Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2981-2461

Evaluation of genetic diversity in some bread wheat genotypes under drought stress conditions using germination stage indices

Zahra Marvotti[1*], Mohammad Noorani[2]

[1] PhD student, Plant Breeding and Biotechnology Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Email: morovatizahra3@gmail.com

[2] Department of Horticultural Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, Email: mohamadnorani1368@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-10-13
Revised: 2024-1-10
Accepted: 2024-1-17

Keywords:
Genetic diversity
germination traits
Genetic parameters
Cluster analysis
Heritability

ABSTRACT

In order to investigate phenotypic and genotypic correlations between Characteristics affecting the germination stage and genetic variation and estimating the genetic parameters of these indices in Drought and normal conditions, 19 genotypes of bread wheat were cultivated inCompletely randomized design with three replications in the Laboratories, Department of Agronomy and Plant Breeding of Agricultural Research Campus Natural Resources of Razi University of Kermanshah, Iran In the germination stage was evaluated. The results of variance analysis (ANOVA) showed significant differences for the Germination Percentage (GP), coleoptile Length (KL), Mean Germination Time (MGT), Cofficent of Velocity of Germination (CVG), Average Velocity of Germination (AVG) and Vigor index (SV) under stress and normal condition indicating. The presence of a considerable genotypic variation and possibility of selection of drought tolerant genotypes. The presence of a considerable genotypic variation and possibility of selection of drought tolerant genotypes. According to the biplot obtained in the laboratory conditions (germination test) genotype (16) was located in group A. A high positive genetic and phenotypic relation was observed between GP, AVG, SV and RL, which is completely in line with results of the relation between traits by GTbiplot. High heritability and genetic gain were observed for GP, AVG and SV that reflect the additive gene action. Accordingly, the selection method for studied traits in examined genotypes effective. Cluster analysis using Ward method, based on the traits, classified the genotypes in three different groups.

Cite this article: Marvotti, Z., Noorani, M. (2023). Evaluation of genetic diversity in some bread wheat genotypes under drought stress conditions using germination stage indices. *Seed Research*, 13 (1), 34-50.

©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۲۴۶۱-۲۹۸۱
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

ارزیابی پارامترهای ژنتیکی برخی از ژنوتیپ‌های گندم نان تحت تاثیر تیمار پلی‌اتیلن گلایکول۶۰۰۰ و استفاده از Gt-Bipiot

زهرا مروتی[۱*]، محمد نورانی[۲]

[۱] دانشجوی دکتری گروه ژنتیک و بهنژادی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران، رایانامه: morovatizahra3@gmail.com

[۲] دکتری علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران، رایانامه: mohamadnorani1368@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۷/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷

واژه‌های کلیدی:
تنوع ژنتیکی
صفات جوانه زنی
تجزیه خوشه‌ای
پارامترهای ژنتیکی
وراثت پذیری

چکیده

به‌منظور بررسی ارتباط فنوتیپی و ژنوتیپی میان ویژگی‌های موثر در مرحله جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی، ۱۹ ژنوتیپ گندم نان در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از نظر صفات درصد جوانه‌زنی (GP)، طول کلئوپتیل (KL)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)، ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG)، میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) و شاخص بنیه بذر (SV) در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی مشاهده شد که نشان‌دهنده وجود تنوع ژنتیکی قابل توجه و امکان انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی است. بر اساس بای پلات به‌دست آمده در آزمون جوانه زنی نیز ژنوتیپ شماره ۱۶ در گروه A قرار گرفت. رابطه ژنتیکی مثبت و معنی‌داری میان صفات SV، AVG، GP و RL مشاهده شد که با نتایج نمودار GT-biplot مطابقت کامل داشت. وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالا برای AVG، GP و SV مشاهده گردید که این موضوع می‌تواند حاکی از عمل افزایشی ژن‌ها باشد. بر این اساس روش اصلاحی انتخاب برای صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی موثر است. به منظور دسته‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward استفاده شد. که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش اعمال شده و نرمال (شاهد) در سه گروه قرار گرفتند.

استناد: مروتی، زهرا؛ نورانی، محمد. (۱۴۰۲). ارزیابی پارامترهای ژنتیکی برخی از ژنوتیپ‌های گندم نان تحت تاثیر تیمار پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ و استفاده از Gt-Bipiot. *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۱)، ۵۰-۳۴.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

