

ارزیابی تنوع ژنتیکی توده‌های بومی گندم ایران از نظر برخی صفات زراعی تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (دیم)

یوسف رحیمی^۱، محمدرضا بی‌همتا^{۲*}، علیرضا طالعی^۲ و هادی علیپور^۳
۱ و ۲. دانشجوی دکتری و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳. استادیار، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشگاه ارومیه
(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۲/۳۰ - تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۲)

چکیده

در این پژوهش تنوع ژنتیکی و نقش برخی صفات زراعی در عملکرد دانه ۲۱۸ توده بومی گندم ایران در قالب طرح آلفا-لاتیس با دو تکرار تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین توده‌ها از نظر صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد در هر دو شرایط بود. براساس نتایج آمار توصیفی، بیشترین تفاوت بین توده‌های بومی مربوط به تعداد دانه در سنبله و کمترین میزان تنوع در وزن سنبله مشاهده شد. نتایج همبستگی، تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت نشان دهنده نقش مهم وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بود. در هر دو شرایط، صفات وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم و غیرمستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. براساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه اول در هر دو شرایط با تعداد دانه در سنبله همبستگی بالایی نشان داد درحالی‌که مؤلفه دوم با صفات فنولوژیک در شرایط آبیاری نرمال و با شاخص سبزی‌نگی در شرایط تنش خشکی ارتباط مثبتی نشان داد.

واژه‌های کلیدی: صفات فنولوژیک، صفات فیزیولوژیک، رگرسیون گام به گام، تجزیه ضرایب علیت، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی.

Genetic variability assessment of Iranian wheat landraces in term of some agronomic attributes under normal irrigation and rain-fed conditions

Yousef Rahimi¹, Mohammad Reza Bihamta^{2*}, Alireza Taleei² and Hadi Alipour³
1, 2. Ph.D. Candidate and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Department of Modification and Biotechnology, Urmia University, Iran
(Received: August 19, 2017 - Accepted: March 11, 2018)

ABSTRACT

In the current study, the genetic variability and effect of some agronomic traits on grain yield of 218 Iranian wheat landraces were evaluated under normal irrigation and drought stress conditions employing alpha-lattice design with two replications on the research field of Agronomy and Plant Breeding at the University of Tehran during the year of 2016-2017. Results of data analysis of variance demonstrated that there were significant differences among landraces in the investigated traits including phenologic and physiologic traits, yield and yield components in both conditions. According to descriptive statistics results, the highest phenotypic variation of landraces observed in seed number per spike, and the least variation in spike weight. The findings on phenotypic correlations, stepwise regression, and path coefficient analysis sustain the important role of spike weight, seed number per spike and thousand grain weight in the grain yield in both normal irrigation and rain-fed conditions. In addition, considered traits had the highest impact on the grain yield directly and indirectly under both conditions. The result of principle component analysis presented a positive correlation between the first component and seed number in both conditions, while the second component had a positive relationship with phenological traits in normal irrigation and leaf greenness in rain-fed conditions.

Keywords: Path analysis, Phenological traits, physiological traits, principal component analysis, stepwise regression.

* Corresponding author E-mail: mrghanad@ut.ac.ir

مقدمه

گندم با نام علمی (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهمترین محصولات زراعی در جهان است که در عرض‌های جغرافیایی ۶۵ درجه شمالی و ۴۵ درجه جنوبی کشت می‌شود (Gustafson *et al.*, 2009; Brenchley *et al.*, 2012). این گیاه حدود ۱۹ درصد از کل تولیدات غلات را به خود اختصاص داده و حدود ۵۵ درصد از کربوهیدرات مورد نیاز انسان را تأمین می‌کند (Bagge *et al.*, 2007). گندم به طور کلی در تمام قاره‌ها کشت می‌شود و پنج کشور مهم تولید کننده آن به ترتیب چین، هند، آمریکا، فرانسه و روسیه هستند. تولید گندم به طور گسترده‌ای در مناطق تحت کشت در کشورهای در حال توسعه و کشورهای توسعه یافته تحت تأثیر خشکی به عنوان اصلی‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زارعی قرار می‌گیرد (Trethowan & Pfeiffer, 2000). بهبود عملکرد دانه و اجزاء عملکرد تحت شرایط خشکی باتوجه به پیچیده بودن کنترل آنها مشکل می‌باشد، از طرفی این صفات تحت تأثیر عوامل محیطی قرار گرفته و دارای وراثت پذیری پایین و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط بالایی هستند (Smith *et al.*, 1990). اثر متقابل مراحل رشدی گیاه و شرایط محیطی نیز از جمله عوامل تأثیر گذار در عملکرد نهایی و سازگاری گیاه به محیط‌های مختلف است (Amrawat *et al.*, 2013). باوجود اینکه مرحله زایشی گندم نسبت به دوره رویشی آن به تنش‌های محیطی حساس‌تر است، توزیع کربوهیدرات بین سنبله و ساقه در مراحل قبل از گلدهی تعیین کننده تعداد گلچه بارور در دوره زایشی است، از این رو سپری کردن رشد و نمو در شرایط بهینه و افزایش طول دوره ساقه‌روی منجر به افزایش تعداد گلچه‌های بارور و افزایش عملکرد خواهد شد (Flohr *et al.*, 2017). از طرفی سازگاری ژنوتیپ‌های مختلف با شرایط محیطی، به تناسب زمان گلدهی با محیط رشد مرتبط بوده و گلدهی در زمان مناسب منجر به افزایش عملکرد نسبت به گلدهی زود هنگام و یا گلدهی با تأخیر خواهد شد (Kamran *et al.*,

2014). بنابراین، گزینش ژنوتیپ‌های سازگار با شرایط محیطی هر منطقه تضمین کننده عملکرد مناسب و استفاده از منابع ژنتیکی در دسترس خواهد بود. کشت ژنوتیپ‌های گندم در نقاط مختلف دنیا به دلیل تنوع در زمان گلدهی و سازش گیاه با شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشد، بطوریکه تنوع موجود در میان ژرم-پلاس گندم سبب ایجاد واریته‌هایی با توان سازش با محیط‌های مختلف شده است (Koyama *et al.*, 2018). اثر متقابل ژن‌های کنترل کننده عملکرد و اجزای عملکرد با ژن‌های کنترل کننده مراحل رشدی یا فنولوژی گیاه تعیین کننده عملکرد نهایی خواهد بود (Otegui *et al.*, 2015). گلدهی در گندم از جمله صفات مهم فنولوژیک است که تحت تأثیر سه دسته از ژن‌ها شامل ژن‌های بهاره‌سازی (*Vrn*)، ژن‌های واکنش به طول روز (*Ppd*) و ژن‌های زودرسی ذاتی (*Eps*) قرار دارد (Kamran *et al.*, 2014). بهاره‌سازی در ارقام پاییزه با افزایش بیان ژن *Vrn1* و کاهش بیان ژن *Vrn2* در همکاری با ژن‌های *Ppd* صورت می‌گیرد. از طرف دیگر ژن‌های *Eps* به طور مستقل از دو گروه دیگر زمان گلدهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Hill & Li, 2016). مطالعات نشان داده است که ۷۰ تا ۷۵ درصد از تنوع در زمان گلدهی سهم ژن‌های بهاره‌سازی، ۲۰ تا ۲۵ درصد سهم ژن‌های واکنش به طول روز و ۵ درصد سهم ژن‌های زودرسی ذاتی می‌باشد (Hill & Li, 2016). ایران از جمله کشورهای دارای اقلیم مدیترانه‌ای است و حدود دو سوم از مناطق تحت کشت گندم به صورت دیم بوده و تحت تأثیر تنش خشکی قرار دارد (Firoozi *et al.*, 2013). لذا گزینش برای ژنوتیپ‌های زودرس‌تر و تولید واریته‌های زودرس سبب فرار از خشکی آخر فصل می‌شود (Bodner *et al.*, 2015). چرا که گیاهان زودرس‌تر دوره رشد رویشی خود را با سرعت بیشتری طی می‌کنند و مرحله زایشی آنها قبل از وقوع خشکی به اتمام می‌رسد (Shavrukov *et al.*, 2017). مطالعات نشان داده است واریته‌های مدرن باتوجه به کاهش خطر مواجه شدن با خشکی در طول گرده‌افشانی و پر شدن دانه، عملکرد بیشتری دارند (Hill & Li, 2016).

