitkiye uygulanan kademeli su kısıtlılığı, tarla kapasitesinde su uygulanan koşullara kıyasla bitkinin vejetasyon sü-

resini oldukça kısaltmıştır. Kısıtlı sulama ve ön dormansi kırma işlemi tohumların çimlenme oranını ciddi oranda artırmıştır. Tarla koşullarında ilerleme kaydedilen generasyon sayısının yaklaşık üç katı kadarını hızlı ıslah koşullarında elde etmek mümkündür.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması: MB (%50), RÖ (%25), CA (%25)

Veri Toplanması: MB (%40), LY (%30), RÖ (%30)

Veri Analizi: MB (%70), ÖA (%30)

Makalenin Yazımı: MB (%70), RÖ (%30)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu: RÖ (%70), MB (%30)

KAYNAKLAR

- Able, J., Atienza, S., 2014. Durum wheat for the future: challenges, research and prospects in the 21st century. *Crop Pasture Sci.* 2014: 65. doi: https://doi.org/10.1071/CPv65 n1_FO.
- Akdağ, H., 2019. Hızlı ıslah yöntemiyle buğdayda haritalama popülasyonu ve geriye melez döllerin yetiştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 51s, Karaman.
- Akash, G.S., 2020. Speed breeding : to feed the boosting populations of the world. *Genetics and Plant Breeding.* 02543/19-20.
- 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*, 2018: 14-36. doi: 10.1186/s13007-018-0302-y.
- Bayhan, M., Ozkan, R., Ozberk I., 2020. Physiological, morphological, phenological and yield evaluation of durum wheat lines under rainfed conditions. *International Journal of Scientific and Technological Research.* 6(4):31-43. doi: 10.7176/IJSTR/6-04-05.
- 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, 2944-2963. doi: 10.1038/s41596-018-0072-z.
- Habash, D.Z., Baudo, M., Hindle, M., Powers, S.J., Defoin-Platel, M., Mitchell, R., Saqi, M., Rawlings, C., Latiri, K., Araus, J.L., Abdulkader, A., Tuberosa, R., Lawlor, D.W., Nachit, M.M., 2014. Systems responses to progressive water stress in durum wheat. *PLoS ONE*, 9(9): e108431. doi: 10.1371/journal.pone.0108431.
- Harmankaya, M., Ozcan, M.M., Gezgin, S., 2012. Variation of heavy metal and micro and macro element concentrations of bread and durum wheats and their relationship in grain of Turkish wheat cultivars. *Environ Monit Assess*, 184:5511-5521. doi: 10.1007/s10666-011-23573.

- Hickey, L.T., Germán, S.E., Pereyra, S.A., Diaz, J.E., Ziemls, L.A., Fowler, R.A., Platz, G.J., Francowiak, J.D., Dieters, M.J., 2017. Speed breeding for multiple disease resistance in barley. *Euphytica*, 213:64. doi: 10.1007/s10681-016-1803-2.
- Jähne, F., Hahn, V., Würschum, T., Leiser, W.L., 2020. Speed breeding short-day crops by LED-controlled light schemes. *Theor Appl Genet*, 133:2335-2342. doi: 10.1007/s00122-020-03601-4
- Maphosa, L., Collins, N.C., Taylor, J., Mather, D.E., 2014. Post-anthesis heat and a Gpc-B1 introgression have similar but non-additive effects in bread wheat. *Functional Plant Biology*, 41, 1002-1008.
- Mondal, S., Rutkoski, J.E., Velu, G., Singh, P.K., Crespo-Herrera, L.A., Guzmán, C., Bhavani, S., Lan, C., He, X., Singh, R.P., 2016. Harnessing diversity in wheat to enhance grain yield, climate resilience, disease and insect pest resistance and nutrition through conventional and modern breeding approaches. *Front Plant Science*, 7:991. doi: 10.3389/fpls.2016.00991.
- Nagatoshi Y, Fujita Y (2018) Accelerating soybean breeding in a CO₂-supplemented growth chamber. *Plant Cell Physiol* 60:77-84. doi: 10.1093/pcp/pcy189
- Özkan, R., Bayhan, M., Akıncı, C., Yıldırım, M., Albayrak Ö. 2019. Diyarbakır koşullarında ileri kademe makarnalık buğday hatlarının bazı agronomik özelliklerinin değerlendirilmesi. ISPEC Uluslararası Tarım ve Kırsal Kalkınma Kongresi, 763-768s, 10-12 Haziran 2019, Siirt.
- Özkan, R., Bayhan, M., Yıldırım, M. ve Akıncı, C. (2022). Makarnalık Buğdayda (Triticum durum L.) Generasyon Süresinin Kısaltılmasında Hızlı Islah Tekniğinin Uygulanabilirliği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26 (2) , 292-298. doi: 10.19113/sdufenbed.1065647
- Payne, R.W., D.A. Murray, S.A. Harding, D.B. Baird, and D.M. Soutar. 2009. GenStat for Windows (12th Edition) Introduction. VSN International, Hemel Hempstead.
- SAS institute Inc RRID:SCR_014242 JMP 13 Pro 2016. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. Available online: <http://www.jmp.com> (accessed on 22 December 2021)
- Stuknyte, M., Cattaneo, S., Pagani, M.A., Marti, A., Micard, V., Hogenboom, J., De Noni, I., 2014. Spaghetti from durum wheat: effect of drying conditions on heat damage, ultrastructure and in vitro digestibility. *Food Chem*, 149:40-46. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.10.071.
- Sysoeva, M.I., Markovskaya, E.F., Shibaeva, T.G., 2010. Plants under continuous light: a review. *Plant Stress* 4, 5-17.
- Telfer, P., Edwards, J., Bennett, D., Ganesalingam, D., Able, J., Kuchel, H., 2018. A field and controlled environment evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) adaptation to heat stress. *Field Crops Research*, 229, 55-65.
- Watson, A., Ghosh, S., Williams, M.J., Cuddy, W.S., Simmonds, J., Rey, M. D., Hatta, M.A.Md., 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(1), 23.