غلات از خانواده گندمیان عنوان مهمترین گیاهان زراعی را دارا می‌باشند و گندم نان به علت دارا بودن نشاسته و پروتئین خوب نسبت به سایر غلات برتری دارد (Tabatabai et al., 2018). گندم نان که بالاترین سطح زیرکشت (بیش از ۲۵۰ میلیون هکتار) را در بین غلات به خود اختصاص داده است، به شدت تحت تاثیر تنش‌های محیطی از جمله خشکی قرار دارد (Mahmoudi et al., 2022). همچنین بخش اعظم اراضی زیر کشت گندم به مناطق خشک و نیمه خشک محدود می‌گردد (Eftekhari et al., 2017). از مهمترین عوامل استرس‌زای غیر زنده که سبب محدودیت تولیدات گیاهی می‌شود می‌توان به خشکی اشاره کرد. وقوع تنش خشکی در مرحله جوانه زنی می‌تواند درصد سبز شدن و در نهایت استقرار گیاه را بشدت کاهش داده و یا حتی در بعضی از موارد کاملا مانع سبز شدن و استقرار گیاهچه گردد (Yan, 2015). از مهمترین مراحل رشد در گیاهان مرحله جوانه زنی و سبز شدن را می‌توان نام برد. از این جهت قدرت جوانه زنی بالا در بذر تحت شرایط مختلف محیطی، احتمالا نقش بسیار موثری در استقرار بهتر و حصول تراکم مطلوب گیاه در واحد سطح را دارا می‌باشد (Darvizheh et al., 2018). ازطرفی تنش ناشی از کمبود آب در گندم باعث کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود (Gholamin and Khayatnezhad, 2010). ویلنبورگ و همکاران (Willenborg et al., 2005) گزارش نمودند که بذور ژنوتیپ‌هایی که در مرحله جوانه زنی و گیاهچه تحمل به تنش آبی بالاتری دارند، در مراحل بعدی نیز تحمل بالاتری را دارا می‌باشند. بنابراین مرحله جوانه زنی و رشد در مراحل اولیه پیداش گیاهچه نسبت به تنش خشکی حساسیت بیشتری داشته و از نظر صفت تراکم گیاهچه در واحد سطح تحت مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارد (Badeleh et al., 2015). گزانچیان و همکاران (2006) اظهار نمودند که تنش خشکی درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و رشد گیاهچه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و افزایش سرعت جوانه زنی، استقرار و گسترش سریع ریشه و همچنین استفاده بهینه از رطوبت موجود در خاک از شاخص‌های موثر در ایجاد مقاومت به تنش خشکی در زمان جوانه زنی می‌باشد. صفاتی نظیر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول کلئوپتیل نقش موثری در رشد گیاه دارند، بعنوان صفات شاخص در ارزیابی تحمل به تنش خشکی شناخته شده‌اند (Pan et al., 2002). شهبازی و همکاران (۲۰۱۶)در تحقیقی نشان داده است که تنش خشکی بیش از هر صفتی، صفت ساقه‌چه را تحت تاثیر قرار می‌دهد به‌گونه‌ای که با افزایش خشکی میزان رشد ساقه‌چه به شدت کاهش می‌یابد. عوامل متنوع ژنتیکی و محیطی (نظیر طول روز، دسترسی به آب، درجه حرارت و مقدار جذب مواد غذایی) به‌شدت جوانه زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Darvizheh et al., 2018). از طرفی پتانسیل جوانه زنی احتمالاً یک صفت کمی است و کنترل پلی ژنیک دارد. لذا مرحله جوانه زنی دارای پیچیدگی بسیاری است که این پیچیدگی تحت تاثیر عوامل متنوع ژنتیکی، فیزیولوژیکی و محیطی قرار دارد (Ghaffari Moghaddam et al., 2019). بااین‌وجود محققین کمتر به لزوم مطالعه فاکتورهای موثر در مراحل جوانه زنی بذر و استقرار اولیه گیاهچه تحت شرایط تنش خشکی توجه نموده‌اند. لذا بررسی عوامل ژنتیکی موثر در این صفات، برای بهنژادگران در برنامه‌های بهنژادی مرتبط با تنش خشکی از اهمیت به سزائی برخوردار است (Ghaffari Moghaddam et al., 2019). پژوهش حاضر به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و فنوتیپی، بررسی روابط ژنتیکی و فنوتیپی صفات موثر در مرحله جوانه زنی (تحت شرایط تنش

خشکی و شرایط نرمال)، بررسی پارامترهای ژنتیکی صفات مورد مطالعه و همچنین ارائه روش اصلاحی مناسب انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایشی در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در آزمایشگاه گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه، روی ۱۹ ژنوتیپ (جدول۱) گندم نان (تهیه شده از موسسه اصلاح نهال و بذر کرج) به منظور بررسی تنوع ژنتیکی در شرایط تنش خشکی و بدون تنش در مرحله جوانه زنی مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۱- اسامی و شماره ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی

code	Number	code	Number
1	wc-47456	11	wc-47341
2	Pishtaz	12	wc-4931
3	wc-4566	13	wc-5053
4	wc-46697-II	14	wc-47619
5	wc-47367	15	wc-47360
6	wc-4780	16	wc-47628
7	wc-47636	17	wc-4640
8	wc-47381	18	wc-4823
9	wc-4584	19	wc-5047
10	wc-4530		

جهت ایجاد پتانسیل اسمزی و اعمال تنش خشکی درطی مراحل جوانه زنی در سطح خشکی ۷- بار از محلول پلی اتیلن گلیکول 6000 (PEG) با استفاده از روش میشل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973) استفاده گردید. همچنین جهت اعمال پتانسیل اسمزی صفر بار (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. جهت شستشو و ضد عفونی بذور از آب مقطر، الکل ۳٪ به مدت ۱ دقیقه، هیپوکلرید ۱٪ به مدت ۳ دقیقه و قارچکش مانکوزینب ۲ در هزار استفاده شد. ازطرفی پیش از شروع آزمایش کاغذهای صافی، پتری دیش‌ها و محلول‌های مورد نیاز استریل شدند. و در مرحله بعد در زیر هود لامینار و تحت شرایط استریل در داخل هر ظرف پتری دیش یک عدد کاغذ صافی واتمن و سپس بر روی آن نیز ۲۰ بذر سالم گذاشته شد. درنهایت ۱۵ میلی لیتر از محلول‌های استریل آماده شده روی بذور کشت شده ریخته شد، سپس پتری دیش‌ها را درون اتاقک رشد در دمای تنظیم شده ۲±۲٤ درجه سانتیگراد برای مدت زمان ۱۲ روز نگهداری شد. ازطرفی خروج ریشه‌چه از بذور (به اندازه ۲ میلیمتر یا بیشتر) به عنوان زمان جوانه زنی مدنظر قرار گرفته شد (Willenborg *et al*., 2005). شمارش بذور جوانه زده از روز دوم شروع گردید و هر ٢٤ ساعت یکبار در ساعت معینی از روز انجام شد. در پایان آزمایش صفات طول ریشه‌چه (RL)، طول ساقه‌چه (SL)، طول کلئوپتیل (KL)، تعداد ریشه بذری (RN)، وزن ترگیاهچه (SFW)، وزن‌خشک گیاهچه (SDW)، میانگین سرعت جوانه‌زنی (AVG)، درصدجوانه زنی (GP)، میانگین زمان جوانه‌زنی (MGT)، شاخص بنیه بذر (SV) و ضریب سرعت جوانه‌زنی (CVG) با استفاده از روابط ارائه شده توسط ستار و همکاران (۲۰۱۹) و درویژه و همکاران (۲۰۱۸) اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس و ارزیابی تنوع ژنتیکی به ترتیب با نرم افزار SAS و GGE biplot انجام شد.