اصلاح نباتات دانشگاه تهران تهیه گردید. این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات واقع در محمد شهر کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه ۹۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۱۰/۸ از سطح دریا در فصل زراعی ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. در این پژوهش تعداد ۲۱۸ توده بومی جمع‌آوری شده از سال ۱۳۱۸ تا ۱۳۴۷ در قالب طرح آلفا-لاتیس در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (دیم) با دو تکرار کشت کشت شدند. عملیات تهیه زمین شامل شخم به عمق ۲۵ سانتی‌متر در پاییز سال ۱۳۹۵ و مصرف کود فسفاته (سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) به همراه دیسک جهت آماده‌سازی زمین برای کشت بود. همچنین کود نیتروژن (اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار) نیز قبل از کاشت و در مرحله ساقه روی بر اساس نتایج تجزیه خاک استفاده شد (۱۳۰ کیلوگرم در هکتار). کرت‌های آزمایشی در ابعاد ۱×۱ متر تهیه شدند و در هر کرت چهار خط یک متری از هر ژنوتیپ کشت گردید. فاصله بین کرت‌ها نیز ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. در طول فصل زراعی جهت مبارزه با علف‌های هرز از علفکش 2,4-D استفاده گردید. آبیاری در شرایط نرمال در ژنوتیپ‌های آزمایشی با روش نواری (تیپ) انجام شد و شرایط تنش نیز بدون آبیاری (دیم) با استفاده از نزولات آسمانی اعمال شد. بعد از کاشت ژنوتیپ‌ها، آبیاری بلافاصله در قسمت نرمال انجام شد. سپس با توجه به وجود نزولات آسمانی تا اواخر اسفندماه آبیاری صورت نگرفت. جهت محاسبه مقدار آب مورد نیاز گیاه از تشتک تبخیر استفاده گردید. بدین ترتیب که ۴۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر به عنوان زمان مناسب آبیاری در نظر گرفته شد و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از رابطه زیر بدست آمد (Jensen, 1974):

رابطه (۱)

$$ET_0 = K_{pan} \times E_{pan}$$

که در آن: ET_0 تبخیر و تعرق پتانسیل، K_{pan} ضریب تشتت تبخیر (۰/۸) و E_{pan} میزان تبخیر از

شناخت تنوع ژنتیکی ذخایر گیاهی از جمله مراحل اولیه اصلاح ارقام و ایجاد گیاهان سازگار با شرایط محیطی هر منطقه است (Govindaraj *et al.*, 2015). در مطالعه‌ای بیشترین و کمترین روز تا گلدهی را برای ارقام بهار به ترتیب ۶۳ و ۷۰ روز و بیشترین و کمترین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک را ۹۵ و ۱۱۴ روز اعلام نمودند. براساس مطالعه مذکور همبستگی مثبت و معنی‌داری بین روز تا گرده افشانی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده گردید (Iqbal *et al.*, 2007). در مطالعه‌ای دیگر که بر روی ۷۵ واریته جدید و قدیمی ایران در شرایط وجود خشکی آخر فصل بود، مشخص شد که واریته‌های مدرن با عملکرد بالا زودرس‌تر بوده، اما با این وجود طول دوره پر شدن دانه در آنها نسبت به واریته‌های قدیمی‌تر بیشتر بود (Joudi *et al.*, 2014). همچنین Landjeva *et al.*, (2015)، در بررسی تنوع ژنتیکی ۵۲ واریته و توده قدیمی گندم مربوط به مناطق اطراف دریای سیاه تنوع بالایی را در میان ژرم‌پلاسم بررسی شده گزارش کردند. Nazari & Abdolshahi (2014)، تنوع ژنتیکی چهل رقم گندم نان را بر مبنای صفات مورفولوژیک مورد بررسی قرار دادند، که نتایج آنان حاکی از وجود تنوع بالا در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود، همچنین بیشترین همبستگی بین تعداد پنجه‌های بارور و عملکرد دانه مشاهده شد. باتوجه به اینکه ایران یکی از خاستگاه‌های گندم می‌باشد، تنوع ژنتیکی زیادی جهت ایجاد ارقام سازگار با شرایط محیطی کشور در میان ژرم‌پلاسم آن وجود دارد (Salamini *et al.*, 2002). بنابراین باتوجه به اینکه حجم زیادی از توده‌های بومی گندم ایران هنوز مورد بررسی قرار نگرفته‌اند، این پژوهش با هدف بررسی تنوع ژنتیکی برخی از این توده‌ها بر اساس صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (دیم) و بررسی ارتباط آنها با عملکرد دانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد بررسی از بانک ژن گروه زراعت و

تشت تبخیر است.

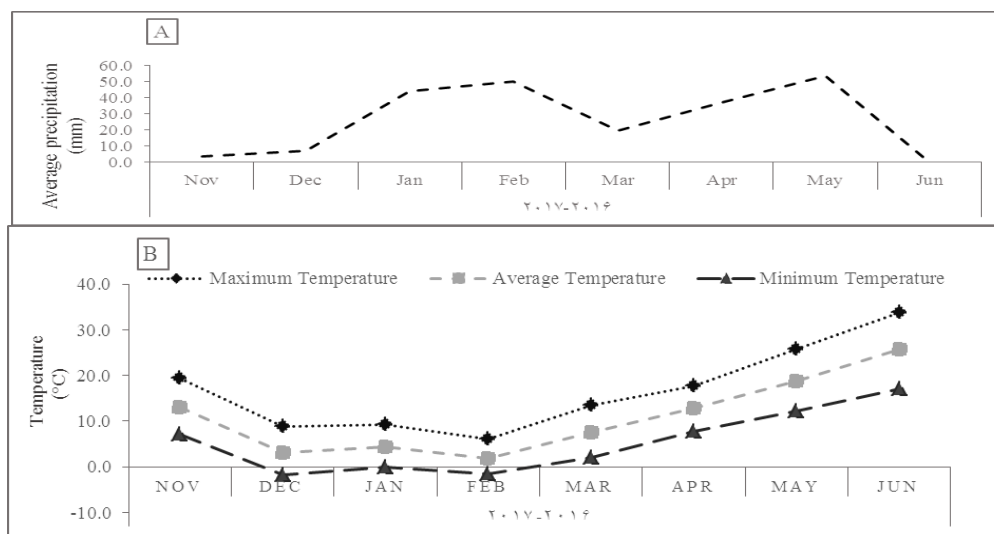
تعداد روز از کاشت تا سبز شدن، تعداد روز از کاشت تا سنبله‌دهی، تعداد روز از کاشت تا گرده افشانی و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، صفات فیزیولوژیک شامل شاخص سبزی‌نگی (با استفاده از دستگاه کلروفیل متر) و دمای کانوپی (با استفاده از دما سنج مادون قرمز) در اوایل گرده افشانی (زادوکس ۶۰) و همچنین عملکرد و اجزای عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تجزیه واریانس داده‌ها و برآورد آماره‌های توصیفی از نرم افزار **SAS Ver.9.4**، جهت برآورد همبستگی ساده بین صفات، تجزیه رگرسیون گام به گام، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به عامل‌ها از نرم افزار **SPSS Ver.22**، جهت انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و رسم نمودار بای‌پلات از نرم افزار **PAST** و همچنین جهت انجام تجزیه علیت بر مبنای ضرایب همبستگی از بسته **agricolae** در نرم افزار **R** استفاده شد.

همچنین ضرایب گیاهی (**Crop Coefficient** یا **K_c**) مطابق با ماه رشد و براساس مطالعه **Kang et al. (2003)** در نظر گرفته شدند. با استفاده از مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی مربوط به ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد، میزان تبخیر و تعرق واقعی **ET_c** بدست آمد (جدول ۱). سپس حجم آب مورد نیاز برحسب متر مکعب در هکتار با ضرب کردن عمق آب (مقدار آب برحسب تبخیر و تعرق واقعی) در ۱۰، بدست آمد. باتوجه به اینکه سطح مورد کشت ۱۱۰۰ متر مربع بود، مقدار آب مورد نیاز برای سطح کشت شده محاسبه گردید. در نهایت براساس دبی آب مورد استفاده که معادل ۱۰/۸ متر مکعب بر ساعت بود، طول دوره آبیاری برحسب ساعت برای هر ماه محاسبه شد (جدول ۱). شرایط آب و هوایی فصل زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در شکل ۱ آمده است. ارزیابی‌های فنوتیپی براساس صفات مربوط به فنولوژی گیاه شامل

جدول ۱- میزان آب مورد نیاز جهت آبیاری بر حسب تبخیر و تعرق واقعی، سطح مورد کشت و دبی آب

Table 1. Required water according to crop evapotranspiration, cultivation area and water discharge

Month	ET_0 (mm)	K_c	ET_c (mm)	Required water (M ³ /ha)	Required water for 1100 m ² (m ³)	Water discharge (m ³ /h)	Period of Irrigation (h)
March	40	0.92	36.8	368	40.48	10.8	3.74
April	40	1.33	53.2	532	58.52	10.8	5.42
May	40	1.15	46	460	50.6	10.8	4.69
June	40	0.58	23.2	232	25.52	10.8	2.36



شکل ۱- شرایط آب و هوایی فصل زراعی سال ۹۶-۱۳۹۵. الف) بارندگی ماهیانه، ب) بیشینه، میانگین و کمینه دما

Figure 1. Climate condition of 2016-2017 cropping season. A) Monthly precipitation, B) maximum, mean, and minimum temperature

نتایج و بحث

صفات مورد بررسی معنی دار بوده است (جدول ۲). این مسأله نشان دهنده تنوع بالا در میان ژرم پلاسسم مورد بررسی بود. به منظور بررسی دقیق وضعیت توده‌های بومی گندم، آماره‌های توصیفی برای همه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی محاسبه گردید (جدول ۳).

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، در شرایط آبیاری نرمال، تفاوت معنی داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات مورد بررسی به غیر از تعداد روز از کاشت تا سبز شدن مشاهده شد ($P \leq 0.01$). درحالی‌که در شرایط تنش خشکی تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر همه

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی توده‌های بومی گندم در شرایط آبیاری نرمال

Table 2. Analysis of variance of investigated traits in Iranian wheat landraces under normal irrigation

S.O.V	df	Days to Emergence	Days to Heading	Days to Anthesis	Days to Physiological maturity	Grain filling duration	Spike weight	Spike length	Grain yield	Seed number	Thousand kernel weight	Spike Straw weight	Leaf greenness	Canopy temperature
Replication	1	130.46 **	0.001 ^{ns}	1.29 ^{ns}	1.14 ^{ns}	4.86 ^{ns}	0.31 ^{ns}	3.82 ^{ns}	0.25 ^{ns}	15.78 ^{ns}	79.43 *	0.003 ^{ns}	0.4 ^{ns}	88.92 **
(Replication) Block	62	7.75	1.61	0.45	2.29	2.68	0.18	2.25	0.1	50.77	22.94	0.03	4.66	7.89
Genotype	217	4.47 ^{ns}	24.62 **	27.49 **	61.23 **	41.77 **	0.51 **	5.98 **	0.29 **	130.29 **	78.11 **	0.05 **	79.52 **	7.15 **
Error	155	4.81	1.39	0.63	2.75	3.27	0.16	1.54	0.09	42.52	18.24	0.03	3.39	4.54
C.V	-	6.16	0.69	0.44	0.81	7.19	15.13	11.39	15.57	14.81	9.92	22	3.59	7.9

*, **, ns: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیر معنی دار.

*, **, ns: significant at 1, and 5 % probability level, ns: non-significant.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی توده‌های بومی گندم در شرایط تنش خشکی (دیم)

Table 3. Analysis of variance of investigated traits in Iranian wheat landraces under drought stress (rain-fed)

S.O.V	df	Days to Emergence	Days to Heading	Days to Anthesis	Days to Physiological maturity	Grain filling duration	Spike weight	Spike length	Grain yield	Seed number	Thousand kernel weight	Spike Straw weight	Leaf greenness	Canopy temperature
Replication	1	0.07 ^{ns}	1.03 ^{ns}	0.12 ^{ns}	19.35 ^{ns}	16.41 *	1.05 **	1.83 **	0.75 **	1035.24 **	6.62 ^{ns}	0.03 ^{ns}	61.21 **	99.14 **
(Replication) Block	62	1.03	1.01	0.92	1.83	2.13	0.12	1.62	0.07	56.94	20.05	0.02	5.24	5.51
Genotype	217	27.73 **	29.48 **	27.59 **	65.38 **	52.54 **	0.19 **	3.75 **	0.12 **	95.32 **	33.75 **	0.03 **	107.99 **	7.43 **
Error	155	0.98	1.23	0.58	2.73	3.3	0.09	1.31	0.07	41.68	15.72	0.009	4.89	5.15
C.V	-	2.39	0.73	0.48	0.9	7.06	20.49	11.22	27.96	18.19	14.82	16.58	4.87	7.31

*, **, ns: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد، ns: غیر معنی دار.

*, **, ns: significant at 1, and 5 % probability level, ns: non-significant.

رفتند، به طوری که از ۱۵۷ (کمترین روز تا سنبله-دهی) در شرایط آبیاری نرمال به ۱۳۸/۵ روز در شرایط تنش رسیدند، همچنین بیشترین روز تا سنبله-دهی در شرایط آبیاری نرمال ۱۷۹/۵ روز و در شرایط تنش خشکی ۱۶۷ روز بود. به طور کلی زودرس‌ترین ژنوتیپ در شرایط آبیاری نرمال ژنوتیپ ۶۲۴۵۹۶ و در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ ۶۲۱۹۰۸ بودند. همچنین کمترین دوره پر شدن دانه در شرایط آبیاری نرمال با ۱۳/۵ روز مربوط به ژنوتیپ ۶۲۷۸۵۲ و در شرایط تنش خشکی مربوط به ژنوتیپ ۶۲۱۴۹۲ با ۱۱/۴۱ روز بود. بیشترین عملکرد دانه در بوته (۳/۵۲ گرم) در

بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین تعداد روز از کاشت تا سبز شدن برای شرایط آبیاری نرمال ۳۹/۳۶ و برای شرایط تنش خشکی ۵۳/۰۳ بود درحالی‌که کمترین تعداد روز تا سبز شدن ۳۱/۳۵ در شرایط آبیاری نرمال و ۳۲/۹۵ برای شرایط تنش بود. نتایج حاکی از آن است که تفاوت در تاریخ سبز شدن در شرایط تنش خشکی بیشتر شده به طوری که تفاوت ۸ روزه بین بیشترین و کمترین روز تا سبز شدن در شرایط آبیاری نرمال به ۲۰/۰۸ روز در شرایط تنش رسید. اما با وجود این تفاوت در تاریخ سبز شدن، توده‌های بومی در شرایط تنش خشکی زودتر به سنبله

خشکی بود، بطوریکه بیشترین دمای کانوپی در شرایط آبیاری نرمال ۳۲/۹۲ و در شرایط تنش ۳۸/۲۵ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۴). در مطالعه Pourdanesh et al. (2014) روی توده‌های بومی گندم ایران و ۲۱ کشور دیگر مشخص شد که تنوع بسیار بالایی در تعداد دانه در سنبله در بین توده‌ها وجود دارد، آنها همچنین گزارش کردند که تنوع صفات فنولوژیک شامل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، سنبله-دهی و گرده افشانی کمتر از سایر صفات بود. در مطالعه Alipour et al. (2017) نیز تنوع ژنتیکی بالایی برای ارقام تجاری و توده‌های بومی گندم ایران گزارش شده است، بطوریکه بیشترین تنوع بین توده‌ها و ارقام تجاری در صفت تعداد دانه در سنبله مشاهده گردید. در مطالعه‌ای دیگر بروی توده‌های بومی استان سیستان و بلوچستان مشخص شد که بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفات عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله بود (Naruee Rad et al., 2006).

شرایط آبیاری نرمال و کمترین آن (۰/۹۷ گرم) به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۶۲۳۱۳۹ و ۶۲۴۲۵۱ بود. در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین عملکرد دانه در بوته به ترتیب ۱/۸۴ و ۰/۵ گرم و مربوط به ژنوتیپ‌های ۶۲۳۴۷۳ و ۶۲۷۹۸۷ بود. به طور میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نسبت به آبیاری نرمال حدود ۰/۹۶ گرم کاهش نشان داد. همچنین تفاوت عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری نرمال به مراتب بیشتر از شرایط تنش خشکی بود (جدول ۴). توده‌های بومی مورد بررسی از نظر دو شاخص فیزیولوژیک دمای کانوپی و سبزی‌نگی نیز تفاوت معنی‌داری داشتند. بیشترین سبزی‌نگی در شرایط آبیاری نرمال ۶۷/۸۳ و کمترین مقدار آن ۳۷/۶۱ و در شرایط تنش خشکی بیشترین مقدار ۶۹/۴۵ و کمترین مقدار ۲۵/۶۴ بود. با این حال تغییرات این شاخص در شرایط تنش حدود ۱۳ واحد بیشتر از شرایط آبیاری نرمال بود. میانگین دمای کانوپی در شرایط آبیاری نرمال کمتر از شرایط تنش

جدول ۴- آماره‌های توصیفی برای توده‌های بومی گندم ایران تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (دیم)

Table 4. Descriptive statistics of investigated traits in Iranian wheat landraces under normal irrigation and rain-fed conditions