همچنین برای ارزیابی تنوع ژنتیکی و محاسبه پارامترهای ژنتیکی به روش تجزیه اجزاء واریانس از نرم‌افزار SAS با بهره‌گیری از روابط ارائه شده توسط فرشادفر و همکاران (2013) توسط نرم افزار Microsoft Excel انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تنوع فنوتیپی میان ژنوتیپ‌ها: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اختلاف معنی‌داری میان ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش اعمال شده برای درصد جوانه زنی (GP)، طول کلئوپتیل (KL)، وزن ترگیاهچه (SFW)، وزن‌خشک گیاهچه (SDW)، ضریب سرعت جوانه زنی (CVG)، میانگین زمان جوانه زنی (MGT) میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) و شاخص بنیه بذر (SV) وجود داشت. همچنین بررسی تجزیه واریانس (جدول ۳) در شرایط نرمال (شاهد) برای تمام صفات مورد مطالعه جز صفات وزن‌تر و خشک گیاهچه اختلاف معنی‌داری نشان داد. که این نتایج نشان دهنده وجود تنوع کافی میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود.

جدول ۲- خلاصه تجزیه واریانس در شرایط تنش برای صفات مرحله جوانه زنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	SL	RL	RN	KL	SFW	SDW	GP	MGT	AVG	CVG	SV
تیمار	۱۸	۱۸/۲۱	۵۱/۱۶	۷۶/۰	۳/۰۴*	۱۵۱/۶۵۹	۳۷/۰۲**	۱۱۵/۰۶**	۷۶/۱**	۱۲/۱**	۰۰/۱۰**	۱۸۰۶۵۷۵/۳**
خطا	۳۸	۰۷/۰۶	۷/۴۷	۰۶/۰	۱/۴۷	۰۰/۶۵۷	۳/۵۳	۵۴/۳۵	۳۶/۰	۰۲/۰	۰۰/۰۰۳	۱۸۰۶۵۰۸/۳
ضریب تغییرات٪	-	۵۱/۴۴	۶۰/۵۹	۸۳/۷۱	۷۴/۲	۰۰/۳۳	۸۴/۳۸	۱۹/۴۲	۱۰/۸۹	۴۸/۱۹	۵۵/۰۱	۱۳/۸۵

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

SL: طول ساقه چه، RL: طول ریشه چه، KL: طول کلئوپتیل، SFW: وزن تر گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه، GP%: درصد جوانه‌زنی، MGT: میانگین زمان جوانه زنی، AVG: میانگین سرعت جوانه زنی، CVG : ضریب سرعت جوانه زنی،SV: شاخص بنیه بذر.

نتایج حاصل از مقایسات میانگین در شرایط تنش (جدول ٤) دامنه تغییرات وسیع برای ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد نظر نشان داد. حداکثر و حداقل میزان درصد جوانه‌زنی (GP) در ژنوتیپ‌های شماره ١٦ (٧١/٦٦) و شماره ٤ (٥٠/٠٠) مشاهده شد. حداکثر و حداقل مقدار طول ساقه‌چه (SL) در ژنوتیپ‌های شماره ١٦ (١٠/١٦) و شماره ٢ (٢/١٦) است. همچنین حداکثر و حداقل مقدار طول ریشه‌چه (RL) در ژنوتیپ‌های شماره ١٥ (١٦/١٦) و شماره ٦ (٧/٣٣) مشاهده شد. حداکثر و حداقل مقدار تعداد ریشه‌چه (RN) در ژنوتیپ شماره ١٣ (٤/٣٣) و ژنوتیپ‌های شماره ٣، ١٤، ١٧، ١٨ و ١٩ (٣/٠٠) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار طول کلئوپتیل (KL) در ژنوتیپ‌های شماره ١٠ (٩/٥٠) و شماره ١٤ (٥/٠٠) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار وزن‌تر گیاهچه (SFW) در ژنوتیپ‌های شماره ٢ و ١٥ (١٢٢/٣٣) و شماره ٨

(٤٧/٦٧) مشاهده شد. حداکثر و حداقل مقدار وزن‌خشک گیاهچه (SDW) در ژنوتیپ‌های شماره ٣ (٢٨/٨٣٣) و شماره ١٧ (٩/٣٣٣) می‌باشد.

جدول ٣- خلاصه تجزیه واریانس در شرایط نرمال برای صفات مرحله جوانه زنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	SL	RL	RN	KL	SFW	SDW	GP	MGT	AVG	CVG	SV
تیمار	١٨	١٧/٨٥**	٧٥/٧٨**	٥٤/١**	٥٣/١**	٢٤٤/٩٨	٧/٠٨	٨٥/٤٠٦**	٨٦/١**	٤٨/٠**	٠٠/٨**	٨٦/ ٠٤٨ ٧/١**
خطا	٣٨	٠٨/٢٧	٠١/٤٩	٠٣/٨	٠١/٦	١٧٩١/٥٦	٦٦/٧٨	٧٥/٨٤	٠٣/٨	٠٤/٠	٠٠/٠	١٨٤٦٥٧٥٩
ضریب تغییرات٪	-	٨٦/٨١	٥٢/٨١	٤١/٨٥	٣١/٦٠	٤٢/٦٣	٩٦/٠١	٨١/٨٦	٨١/٦٥	٧١/٤٤	٥١/٨٨	٠٨/٦٠

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ٥ و ١ درصد

SL: طول ساقه چه، RL: طول ریشه چه، KL: طول کلئوپتیل،SFW: وزن تر گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه، GP%: درصد جوانه زنی، MGT: میانگین زمان جوانه زنی، AVG: میانگین سرعت جوانه زنی، CVG : ضریب سرعت جوانه زنی،SV: شاخص بنیه بذر.