Trait	Condition	Maximum	Minimum	Mean	Range	Coefficient of Variation	Std	Skewness	Kurtosis	t-student
Days to Emergence	Normal	39.36	31.35	35.54	8	4.18	1.48	-0.18	0.46	354.36**
	Drought	53.03	32.95	41.38	20.08	10.29	4.26	0.59	-0.49	143.07**
Days to Heading	Normal	179.5	157	168.7	22.5	2.62	4.42	0.02	-0.53	562.61**
	Drought	167	138.5	150.32	28.5	3.15	4.73	0.29	0.66	467.34**
Days to Anthesis	Normal	190	161	179.03	29	2.65	4.75	-0.42	-0.36	556.44**
	Drought	172.48	144.51	156.47	27.97	2.9	4.54	0.19	0.25	507.67**
Days to Physiological maturity	Normal	217	190	204.53	27	2.93	5.98	-0.09	-0.6	503.93**
	Drought	195.5	171	181.95	24.5	3.35	6.09	0.46	-0.69	442.21**
Grain filling duration	Normal	40	13.5	25.52	26.5	18.41	0.32	0.17	0.31	80.18**
	Drought	40.47	11.41	25.46	29.06	20.02	0.36	-0.04	-0.5	70.24**
Spike weight	Normal	4.88	1.5	2.76	3.38	19.75	0.04	0.49	0.62	74.77**
	Drought	2.59	0.82	1.62	1.76	20.57	0.02	0.35	-0.07	71.79**
Spike length	Normal	15.39	5.52	10.5	9.88	17.29	0.12	-0.02	0.23	85.42**
	Drought	13.35	6.03	9.93	7.31	14.61	0.09	-0.2	-0.06	101.07**
Grain yield	Normal	3.52	0.97	1.98	2.55	21.37	0.03	0.47	0.31	69.1**
	Drought	1.84	0.5	1.02	1.34	26.09	0.02	0.66	0.51	56.6**
Seed number	Normal	85.01	26.29	47	58.72	21.24	0.68	0.43	0.21	69.5**
	Drought	58.81	18.84	38.2	39.97	21.35	0.55	0.36	-0.45	69.17**
Thousand kernel weight	Normal	60.86	26.16	42.63	34.7	15.28	0.44	0.09	-0.17	96.64**
	Drought	42.02	18.34	26.6	23.68	16.04	0.29	0.49	0.55	92.08**
Spike Straw weight	Normal	1.36	0.35	0.78	1.01	20.95	0.01	0.45	0.75	70.48**
	Drought	1.02	0.3	0.61	0.73	21.06	0.009	0.43	0.31	70.11**
Leaf greenness	Normal	67.83	37.61	51.81	30.22	12.38	0.43	0.48	0.08	119.25**
	Drought	69.45	25.64	45.6	43.81	18.8	0.58	0.22	0.36	78.54**
Canopy temperature	Normal	32.92	22.26	27.28	10.67	7.18	0.13	0.36	0.29	205.67**
	Drought	38.25	23.5	31.4	14.75	6.45	0.14	0.17	1.21	228.91**

بین صفات در شرایط تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه و وزن سنبله بود ($r=0.93^{**}$). نتایج همبستگی در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی حاکی از وجود همبستگی بالا بین وزن سنبله و تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه بود. نتایج مطالعات قبلی نیز نشان دهنده اهمیت این دو صفت در تعیین عملکرد نهایی گندم است. بطوریکه (Mohseni et al., 2014) همبستگی بالایی بین وزن سنبله و تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی را گزارش کردند. تعداد دانه در سنبله از جمله صفاتی است که در مرحله زایشی و حتی قبل از ورود گیاه به مرحله گرده‌افشانی تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله کمبود آب قرار می‌گیرد. در مطالعه (Alipour et al., 2017) همبستگی بالایی بین صفات مذکور گزارش شده است. همانطور که در جدول ۵ نشان داده شده است بین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه همبستگی منفی وجود دارد که این مسأله بیانگر کاهش سهم انتقال کربوهیدرات به هر کدام از دانه‌ها در نتیجه افزایش تعداد دانه است (Barraclough et al., 2014). در مطالعات گذشته نیز همبستگی منفی بین دو صفت مذکور گزارش شده است (Mohseni et al., 2014).

تجزیه علیت

جهت تبیین روابط رگرسیونی و تعیین ارتباط علی و معلولی بین عملکرد دانه در بوته با اجزای عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی از تجزیه علیت استفاده گردید. باتوجه به نتایج حاصل از این تجزیه، ضرایب همبستگی بین صفات به اثرات مستقیم و غیر مستقیم عوامل تجزیه شد (جدول ۶). براساس نتایج بدست آمده در شرایط آبیاری نرمال صفات وزن سنبله (۰/۴۹۶)، تعداد دانه در سنبله (۰/۴۸۲) و وزن هزار دانه (۰/۳۸۶) به ترتیب بیشترین اثرات مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. بیشترین اثر غیر مستقیم وزن سنبله بر عملکرد دانه، از طریق تعداد دانه در سنبله (۰/۳۴۸) بود. همچنین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از طریق وزن سنبله بیشترین اثر غیر-

در مطالعه (Seifolahpour et al., 2017) نیز تنوع بسیار بالایی برای تعداد دانه در سنبله برای توده‌های *Triticum boeoticum* L. گزارش شد. تنوع ژنتیکی موجود در صفات مختلف نشان‌دهنده قابلیت مناسب توده‌های بومی گندم ایران جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی آتی می‌باشد.

همبستگی صفات

نتایج همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی در جدول ۵ آمده است. همبستگی‌های زیر قطر اصلی مربوط به شرایط آبیاری نرمال و همبستگی‌های بالای قطر اصلی مربوط به شرایط تنش خشکی هستند. در شرایط آبیاری نرمال عملکرد دانه با زمان سنبله‌دهی و گرده‌افشانی همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد. با این وجود طول دوره پر شدن دانه در شرایط آبیاری نرمال همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت. بیشترین میزان همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و وزن سنبله مشاهده گردید ($r=0.98^{**}$). با این وجود همبستگی بین عملکرد دانه و طول سنبله منفی و غیر معنی‌دار ($r=-0.11$) و همبستگی بین تعداد دانه و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار ($r=0.71^{**}$) بود. از طرف دیگر همبستگی بالایی بین زمان سنبله‌دهی با گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک مشاهده گردید (جدول ۵، زیر قطر اصلی). با وجود اینکه همبستگی برخی از صفات با عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بود، اما به دلیل وجود ضرایب همبستگی پایین بین آنها، ارزش بیولوژیک این صفات در برنامه‌های به‌نژادی به مراتب کمتر از صفات با ضریب همبستگی بالاتر خواهد بود. دلیل پایین بودن ضریب همبستگی بین دو صفت احتمالاً به خاطر پایین بودن همبستگی ژنتیکی این صفات در نواحی کنترل‌کننده ژنومی است (Eid, 2009; Ahmed et al., 2016).

در شرایط تنش خشکی، تاریخ سبز شدن، همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد روز تا گرده‌افشانی، وزن هزار دانه و دمای کانوپی داشت (جدول ۵، بالای قطر اصلی). به طور کلی بیشترین همبستگی

جدول ۵- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در توده‌های بومی گندم ایران تحت شرایط نرمال آبیاری و تنش خشکی (دیم)

Table 5. Correlation coefficients between investigated traits in Iranian wheat landraces under normal irrigation and rain-fed conditions

	Days to Emergence	Days to Heading	Days to Anthesis	Days to Physiological maturity	Grain filling duration	Spike weight	Spike length	Grain yield	Seed number	Thousand kernel weight	Spike Straw weight	Leaf greenness	Canopy temperature
Days to Emergence	1	0.1	0.14*	0.002	-0.12	0.04	-0.13	0.08	-0.05	0.20**	-0.04	-0.02	0.15*
Days to Heading	0.0002	1	0.72**	0.37**	-0.19**	-0.27**	0.23**	-0.28**	-0.031**	-0.07	-0.12	-0.08	-0.05
Days to Anthesis	0.03	0.94**	1	0.52**	-0.26**	-0.35**	0.27**	-0.35**	-0.39**	-0.09	-0.18**	-0.04	-0.06
Physiological maturity	0.03	0.65**	0.64**	1	0.69**	-0.29**	0.26**	-0.32**	-0.29**	-0.15*	-0.08	0.05	-0.04
Grain filling duration	0.01	-0.12	-0.2**	0.63**	1	-0.03	0.06	-0.07	0.004	-0.10	0.07	0.09	0.004
Spike weight	0.02	-0.16*	-0.1	0.05	0.17*	1	-0.05	0.93**	0.81**	0.41**	0.67**	0.19**	0.06
Spike length	-0.01	0.5**	0.48**	0.41**	0.04	-0.03	1	-0.13*	-0.11	-0.12	0.17*	0.04	-0.19**
Grain yield	0.04	-0.21**	-0.15*	0.03	0.19*	0.98**	-0.11	1	0.76**	0.56**	0.37**	0.14*	0.02
Seed number	-0.06	-0.22**	-0.18**	0.06	0.11	0.72**	0.15**	0.71**	1	-0.08	0.52**	0.15*	0.03
Thousand kernel weight	0.13	-0.001	0.04	0.11	0.1	0.35**	0.04	0.39**	0.35**	1	-0.09	0.01	-0.02
Spike Straw weight	-0.06	0.02	0.05	0.09	0.7	0.81**	0.16*	0.66**	0.54*	0.17*	1	0.23**	0.12
Leaf greenness	0.13	-0.17*	-0.13	0.07	0.05	0.26**	-0.13*	0.29**	0.09	0.27**	0.12	1	0.05
Canopy temperature	0.02	-0.13	-0.1	-0.03	0.06	0.04	-0.06	0.04	0.05	-0.02	0.04	0.04	1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