حداکثر و حداقل مقدار میانگین زمان جوانه زنی (MGT) در ژنوتیپ‌های شماره ٢ (٧/٢٠) و شماره ١٣ (٤/٦٦) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) در ژنوتیپ‌های شماره ١٦ (١/٤٣) و شماره ٦ و ١٧ (٠/٤٤) مشاهده شد. حداکثر و حداقل مقدار ضریب سرعت جوانه زنی (CVG) در ژنوتیپ‌های ١٣ (٠/٢٦) و شماره ٢ (٠/١٤) می‌باشد. همچنین حداکثر و حداقل مقدار بنیه بذر (SV) در ژنوتیپ‌های شماره ١٦ (١٥٩٢/٥٠) و شماره ٦ (١٤٠/٠٠) مشاهده شد. نتایج حاصل از مقایسات میانگین در شرایط نرمال (جدول ٥) نشان داد که، حداکثر و حداقل مقدار درصد جوانه زنی در ژنوتیپ‌های شماره ١٦ (٧٠/٠٠) و شماره ١٧ (٢٠/٠٠٠) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار طول ساقه‌چه در ژنوتیپ‌های شماره ٥ (٢٣/٥٠) و شماره ٦ (٥/٦٦) مشاهده شد. حداکثر و حداقل مقدار طول ریشه‌چه در ژنوتیپ‌های شماره ١١ (١٦/٣٣) و ٦ (٦/٠٠) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار تعداد ریشه‌چه در ژنوتیپ‌های شماره ٢ و ١٠ (٥/٠٠) و شماره‌های ٤، ١١، ١٨ و ١٩ (٣/٠٠) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار طول کلئوپتیل در ژنوتیپ‌های شماره ٨ و ١٠ (٧/٠٠) و شماره ١٦ و ١٩ (٥/٠٠) مشاهده شد. حداکثر و حداقل مقدار وزن‌تر گیاهچه ژنوتیپ‌های شماره ١٤ (٢٤٠/٠٠) و شماره ١٨ (١٢٥/٣٠) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار وزن‌خشک گیاهچه در ژنوتیپ‌های شماره ٩ (٢٣/٠٠) و شماره ١٨ (٩/٥٠) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار میانگین زمان جوانه زنی در ژنوتیپ‌های شماره ١٠ (٥/٥١) و شماره ١١ (٤/٠٨) مشاهده شد. حداکثر و حداقل مقدار میانگین سرعت جوانه زنی در

ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ (۱/۴۰) و شماره ۱۷ (۰/۴۰) می‌باشد. حداکثر و حداقل مقدار ضریب سرعت جوانه زنی در ژنوتیپ‌های ۱۱ (۰/۲۵) و شماره ۱۰ (۰/۱۵) است. همچنین حداکثر و حداقل مقدار بنیه بذر ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ (۲۰۸۰/۰۰) و شماره ٦ (۲۵۹/۲۰) می‌باشد. عبدی و همکاران (۱۳۹۳) بر طبق پژوهشی که بر روی ٤۰ ژنوتیپ گندم نان انجام دادند بیان نمودند که بین ژنوتیپ‌ها و سطوح مختلف تنش خشکی از لحاظ صفات طول ساقه چه، طول ریشه چه، طول کلئوپتیل، سرعت و درصد جوانه زنی، وزن‌خشک و وزن‌تر ریشه‌چه اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت. از طرفی به منظور ارزیابی و شناسایی میزان مقاومت چندین ژنوتیپ گندم نان پژوهشی توسط شایان و همکاران (۲۰۱۸) صورت گرفت، آنها اظهار نمودند که تنش آبی بر سرعت جوانه زنی بیش از درصد جوانه زنی موثر است و در پتانسیل اسمزی منفی‌تر سرعت جوانه‌زنی نسبت به صفت درصد جوانه زنی با شدت بیشتری کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش تنش خشکی، یکنواختی و سرعت جوانه زنی در گندم کاهش می‌یابد (Fateh et al., 2012). برآورد ضرایب همبستگی صفات در شرایط تنش (جدول ٦) نشان داد که، همبستگی فنوتیپی و ژنتیکی مثبت و معنی‌داری بین صفت درصد جوانه زنی (که صفت مهم این آزمایش می‌باشد) و صفات میانگین سرعت جوانه زنی (۰/۹۱، ۰/۹٦) و شاخص بنیه بذر (۰/۸۹، ۰/۹۷) وجود داشت. همچنین صفت درصد جوانه زنی با صفات طول ساقه‌چه (۰/۸۸)، طول ریشه‌چه (۰/٥٦) همبستگی ژنتیکی مثبت معنی‌دار داشت. بین شاخص بنیه بذر با صفات SL (۰/۹۱، ۰/۷۱)، RL (۰/٦٤، ۰/۷۰) و AVG (۰/۹۰، ۰/٦۸) همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. از طرفی بین شاخص بنیه بذر و MGT (-۰/٥۲) همبستگی ژنتیکی منفی معنی‌داری دیده شد. بین SL با صفات RL (۰/۷۳)، SFW (-۰/۷٦)، SDW (۰/٥٥)، MGT (-۰/۹۸) و AVG (۰/۹۰) همبستگی ژنتیکی معنی‌داری دیده شد. از طرفی SL با صفات RL (۰/٥٦) همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌داری داشت. بین صفت RL با MGT (-۰/٥۲)، AVG (۰/٥۷) همبستگی ژنتیکی معنی‌داری وجود داشت. بین صفات SFW و SDW (۰/۹٦، ۰/۸۳) همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی مثبت و معنی‌داری دیده شد. بین صفات SFW و MGT (۰/٥٤) همبستگی ژنتیکی مثبت و معنی‌داری وجود داشت.

ارزیابی تنوع و پارامترهای ژنتیکی و فنوتیپی: برآورد واریانس بعضی از صفات به دلایل گوناگون نظیر اشتباه نمونه برداری، پایین بودن تعداد داده‌ها، استفاده از مدل‌های آماری نادرست یا عدم وجود تنوع کافی منفی می‌شود (Bker, 1986). در این پژوهش نیز، هنگام برآورد پارامترهای ژنتیکی، صفات تعداد ریشه بذری و ضریب سرعت جوانه زنی در شرایط تنش و صفات وزن‌خشک گیاهچه، وزن‌تر گیاهچه و میانگین زمان جوانه زنی در شرایط نرمال چنین موردی مشاهده شد، که به جای واریانس این صفات، عدد صفر منظور شد و هیچ تفسیر خاصی به منظور برآورد تنوع ژنتیکی روی این صفت صورت نگرفت. با توجه به جدول پارامترهای ژنتیکی در شرایط تنش (جدول ۸).

جدول ٤- مقایسه میانگین در شرایط تنش برای صفات مرحله جوانه زنی

	SL	RL	RN	KL	SFW	SDW	%GP	MGT	AVG	CVG	SV
١	٣/٦٦ bcd	١٠/٣٣ abcd	٣/٣٣٣ ab	٦/٣٣٣ bc	٥٢/٦٧ cd	٩/٦٦٧ e	٢٥/٠٠٠ fgh	٥/٥٥٦ bcd	٠/٤٦٦ gh	٠/١٨٣ abc	٣٥٨/٣٠ gh
٢	٢/١٦ d	٩/١٦ bcd	٤/٠٠٠ ab	٦/٠٠٠ bcd	١٢٢/٣٣ a	٢٣/٨٣٢ a	٢٦/٦٦٧ efgh	٧/٢٠٠ a	٠/٥٣٣ efgh	٠/١٤٣ e	٣٠٢/٥٠ gh
٣	٤/٠٠ bcd	٨/٨٣ bc	٣/٠٠٠ b	٦/٨٠٠ bc	١١٢/٦٧ bc	٢٨/٨٣٣ a	٤٠/٠٠٠ bcde	٥/١٥٦ bcd	٠/٨٠٠ bcde	٠/١٩٣ abc	٥١٢/٥٠ bcde
٤	٧/٥٠ abcd	١٣/٨٣ abc	٣/٣٣٣ ab	٧/٣٣٣ abc	١٠١/٠٠ abcd	١٨/١٦٧ abcde	٥٠/٠٠٠ b	٤/٧٣٣ cd	١/٠٠٠ b	٠/٢١٣ a	١٠٦٦/٧٠ b
٥	٦/٦٦ abcd	١٢/٣٣ abcd	٣/٣٣٣ ab	٦/٦٦٧ bc	٨٧/٠٠ abcd	١٨/٠٠٠ abcde	٥١/٦٦٧ b	٥/١٦٣ bcd	١/٠٣٣ b	٠/١٩٣ abc	٩٧٤/٢٠ bc
٦	٣/٣٣ cd	٧/٣٣ d	٣/٣٣٣ ab	٦/٠٠٠ bc	١٠٦/٠٠ abc	١٩/٨٣٣ abcde	٢١/٦٦٧ gh	٧/٠٠٠ a	٠/٤٠٠ h	٠/١٥٠ de	١٤٠/٠٠ h
٧	٨/١٦ abc	١٥/٠٠ ab	٤/٠٠٠ ab	٦/٠٠٠ bc	٩٢/٠٠ abcd	١٥/٥٠٠ bcde	٣٨/٣٣٣ bcdef	٥/٥٧٠ bcd	٠/٧٦٦ bcdef	٠/١٨٠ abcd	٨٩٤/٢٠ bcde
٨	٥/٥٠ abcd	١١/٠٠ abcd	٣/٦٦٦ ab	٧/٨٣٣ab	٤٧/٦٧ d	١٠/٥٠٠ de	٤٦/٦٦٧ bc	٤/٧٢٠ d	٠/٩٠٠ bc	٠/٢١٠ a	٧٤٨/٣٠ bcdef
٩	٧/٦٦ bcd	١٣/٣٣ abc	٣/٦٦٦ ab	٦/٥٠٠ bc	٨٢/٠٠ abcd	٢٠/٨٣٣ abcd	٣٠/٠٠٠ defgh	٥/٤٧٣ bcd	٠/٦٠٠ defgh	٠/١٨٦ abcd	٦٤٧/٥٠ cdefgh
١٠	٥/١٦ abcd	١٤/٣٣ abc	٣/٦٦٦ ab	٩/٥٠٠a	١١٧/٠٠ a	٢٢/١٦٧ abc	٢٥/٠٠٠ fgh	٥/٢٧٦ bcd	٠/٥٠٠ gh	٠/١٩٣ abc	٤٥٨/٠٠ defgh
١١	٦/٦٦ abcd	١٢/٥٠ abc	٣/٣٣٣ ab	٦/١٦٧ bc	١٠٩/٠٠ abc	١٩/٦٦٧ abcde	٤٣/٣٣٣ bcd	٥/٠٣٠ bcd	٠/٨٦٦ bcd	٠/٢٠٣ ab	٩٠٨/٣٠ bcd
١٢	٥/٨٣ abcd	٨/٥٠ cd	٣/٣٣٣ ab	٧/٨٣٣ ab	٨٥/٣٣ abcd	١٥/٥٠٠ bcde	٢٦/٦٦٦ efgh	٤/٩٧٦ bcd	٠/٥٣٣ efgh	٠/٢٠٣ ab	٣٩٤/٢٠ defgh
١٣	٦/١٦ abcd	١٢/١٦ abcd	٤/٣٣٣ a	٧/٦٦٧ abc	٨٧/٦٧ abcd	١٨/٨٣٣ abcde	٤٥/٠٠٠ bc	٤/٦٦٠ d	٠/٩٠٠ bc	٠/٢٦٠ a	٨٥٠/٠٠ bcdef
١٤	٧/٥٠ abcd	١١/٣٣ abcde	٣/٠٠٠ b	٥/٠٠٠ c	٨٤/٦٧ abcd	١٤/٨٣٣ abcde	٣٠/٠٠٠ defgh	٥/١٤٠ bcd	٠/٦٠٠ defgh	٠/١٩٦ abc	٥٥٨/٣٠ bcdefgh
١٥	٧/٠٠ abcd	١٦/١٦٧ a	٣/٣٣٣ ab	٥/٨٣٣ bc	١٢٣/٣٣ a	٢٢/٣٣٣ abc	٣٥/٠٠٠ cdefg	٦/٠٣٣ abc	٠/٧٠٠ cdefg	٠/١٧٠ bcde	٨٣٠/٠٠ bcdef
١٦	١٠/١٦ a	١٢/٨٣ abcd	٤/٠٠٠ ab	٥/٥٠٠ab	٩٦/٠٠ abc	١٩/٣٣٣ abcde	٧١/٦٦٧ a	٥/٠٩٣ bcd	١/٤٣٣ a	٠/١٩٦ abc	١٥٩٢/٥٠ a
١٧	٨/٥٠ abc	١٠/٦٦ abcd	٣/٠٠٠ b	٦/١٦٧ bc	٥٧/٣٣ bcd	٩/٣٣٣ e	٢٠/٠٠٠ g	١٦٦ bcd	٠/٤٠٠ h	٠/١٩٣ abc	٣٨٣/٣٠ efgh
١٨	٩/٠٠ a	١٢/٥٠ abcd	٣/٠٠٠ b	٦/٥٠٠ bc	٦٥/٦٧ abcd	١١/٣٣٣ cde	٤٥/٠٠٠ bc	٥/٣٤٣ bcd	٠/٩٠٠ bc	٠/١٨٦ abcd	٩٦٦/٠٧ bc
١٩	٧/٥٠ abcd	١٣/٠٠ abcd	٣/٠٠٠ b	٦/٣٣٣ bc	٧٢/٣٣ abcd	١٢/١٦٧ cde	٤٦/٦٦٧ bc	٦/١٣٣ ab	٠/٩٣٣ bc	٠/١٦٣ cde	١٩١/٧٠ bc