فرض‌های تجزیه رگرسیون چندگانه، از رگرسیون گام به گام استفاده گردید. با توجه به وجود همبستگی بالا بین وزن سنبله و عملکرد دانه در بوته و در نتیجه ایجاد همخطی بالا، رگرسیون گام به گام با حذف وزن سنبله صورت گرفت. صفت تعداد دانه در سنبله اولین صفتی بود که وارد مدل رگرسیونی شد و به تنهایی ۴۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد (جدول ۸). صفات وزن هزار دانه و طول سنبله به ترتیب بیشترین تغییرات عملکرد دانه را بعد از تعداد دانه در سنبله توجیه و وارد مدل رگرسیونی شدند و همراه با تعداد دانه در سنبله ۹۷/۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. در شرایط تنش خشکی نیز اولین صفتی که وارد مدل رگرسیونی شد، تعداد دانه در سنبله بود که ۶۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد. سپس صفات وزن هزار دانه و طول سنبله وارد مدل رگرسیونی شدند و بیشترین تغییرات عملکرد دانه را بعد از تعداد دانه در سنبله توجیه کرده و جمعاً ۹۷/۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی توجیه کردند (جدول ۹). در مطالعه *Pourdanesh et al.* (2014) نیز صفات تعداد دانه در سنبله و وزن ۱۰۰ دانه جز اولین صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی شدند و در مجموع ۹۵/۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. در مطالعه‌ای دیگر تحت شرایط تنش خشکی مشخص گردید که صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک جز مهمترین صفات اثر گذار در عملکرد دانه بودند (*Leilah & Al-Khateeb, 2005*). که نتایج این پژوهش با نتایج *Mohseni et al.* (2014) مطابقت داشت.

مستقیم را بر عملکرد داشتند (به ترتیب ۰/۳۵۸ و ۰/۱۷۴). بنابراین به طور کلی در شرایط آبیاری نرمال وزن سنبله و تعداد دانه بیشترین اثر مستقیم و غیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. در شرایط تنش خشکی صفات تعداد دانه در سنبله (۰/۶۸۱)، وزن هزار دانه (۰/۵۵۲) و وزن سنبله به ترتیب بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۷). با وجود اثر مستقیم پایین وزن سنبله، این صفت از طریق تعداد دانه در سنبله بیشترین اثر غیر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه داشت. کمترین اثر مستقیم و مثبت مربوط به وزن هزار دانه از طریق وزن سنبله بود. براساس نتایج *Golparvar et al.* (2005) صفات وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. در شرایط تنش خشکی اثر مستقیم وزن سنبله نسبت به صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاهش یافته است. این مسأله ممکن است ناشی از افزایش نسبت کاه سنبله به دانه در شرایط تنش خشکی و کاهش ظرفیت مخزن در جذب کربوهیدرات‌های تولید شده باشد. به طور کلی در بیشتر مطالعات انجام شده بر روی گندم، صفات تعداد دانه، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک به عنوان صفات مهم در گزینش ژنوتیپ‌های برتر برای شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی معرفی شده اند (*Ahmadizadeh et al., 2011; Mohseni et al., 2014*).

رگرسیون گام به گام

به منظور بررسی رابطه عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی و همچنین تعیین اهمیت هر کدام از صفات مربوط به عملکرد با در نظر گرفتن

جدول ۶- تجزیه ضرایب علیت فنوتیپی برای عملکرد دانه در بوته در توده‌های بومی گندم ایران در شرایط آبیاری نرمال

Table 6. Path coefficient analysis for grain yield per plant in Iranian wheat landraces under normal irrigation condition

Traits	r	Direct Effect	Indirect Effect			
			Spike weight	Spike length	Seed number	Thousand kernel weight
Spike weight	0.98	0.496	-	0.001	0.347	0.135
Spike length	-0.11	-0.038	-0.015	-	-0.073	0.015
Seed number	0.71	0.482	0.358	0.006	-	-0.135
Thousand kernel weight	0.39	0.386	0.174	-0.002	-0.169	-

Residual Effect = 0.016

جدول ۷- تجزیه ضرایب علیت فنوتیپی برای عملکرد دانه در بوته در توده‌های بومی گندم ایران در شرایط تنش خشکی (دیم)

Table 7. Path coefficient analysis for grain yield per plant in Iranian wheat landraces under rain-fed condition

Traits	r	Direct Effect	Indirect Effect via		
			Spike weight	Seed number	Thousand kernel weight
Spike weight	0.93	0.152	-	0.552	0.226
Seed number	0.76	0.681	0.123	-	-0.044
Thousand kernel weight	0.56	0.552	0.062	-0.055	-

Residual Effect = 0.032

جدول ۸- رگرسیون گام به گام بین عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی برای توده‌های بومی گندم ایران در شرایط آبیاری نرمال

Table 8. Stepwise regression analysis for grain yield per plant and other investigated traits in Iranian wheat landraces under normal irrigation condition

Step	Trait	a	b1	b2	b3	R ² adj.	VIF	P-value	Durbin-Watson
1	Seed number (X ₁)	0.41**	0.03**	-	-	0.49	1.09	<0.001	
2	Thousand kernel weight (X ₂)	-1.85**	0.04**	0.05**	-	0.97	1.05	<0.001	2.052
3	Spike length (X ₃)	-1.89**	0.04**	0.05**	0.005**	0.971	1.04	0.01	

VIF: عامل تورم واریانس گزارش شده بر مبنای مدل نهایی

$$Y = -1.89 + 0.04 X_1 + 0.05 X_2 + 0.005 X_3$$

R² adj. = 97.1%

جدول ۹- رگرسیون گام به گام بین عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی برای توده‌های بومی گندم ایران در شرایط تنش خشکی (دیم)

Table 9. Stepwise regression analysis for grain yield per plant and other investigated traits in Iranian wheat landraces under rain-fed condition

Step	Trait	a	b1	b2	b3	R ² adj.	VIF	P-value	Durbin-Watson
1	Seed number (X ₁)	-0.08	0.03**	-	-	0.62	1.03	<0.001	
2	Thousand kernel weight (X ₂)	-0.95**	0.03**	0.04**	-	0.975	1	<0.001	1.852
3	Spike length (X ₃)	-0.98**	0.03**	0.04**	0.003*	0.975	1.02	<0.001	

VIF: عامل تورم واریانس گزارش شده بر مبنای مدل نهایی

$$Y = -0.98 + 0.03 X_1 + 0.04 X_2 + 0.003 X_3$$

R² adj. = 97.5%

درصد و در شرایط تنش خشکی به ترتیب ۳۰/۸۹، ۲۴/۷۵ و ۱۶/۵ درصد از تنوع کل را پوشش دادند. در شرایط آبیاری نرمال صفت تعداد دانه در سنبله از اجزای مؤلفه اول بوده و همبستگی بالایی با این مؤلفه نشان داد (جدول ۱۱)، بدین ترتیب این مؤلفه می‌تواند جهت گروه بندی توده‌ها بر مبنای صفت ذکر شده مورد استفاده قرار گیرد. مؤلفه دوم با صفات رسیدگی فیزیولوژیک، گرده افشانی و سنبله‌دهی همبستگی بالایی نشان داد. لذا گزینش بر مبنای این مؤلفه، توده-

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در شرایط آبیاری نرمال نشان داد که سه مؤلفه اول ۷۸/۰۴ درصد و در شرایط تنش خشکی ۷۲/۱۴ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۱۰). مؤلفه‌های موجود در جدول ۱۰ ترکیب خطی ۱۳ متغیر و شامل واریانس آنها نیز می‌باشند که در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی اندازه‌گیری شده‌اند. سه مؤلفه اول در شرایط آبیاری نرمال به ترتیب ۳۸/۱۵، ۲۲/۰۶ و ۱۷/۸۳

که مقدار مؤلفه اول کم و مؤلفه دوم زیادی داشتند و در سمت چپ نمودار قرار گرفتند. گروه پنجم که سمت چپ و پایین بای پلات را تشکیل دادند شامل ژنوتیپ‌هایی با مؤلفه اول و دوم پایین بودند. باتوجه به موارد ذکر شده در صورتیکه هدف استفاده از این توده‌ها در تلاقی و برنامه بهنژادی باشد، باتوجه به هدف مورد نظر می‌توان از هر کدام از پنج گروه ذکر شده استفاده نمود.