SL: طول ساقه چه، RL: طول ریشه چه، KL: طول کلئوپتیل، SFW: وزن تر گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه، GP%: درصد جوانه زنی، MGT: میانگین زمان جوانه زنی، AVG: میانگین سرعت جوانه زنی، CVG : ضریب سرعت جوانه زنی،SV: شاخص بنیه بذر.

جدول ۵- مقایسه میانگین در شرایط نرمال برای صفات مرحله جوانه زنی

	SL	RL	RN	KL	SFW	SDW	%GP	MGT	AVG	CVG	SV
۱	۱۶/۵۰ abc	۹/۶۶۷ cde	۴/۳۳ abc	۶/۸۳ ab	۱۷۹/۶۷ abc	۱۳/۰۰ b	۲۸/۳۳ ghi	۵/۴۸ abcde	۰/۵۶ fgh	۰/۱۸ cde	۷۲۶/۵ fgh
۲	۱۴/۶ abcd	۶/۶۶de	۵/۰۰ a	۵/۸۳ abcd	۱۶۷/۶۷ abc	۱۵/۱۶ b	۲۶/۶۶ hi	۶/۲۰ ab	۰/۵۰ gh	۰/۱۶ e	۵۷۸/۳ fgh
۳	۱۵/۵۰ abcd	۱۱/۱۶abcde	۴/۰۰ abcd	۶/۵۰ abcd	۱۶۱/۶۰ abc	۱۲/۱۶ b	۴۵/۰۰ def	۶/۱۵ ab	۰/۹۰ de	۰/۱۶ e	۱۱۹۴/۲ bcdef
٤	۱۸/۶۶ abc	۱۳/۳۳abc	۳/۰۰ d	۶/۳۳ abcd	۱۷۱/۶۰ abc	۱۴/۱۶ b	۵۱/۰۰ bcd	۴/۹۴ bcdefg	۱/۰۳ bcd	۰/۲۰ abcd	۱۶۵۳/۰۰ abc
۵	۲۳/۵۰ a	۷/۵۰cde	۴/۶۶ ab	۶/۸۳ ab	۲۲۵/۰۰ ab	۱۷/۳۳ ab	۴۵/۰۰ def	۵/۳۹ abcdef	۰/۹۰ de	۰/۱۸ bcde	۱۴۰۰/۸ bcde
٦	۵/۶۶ e	۶/۰۰e	۴/۰۰ abcd	۶/۱۶ bc	۱۴۶/۶۷ bc	۱۵/۳۳ b	۲۱/۶۶ i	۵/۶۶ abcd	۰/۴۳ h	۰/۱۸ cde	۲۵۹/۲ h
۷	۱۸/۶۶ abc	۸/۵۰cde	۴/۶۶ ab	۵/۳۳ bc	۱۷۵/۰۰ abc	۱۲/۰۰ b	۴۶/۶۶ cde	۵/۴۷ abcde	۰/۹۳ cde	۰/۱۸ cde	۱۲۶۳/۳ bcde
۸	۱۹/۵۰۰ ab	۱۱/۰۰abcde	۳/۶۶ bcd	۷/۰۰ a	۱۷۳/۳۰ abc	۱۴/۶۶ b	۴۱/۶۶ defg	۴/۳۷ efg	۰/۸۳ def	۰/۲۳ abc	۱۲۷۵/۸ bcde
۹	۱۷/۰۰ abc	۱۲/۶۶abcd	۴/۵۰ ab	۶/۶۶ abc	۱۷۵/۳۰ abc	۲۳/۰۰ a	۲۲/۶۶ ghi	۴/۴۷ defg	۰/۵۶ fgh	۰/۲۳ abc	۹۶۶/۷ cdefg
۱۰	۱۹/۰۰ abcd	۱۲/۳۳ abcde	۵/۰۰ a	۷/۰۰ a	۱۷۸/۰۰ abc	۱۴/۰۰ b	۵۱/۶۶ bcd	۵/۵۱ a	۱/۰۳ abc	۰/۱۵ e	۱۶۰۶/۷ abcd
۱۱	۱۲/۵۰ bcde	۱۶/۳۳a	۳/۰۰ d	۵/۵۰ abcd	۱۷۴/۰۰ abc	۱۲/۵۰ b	۶۱/۶۶ ab	۴/۰۸ g	۱/۲۳ ab	۰/۲۵ a	۱۸۲۱/۷ a
۱۲	۱۸/۰۰ abc	۷/۶۶cde	۴/۰۰ abcd	۶/۰۰ abcd	۲۰۷/۰۰ abc	۱۵/۶۶ ab	۳۶/۶۶ efgh	۵/۸۵ abc	۰/۷۳ fgh	۰/۱۷ ed	۹۳۲/۵ defgh
۱۳	۱۰/۳۳ cde	۱۲/۸۳abcd	۴/۶۶ ab	۵/۸۳ abcd	۱۵۶/۶۷ bc	۱۶/۰۰ ab	۵۳/۳۳ bcd	۴/۱۸ fg	۱/۰۶ bcd	۰/۲۴ ab	۱۱۷۴/۳ bcdef
۱٤	۱۵/۶۶ abcd	۱۵/۸۳ab	۳/۳۳ cd	۶/۶۶ abc	۲۴۰/۰۰ a	۱۵/۵۰ ab	۴۱/۶۶ defg	۴/۸۳ cdefg	۰/۸۳ def	۰/۲۱ abcde	۱۳۰۶/۷ bcde
۱۵	۱۸/۳۳ abc	۱۵/۶۶ab	۳/۶۶ bcd	۵/۵۰ abcd	۱۶۰/۰۰ abc	۱۴/۱۶ b	۴۸/۳۳ bcde	۴/۸۳ cdefg	۵۰/۹۰ de	۰/۲۱ abcde	۱۶۴۳/۳ abc
۱٦	۱۷/۰۰ abc	۱۳/۰۰abc	۳/۳۳ cd	۵/۰۰ d	۱۶۵/۳۰ abc	۱۱/۶۶ b	۷۰/۰۰ a	۵/۴۵ abcde	۱/۴۰ a	۰/۱۸ bcde	۲۰۸۰/۰ a
۱۷	۱۷/۶۶ abc	۱۰/۸۳ abcde	۴/۰۰ abcd	۵/۳۳ bcd	۱۵۱/۶۷ bc	۱۰/۳۳ b	۲۰/۰۰ i	۵/۱۶ bcdefg	۰/۴۰ h	۰/۱۹ abcde	۵۷۰/۰ fgh
۱۸	۱۲/۱۶ bcde	۱۱/۳۳ abcde	۳/۰۰ d	۵/۳۳ bcd	۱۲۵/۰۰ c	۹/۵۰ b	۶۰/۰۰ abc	۵/۰۰ bcdefg	۱/۲۰ abc	۰/۲۰ abcde	۱۳۹۵/۰ bcde
۱۹	۷/۳۳ de	۸/۶۶cde	۳/۰۰ d	۵/۰۰ d	۱۳۵/۳ c	۱۱/۱۶ b	۲۵/۰۰ ih	۴/۵۳ defg	۰/۵۰ gh	۰/۲۳ abcd	۴۰۰/۰ gh

SL: طول ساقه چه، RL: طول ریشه چه، KL: طول کلئوپتیل، SFW: وزن تر گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه، GP%: درصد جوانه زنی، MGT: میانگین زمان جوانه زنی، AVG: میانگین سرعت جوانه زنی، CVG : ضریب سرعت جوانه زنی،SV: شاخص بنیه بذر.

جدول ٦- ماتریس همبستگی فنوتیپی بالا (خارج از قطر ماتریس) و ژنتیکی پایین (خارج از قطر ماتریس) در شرایط تنش برای صفات مرحله جوانه زنی

	GP	SL	RL	RN	KL	SFW	SDW	MGT	AVG	CVG	SV
GP		٠/٣٧	٠/٣٠	٠/١٨	٠/٠١	−٠/١٢	−٠/٠٧	−٠/١٨	٠/٩١**	٠/٢٩	٠/٨٤**
SL	٠/٨٨**		٠/٥٦*	−٠/٠٥	−٠/٢١	−٠/٢٠	−٠/٢٤	−٠/١٣	٠/٣٨	٠/١٤	٠/٧١**
RL	٠/٥٦*	٠/٧٣**		٠/٠٢	−٠/٠٢	−٠/٠٧	−٠/١٥	−٠/٠٦	٠/٣٢	٠/١٦	٠/٧٠**
RN	>>١	>>١	>>١		−٠/٠٣	−٠/٠٣	٠/١٤	−٠/٠١	٠/١٦	٠/٢٨	٠/١٣
KL	−٠/٠٧	−٠/٤٦	−٠/١١	>>١		−٠/٠٠٢	٠/١٤	−٠/٢١	−٠/٠٢	٠/٣٦	−٠/٠٩
SFW	−٠/٠١	−٠/٧٦**	٠/١٥	>>١	−٠/١٩		٠/٨٣**	−٠/٠٢	−٠/١١	٠/٠٩	−٠/٠٩
SDW	٠/١٢	−٠/٥٥*	٠/٠٤	>>١	٠/١٥	٠/٩٦**		٠/٠٥	−٠/٠٧	٠/١	−٠/١٥
MGT	−٠/٤١	−٠/٩٨**	−٠/٥٢*	>>١	−٠/٤٥	٠/٥٤*	٠/٣٣		−٠/٢	−٠/٣٨	−٠/١٤
AVG	٠/٩٦**	٠/٩٠**	٠/٥٧*	>>١	−٠/٠٦	٠/٠١	٠/١٤	−٠/٤٣		٠/٢٧	٠/٨٦**
CVG	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١		٠/٢
SV	٠/٩٧**	٠/٩١**	٠/٦٤**	>>١	−٠/١٨	٠/٠١	٠/٠٦	−٠/٥٢*	٠/٩٠**	>>١	

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ٥ و ١ درصد

SL: طول ساقه چه، RL: طول ریشه چه، KL: طول کلئوپتیل، SFW: وزن تر گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه، GP%: درصد جوانه‌زنی، MGT: میانگین زمان جوانه زنی، AVG: میانگین سرعت جوانه زنی، CVG : ضریب سرعت جوانه زنی،SV: شاخص بنیه بذر.