بر مبنای بای پلات ترسیم شده بر مبنای مؤلفه اول و دوم در شرایط تنش خشکی می‌توان ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه دسته‌بندی کرد (شکل ۳). گروه اول که قسمت بالا و سمت راست بای پلات را شامل می‌شوند جز ژنوتیپ‌های با تعداد دانه بیشتر و شاخص سبزیگی بالا و رسیدگی طولانی‌تر بودند. گروه دوم شامل ژنوتیپ‌هایی با مؤلفه اول پایین و مؤلفه دوم بالاتر بودند، این گروه در سمت چپ و قسمت بالای بای پلات قرار گرفتند. دسته سوم که در سمت راست و پایین بای پلات قرار گرفتند، بیانگر ژنوتیپ‌هایی با تعداد دانه بالا و دوره رشدی کوتاه‌تر بودند. همچنین گروه چهارم در سمت چپ و قسمت پایین بای پلات قرار گرفتند و به طور نسبی تعداد دانه و شاخص سبزیگی پایینی داشتند.

هایی که مراحل رشد و نمو خود را سریع‌تر سپری می‌کنند، جداسازی خواهد کرد. از این رو مؤلفه اول مؤلفه عملکرد و مؤلفه دوم مؤلفه صفات فنولوژیک نامیده شد. در شرایط تنش خشکی مؤلفه اول با تعداد دانه در سنبله و شاخص سبزیگی همبستگی مثبت و بالایی نشان داد (جدول ۱۱)، لذا گزینش بر مبنای این مؤلفه در شرایط تنش منجر به جداسازی ژنوتیپ‌های با تعداد دانه در سنبله و سبزیگی بیشتر خواهد شد. همچنین مؤلفه دوم با شاخص سبزیگی و رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط تنش خشکی همبستگی بالایی نشان داد.

بر اساس بای پلات ترسیم شده بر مبنای مؤلفه اول و دوم در شرایط آبیاری نرمال، توده‌ها در پنج گروه قرار گرفتند (شکل ۲). گروه اول شامل شماره ۷۴ یا ژنوتیپ ۶۲۴۸۰۵ بود که یک ژنوتیپ پر عملکرد در شرایط آبیاری نرمال و دارای دوره رشد طولانی بود. گروه دوم توده‌هایی بودند که همبستگی بالایی با مؤلفه اول و لذا تعداد دانه بیشتر و عملکرد بالایی نیز داشتند. گروه سوم که سمت راست و قسمت پایین بای پلات را تشکیل دادند، شامل ژنوتیپ‌هایی با مؤلفه اول بالا و مؤلفه دوم پایین بودند، در واقع این قسمت شامل توده‌هایی بود که عملکرد نسبتاً بالا داشته و زودرس‌تر بودند. گروه چهارم شامل ژنوتیپ‌هایی بود

جدول ۱۰- مقادیر ویژه و درصد واریانس برای توده‌های بومی گندم ایران در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی

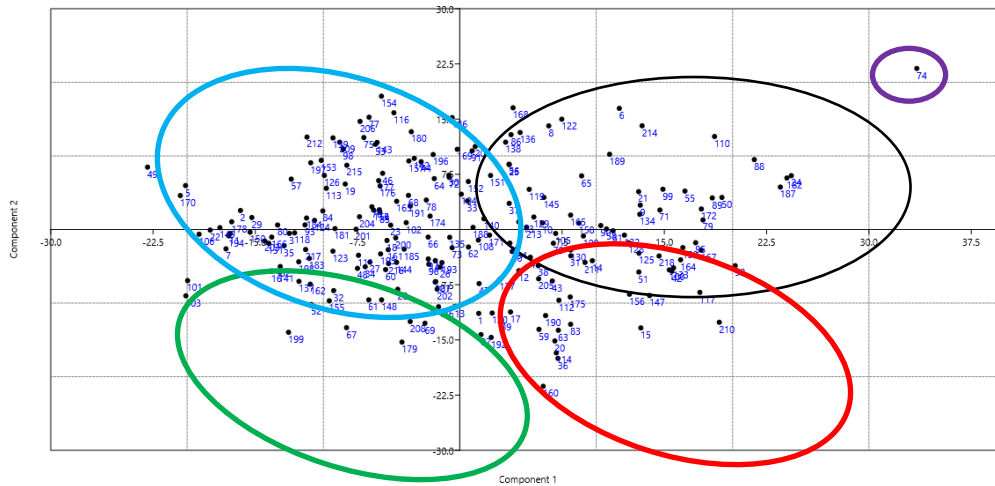
Table 10. Eigen values and variance percentage of Iranian wheat landraces under normal irrigation and rain-fed conditions

PC	Normal condition		Drought stress condition (rain-fed)	
	Eigen value	% Variance	Eigen value	% Variance
1	111.86	38.15	90.09	30.89
2	64.68	22.06	72.16	24.75
3	52.28	17.83	48.12	16.5
4	40	10.57	33.64	11.54
5	23.8	8.12	20.94	7.18
6	3.79	1.3	13.74	4.71
7	2.41	0.82	7.15	2.45
8	2.12	0.72	3.97	1.36
9	1.26	0.43	1.75	0.6
10	0.03	0.01	0.02	0.007
11	0.003	0.002	0.002	0.001
12	9.61E-10	3.28E-10	3.6E-05	1.24E-05
13	2.04E-30	6.97E-31	1.19E-28	4.09E-29

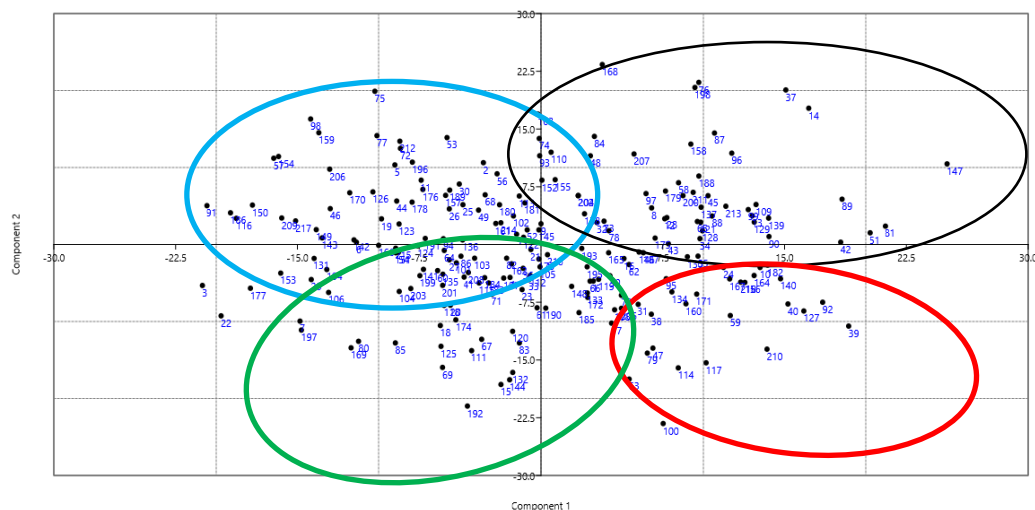
جدول ۱۱- بردارهای ویژه چهار مولفه اصلی در توده‌های بومی گندم ایران در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (دیم)

Table 11. Eigen vectors of four important components of Iranian wheat landraces under normal irrigation and rain-fed conditions

Trait	Condition							
	Normal condition				Drought stress condition (rain-fed)			
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC1	PC2	PC3	PC4
Emergence	-0.01	-0.007	0.03	0.01	-0.04	-0.004	-0.1	0.11
Heading	-0.16	0.42	-0.03	0.35	-0.26	0.21	-0.1	0.54
Anthesis	-0.16	0.44	-0.009	0.43	-0.28	0.16	-0.1	0.51
Physiological maturity	-0.13	0.65	0.27	-0.2	-0.31	0.42	0.52	0.18
Grain filling duration	0.03	0.2	0.28	-0.64	-0.02	0.25	0.63	-0.33
Spike weight	0.03	0.005	0.04	0.0001	0.02	-0.007	0.006	0.01
Spike length	-0.04	0.1	-0.002	0.04	-0.02	0.03	0.01	0.05
Grain yield	0.02	0.001	0.03	-0.002	0.01	-0.007	0.003	0.007
Seed number	0.91	0.2	0.17	0.07	0.71	-0.2	0.38	0.5
Thousand kernel weight	-0.29	-0.15	0.59	-0.1	0.003	-0.03	-0.16	-0.17
Straw weigh	0.006	0.003	0.007	0.002	0.006	0.0005	0.003	0.004
Leaf greenness	0.06	-0.25	0.68	0.44	0.48	0.8	-0.33	-0.04
Canopy temperature	0.01	-0.01	0.01	-0.02	0.01	0.004	-0.008	-0.01



شکل ۲- بای پلات رسم شده بر مبنای مؤلفه اول و دوم برای ۲۱۸ توده بومی گندم ایران در شرایط آبیاری نرمال
Figure 2. Biplot diagram of the first two principal component axes for 218 Iranian wheat landraces under normal irrigation condition



شکل ۳- بای پلات رسم شده بر مبنای مؤلفه اول و دوم برای ۲۱۸ توده بومی گندم ایران در شرایط تنش خشکی (دیم)
Figure 3. Biplot diagram of the first two principal component axes for 218 Iranian wheat landraces under rain-fed condition

تجزیه به عامل‌ها

تجزیه به عامل‌ها با روش حداکثر درست نمایی برای صفات زراعی توده‌های بومی گندم چهار عامل پنهانی را در شرایط آبیاری نرمال شناسایی کرد که ۷۱/۰۶ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه کرد (جدول ۱۲). عامل اول در شرایط آبیاری نرمال تحت تأثیر وزن سنبله، عملکرد دانه در بوته، تعداد دانه و وزن کاه سنبله قرار گرفت و ۲۷/۲۳ درصد از تنوع فنوتیپی صفات را توجیه نمود. در عامل اول صفات روزتا سبز شدن، رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه و دمای کانوبی در جهت منفی و سایر صفات در جهت مثبت سهیم بودند. عامل دوم تحت تأثیر روز تا سنبله‌دهی، گرده افشانی، رسیدگی فیزیولوژیک و طول سنبله بود که ۲۱/۸۹ درصد از تنوع فنوتیپی صفات را توجیه کرد. صفات روز تا سبز شدن، دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه در بوته، تعداد دانه در سنبله، سبزیگی و دمای کانوبی در جهت منفی با عامل دوم ارتباط داشتند. عامل‌های سوم و چهارم نیز با ۱۱/۵۳ و ۱۰/۴۲ درصد، سهم کمتری در تنوع فنوتیپی صفات داشتند. در شرایط تنش خشکی پنج عامل پنهانی شناسایی شد که ۷۵/۷۶ درصد از

به طور کلی در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی، تعداد ژنوتیپ‌های حدواسط که در قسمت مرکزی بای پلات تجمع پیدا کردند بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. همچنین نتایج نشان داد که در هر دو شرایط مؤلفه اول، مؤلفه تعداد دانه در سنبله و گزینش بر مبنای آن می‌تواند در برنامه‌های بهنژادی صورت گیرد. براساس نتایج **Mohammadi (2012)** در شرایط آبیاری نرمال صفات عملکرد دانه، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد سنبله در متر مربع و در شرایط تنش خشکی صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، روز تا گلدهی، عملکرد دانه و تعداد سنبله در متر مربع بیشترین همبستگی مثبت را با مؤلفه اول داشتند. روند بهنژادی ارقام جدید نشان می‌دهد که ارقام زودرس و پر عملکرد در مناطق دارای اقلیم مدیترانه‌ای موفق تر هستند، چرا که دوره رشد خود را زودتر تمام کرده و با خشکی آخر فصل مواجه نخواهند شد (**Joudi et al., 2014 Bodner et al., 2015**). همینطور نتایج این تحقیق نشان داد گروهی از توده‌های بومی گندم ایران (گروه سوم در شرایط تنش خشکی) نیز دارای این پتانسیل جهت فرار از خشکی هستند به طوریکه علی رغم طی کردن سریع دوره رشد رویشی و زایشی خود، عملکرد بالایی داشتند.

ژنتیکی مطلوبی در میان توده‌های بومی گندم ایران از لحاظ صفات فنولوژیک، فیزیولوژیک و عملکردی وجود دارد. بیشترین تنوع در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (دیم) مربوط به تعداد دانه در سنبله بود که براساس نتایج همبستگی، رگرسیون و تجزیه علیت در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی تأثیر بسزایی در تغییرات عملکرد دانه داشت. همچنین گروهی از توده‌های بومی گندم ایران مانند ژنوتیپ‌های ۶۲۳۲۶۶، ۶۲۳۳۳۸ و ۶۲۳۱۶۲ که دارای عملکرد بالا و نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها زودرس‌تر بودند، پتانسیل استفاده در برنامه‌های به‌نژادی جهت تولید ارقام پرمولود و زودرس برای مناطق متأثر از خشکی را دارند.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از دانشگاه تهران و صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (طرح پژوهشی به شماره ۹۶۰۰۸۴۵۳) جهت حمایت مالی از تحقیق صورت گرفته تقدیر و تشکر نمایند.

تنوع کل داده‌ها را توجیه کرد. عامل اول در این شرایط ۲۹/۴۲ درصد از تنوع فنوتیپی صفات را توجیه و تحت تأثیر صفات وزن سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن کاه سنبله بود. در عامل اول صفات روز تا سبز شدن، دوره پر شدن دانه و وزن هزار دانه در جهت منفی سهمیم بودند. عامل دوم در شرایط تنش خشکی تحت تأثیر روز تا سنبله‌دهی، گرده افشانی و طول سنبله بود و ۱۴/۱۸ درصد از تنوع فنوتیپی صفات را توجیه نمود. عامل‌های سوم، چهارم و پنجم به ترتیب با ۱۲/۱، ۱۰/۱۳ و ۹/۰۴ درصد، درصد کمتری از تنوع فنوتیپی صفات را توجیه کردند. در مطالعه *Heidar et al.* (2008)، با بررسی لاین‌های دابل هاپلوئید گندم پنج عامل پنهانی را گزارش کردند که عامل اول به شدت تحت تأثیر روز تا گرده افشانی و روز تا سنبله‌دهی قرار داشت. در مطالعات قبلی نیز عامل اول به عنوان عامل عملکرد و زیست توده معرفی شده است (Golparvar et al., 2007; Ebrahimnejad & Rameeh, 2016).

نتیجه‌گیری کلی

بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع

جدول ۱۲- تجزیه به عامل‌ها برای صفات زراعی توده‌های بومی گندم ایران در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی (دیم)

Table 12. Factor analysis for investigated traits of Iranian wheat landraces under normal irrigation and rain-fed conditions

Traits	Component									
	Normal condition				Drought stress condition (rain-fed)					
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	
Emergence	-0.055	-0.001	0.304	-0.015	-0.019	0.137	0.028	0.225	0.458	
Heading	0.015	0.328	-0.022	-0.112	0.059	0.411	-0.075	0.036	0.025	
Anthesis	0.035	0.332	0.007	-0.161	0.043	0.423	-0.045	0.037	0.044	
Physiological maturity	-0.011	0.229	0.003	0.407	0.031	0.156	0.483	0.078	0.025	
Grain filling duration	-0.049	-0.044	-0.012	0.682	-0.001	-0.183	0.586	0.058	-0.009	
Spike weight	0.292	0.018	0.070	-0.025	0.273	0.043	-0.002	0.175	-0.030	
Spike length	0.032	0.237	-0.027	-0.017	0.144	0.239	0.028	-0.063	-0.360	
Grain yield	0.268	-0.009	0.104	0.002	0.161	0.001	-0.002	0.321	-0.058	
Seed number	0.282	-0.041	-0.318	0.017	0.291	-0.031	-0.058	-0.083	-0.038	
Thousand kernel weight	-0.016	0.038	0.564	-0.024	-0.136	0.018	0.078	0.612	-0.032	
Straw weigh	0.282	0.085	-0.034	-0.090	0.379	0.113	0.003	-0.205	0.046	
Leaf greenness	0.020	-0.058	0.363	-0.024	0.188	0.056	0.116	-0.089	0.128	
Canopy temperature	-0.013	-0.067	-0.021	0.158	0.111	-0.005	0.029	-0.202	0.659	
Eigenvalues	3.54	2.85	1.5	1.35	3.83	1.84	1.69	1.32	1.17	
Cumulative Variance %	27.23	49.12	60.65	71.06	29.42	43.6	56.59	66.728	75.76	
Variance %	27.23	21.89	11.53	10.42	29.42	14.18	12.1	10.13	9.04	

REFERENCES

1. Ahmadzadeh, M., Valizadeh, M., Shahbazi, H., Zaefizadeh, M., & Habibpor, M. (2011). Morphological diversity and interrelationships traits in durum wheat landraces under normal irrigation and drought stress conditions. *Advances in Environmental Biology*, 1934-1941.
2. Ahmed, N., Chowdhry, M. A., Khaliq, I., & Maekawa, M. (2016). The inheritance of yield and yield components of five wheat hybrid populations under drought conditions. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 8(2), 53-59.
3. Alipour, H., Bihamta, M.R., Mohammadi, M., & Peyghambari, S.A. (2017). Evaluation of genetic variability of agronomic traits in Iranian wheat landraces and cultivars. *Journal of Crop Breeding*, 9(22), 168-177. (In Farsi)
4. Amrawat, T., Solanki, N. S., Sharma, S. K., Jajoria, D. K., & Dotaniya, M. L. (2013). Phenology growth and yield of wheat in relation to agrometeorological indices under different sowing dates. *African Journal of Agricultural Research*, 8(49), 6366-6374.
5. Bagge M., Xia X. C., Lubberstedt T. (2007). Functional markers in wheat commentary. *Current Opinion in Plant Biology*, 10:211-216.
6. Barraclough, P. B., Lopez-Bellido, R., & Hawkesford, M. J. (2014). Genotypic variation in the uptake, partitioning and remobilization of nitrogen during grain-filling in wheat. *Field Crops Research*, 156, 242-248.
7. Bodner, G., Nakhforoosh, A., & Kaul, H. P. (2015). Management of crop water under drought: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 401-442.
8. Brenchley, R., Spannagl, M., Pfeifer, M., Barker, G. L., D'Amore, R., Allen, A. M., McKenzie, N., Kramer, M., Kerhornou, A., Bolser, D. & Kay, S. (2012). Analysis of the bread wheat genome using whole genome shotgun sequencing. *Nature*, 491(7426), 705-710.
9. Ebrahimnejad, S., & Rameeh, V. (2016). Correlation and factor analysis of grain yield and some important component characters in spring bread wheat genotypes. *Cercetari Agronomice in Moldova*, 49(1), 5-15.
10. Eid, M. H. (2009). Estimation of heritability and genetic advance of yield traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought condition. *International Journal of Genetics and Molecular Biology*, 1(7), 115-120.
11. Firoozi, B., Sofalian, O., Shokrpour, M., Rasoulzadeh, A., & Ahmadpour, F., (2013). Evaluation of spring wheat using drought tolerance indices and principal component analysis. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 5(2), 99-113. (In Farsi).
12. Flohr, B. M., Hunt, J. R., Kirkegaard, J. A., & Evans, J. R. (2017). Water and temperature stress define the optimal flowering period for wheat in south-eastern Australia. *Field Crops Research*, 209, 108-119.
13. Golparvar, A. R., Ghanadha, M. R., Zali, A. A., Ahmadi, A., Harvan, E. M., & Ghasemi Pirbalooti, A. (2007). Factor analysis of morphological and morpho-physiological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under drought and non-drought stress conditions. *Pajouhesh and Sazandegi*, 72: 52-59. (In Farsi).
14. Govindaraj, M., Vetriventhan, M., & Srinivasan, M. (2015). Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genetics Research International*, 2015. 1-14.
15. Gustafson, P., Raskina, O., Ma, X., & Nevo, E. (2009). *Wheat evolution, domestication, and improvement*. WileyBlackwell.
16. Heidar, B., Saeidi, G. H., & Sayed-Tabatabaei, B. E. (2008). Factor analysis for quantitative traits and path analysis for grain yield in wheat. *Journal of Water and Soil Science*, 11(42), 135-143.
17. Hill, C. B., & Li, C. (2016). Genetic architecture of flowering phenology in cereals and opportunities for crop improvement. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1906-1929.
18. Iqbal, M., Navabi, A., Salmon, D. F., Yang, R. C., & Spaner, D. (2007). Simultaneous selection for early maturity, increased grain yield and elevated grain protein content in spring wheat. *Plant Breeding*, 126(3), 244-250.
19. Jensen, M. E. (1974). Consumptive use of water and irrigation water requirements. ASCE.
20. Joudi, M., Ahmadi, A., Mohammadi, V., Abbasi, A., & Mohammadi, H. (2014). Genetic changes in agronomic and phenologic traits of Iranian wheat cultivars grown in different environmental conditions. *Euphytica*, 196(2), 237-249.

21. Kamran, A., Iqbal, M., & Spaner, D. (2014). Flowering time in wheat (*Triticum aestivum* L.): A key factor for global adaptability. *Euphytica*, 197(1), 1-26.
22. Kang, S., Gu, B., Du, T., & Zhang, J. (2003). Crop coefficient and ratio of transpiration to evapotranspiration of winter wheat and maize in a semi-humid region. *Agricultural water management*, 59(3), 239-254.
23. Koyama, K., Okumura, Y., Okamoto, E., Nishijima, R., & Takumi, S. (2018). Natural variation in photoperiodic flowering pathway and identification of photoperiod-insensitive accessions in wild wheat, *Aegilops tauschii*. *Euphytica*, 214(3), 1-12.
24. Landjeva, S., Ganeva, G., Korzun, V., Palejev, D., Chebotar, S., & Kudrjartsev, A. (2015). Genetic diversity of old bread wheat germplasm from the Black Sea region evaluated by microsatellites and agronomic traits. *Plant Genetic Resources*, 13(2), 119-130.
25. Leilah, A. A., & Al-Khateeb, S. A. (2005). Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments*, 61(3), 483-496.
26. Mohammadi, S. (2012). Investigation of yield and yield component relation in bread wheat under normal irrigation and terminal drought stress using multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 12(1)-99-101. (In Farsi).
27. Mohseni, M., Mortazavian, S. M. M., Ramshini, H. A., & Foghi, B. (2014). Evaluation of bread wheat genotypes under normal and post-anthesis drought stress conditions for agronomic traits. *Journal of Crop Breeding*, 8(18), 16-29.
28. Naruee Rad, M. R., Farzanjoo, M., Fanaei, H. R., Arjmandi nejad, A. R., Ghasemi, A. & Pol shekan Pahlavan, M. R. (2006) Evaluation of genetic diversity and factor analysis for morphological traits of Sistan and Baluchestan landraces accessions of wheat, *Journal of Construction Research in Agriculture and Horticulture*, No, 73. pp: 50-57. (In Farsi).
29. Nazari, M., & Abdolshahi, R. (2014). Evaluation of genetic diversity in bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) using morpho-physiological traits and SSR markers. *Journal of Agricultural biotechnology*, 6(1), 215-231.
30. Otegui, M. E., Borrás, L., & Maddonni, G. A. (2015). *Crop phenotyping for physiological breeding in grain crops: A case study for maize*. (pp. 375-396.) Academic Press.
31. Parry, M. A. J., Reynolds, M. P., Salvucci, M. E., Raines, C., Andralojc, P. J., Zhu, X. G., Dean P., Anthony G. Condon, & Furbank, R. T. (2010). Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. *Journal of Experimental Botany*, 62(2), 453-467.
32. Pourdanesh, A. H., Arshad, Y., Vaezi, s., Rashidi, V. (2014). The study of genetic diversity and relationships of major agronomical traits for several wheat accessions of National Plant Gene Bank of Iran. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* No:104 pp: 76-86. (In Farsi).
33. Salamini, F., Özkan, H., Brandolini, A., Schäfer-Pregl, R., & Martin, W. (2002). Genetics and geography of wild cereal domestication in the Near East. *Nature Reviews Genetics*, 3(6), 429-441.
34. Seifolahpour, B., Bahraminejad, S., & Cheghamirza, K. (2017). Genetic diversity of einkorn wheat (*Triticum boeoticum* Boiss.) accessions from the central Zagros Mountains. *Žemdirbystė (Agriculture)*, 104(1), 23-30.
35. Shavrukov, Y., Kurishbayev, A., Jatayev, S., Shvidchenko, V., Zotova, L., Koekemoer, F., de Groot, S., Soole, K., & Langridge, P. (2017). Early flowering as a drought escape mechanism in plants: How can it aid wheat production? *Frontiers in plant science*, 8, 1950-1958.
36. Smith, M. E., Coffman, W. R., & Barker, T. C. (1990). *Environmental effects on selection under high and low input conditions. Genotype-by-environment interaction and plant breeding* (pp. 261-272.). Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA.
37. Trethowan, R., & Pfeiffer, W. H. (2000). In: Ribaut J. M., Poland D. (eds), *Challenges and future strategies in breeding wheat for adaptation to drought stressed environments: A CIMMYT wheat program perspective*. (21-25.) CIMMYT, Mexico.