جدول ٧- ماتریس همبستگی فنوتیپی بالا (خارج از قطر ماتریس) و ژنتیکی پایین (خارج از قطر ماتریس) در شرایط نرمال برای صفات مرحله جوانه زنی

	GP	SL	RL	RN	KL	SFW	SDW	MGT	AVG	CVG	SV
GP		−٠/٠١	٠/٣٥	−٠/٤٩	−٠/٣٨	−٠/٢٦	−٠/٤٣	−٠/٧٥**	٠/٩٨**	٠/٠٩	٠/٨٣**
SL	−٠/٠٤		٠/١	٠/٠٠٥	٠/٢٧	٠/٣٠	٠/٠٣	−٠/١٣	−٠/٠٣	−٠/١٩	٠/٤٥
RL	٠/٦٤**	−٠/٣٣		−٠/٤٣	−٠/١٤	٠/٠١	−٠/١٦	−٠/٩١**	٠/٣٢	٠/٣٧	٠/٥٨*
RN	−٠/٨١**	٠/٠٦	−٠/٩٠**		٠/٠٨	٠/١٢	٠/٠٨	٠/٠٢	−٠/٥٣*	٠/٠٣	−٠/٤٥
KL	−٠/٩٨**	٠/١٨	−٠/٠٧	٠/٣٤		٠/٣٧	٠/٢٢	−٠/٥١*	−٠/٣٧	٠/٢٢	−٠/٢١
SFW	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١		٠/٤٥	−٠/٣	−٠/٢٦	٠/٠٧	−٠/٠٣
SDW	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١		−٠/٥٥*	−٠/٤٤	٠/٠٥	−٠/٢٩
MGT	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١	>>١		−٠/٧١**	−٠/٩٥**	−٠/٥٩*
AVG	٠/٩٨**	−٠/٠٦	٠/٨٠**	−٠/٨١**	−٠/٩٨**	>>١	>>١	>>١		٠/٠٥	٠/٨١**
CVG	−٠/٣٩*	−٠/٩٧**	٠/٨٠**	−٠/٩٨**	−٠/٩٨**	>>١	>>١	>>١	−٠/٣٩		−٠/٠٢
SV	٠/٩٨**	٠/١٨	٠/٦٣**	−٠/٧٩**	−٠/٦٠**	>>١	>>١	>>١	٠/٩٧**	−٠/٣٨	

* و ** به‌ترتیب معنی دار در سطح احتمال ٥ و ١ درصد

SL: طول ساقه چه، RL: طول ریشه چه، KL: طول کلئوپتیل، SFW: وزن تر گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه، GP%: درصد جوانه‌زنی، MGT: میانگین زمان جوانه زنی، AVG: میانگین سرعت جوانه زنی، CVG : ضریب سرعت جوانه زنی،SV: شاخص بنیه بذر.

مقادیر بالای وراثت پذیری عمومی (h^2bs=٠/٧٦)، پیشرفت ژنتیکی (GG =٦٠/٤١) و مقادیر متوسط ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی برای درصد جوانه زنی مشاهده شد که در آن سهم بیشتر ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV= ٣٨/٥٠)، به ضریب تغییرات ژنتیکی (PCV= ٣٣/٦٠) اختصاص داده شده است. همچنین در صفات میانگین سرعت جوانه زنی و شاخص بنیه بذر نیز به ترتیب مقادیر بالای پیشرفت ژنتیکی (٨٩ /٦١، GG =٦٩/٤١) و وراثت پذیری عمومی (٠/ ٧٨، h^2bs =٠/٥٨) مشاهده شد. همچنین در صفات

میانگین سرعت جوانه زنی و شاخص بنیه بذر نیز به ترتیب مقادیر بالای پیشرفت ژنتیکی (۸۹ /۶۱، GG =۶۹/۴۱) و وراثت پذیری عمومی (۰/۷۸، h^2bs=۰/۵۸) مشاهده شد. در صفات طول ساقه چه، طول ریشه‌چه و طول کلئوپتیل به ترتیب مقادیر پایین پیشرفت ژنتیکی (۱۶/۰۵، ۱۱/۷۱، ۱۰/۹۸= GG) و وراثت پذیری عمومی (۰/۱۶، ۰/۲۰، ۰/۲۳= h^2bs) مشاهده شد که در این صفات سهم بیشتر ضریب تغییرات فنوتیپی توسط ضریب تغییرات محیطی توجیه شده بود. در صفات وزن‌تر گیاهچه و وزن‌خشک گیاهچه نیز پیشرفت ژنتیکی (۳۴/۶۸، GG =۳۰/۰۰) و وراثت پذیری عمومی (۰/۳۸، h^2bs=۰/۳۳) متوسطی مشاهده شد.

جدول ۸- برآورد پارامترهای ژنتیکی در شرایط تنش برای صفات مرحله جوانه زنی

Traits	Mean	σ^2G	σ^2p	σ^2e	CovG (GP,i)	Covp (GP,i)	h^2bs	c-h^2bs	PCV	GCV	ECV	GG
GP	37/27	16/07	21/09	50/28	--	--	0/76	--	38/50	33/60	18/80	60/41
SL	6/43	1/57	9/80	8/24	14/03	16/66	0/16	0/84	48/70	19/48	44/64	16/05
RL	11/86	2/24	11/02	8/79	10/56	14/71	0/20	0/72	28/00	12/62	25/00	11/71
RN	3/46	0/00	0/38	0/40	1/07	1/58	0/00	0/67	17/80	----*	18/18	----*
KL	6/69	0/56	2/45	1/89	-0/66	0/18	0/23	-3/59	23/40	11/17	20/57	10/98
SFW	90/04	258	790/5	532/4	-1/36	-47/93	0/33	0/03	31/23	17/84	25/63	30/00
SDW	17/47	16/54	43/21	36/67	6/32	-6/88	0/38	-0/92	37/46	23/29	29/57	34/68
MGT	5/44	0/43	0/81	0/39	-3/40	-2/33	0/52	1/46	16/58	11/99	11/45	17/87
AVG	0/75	0/07	0/08	0/02	3/24	4/20	0/78	0/77	38/71	34/10	18/32	61/89
CVG	0/19	0/00	0/001	0/002	0/06	0/15	0/00	0/44	19/02	----*	22/87	----*
SV	712/6	9879	16277	70485	4027	5010	0/58	0/80	57/73	44/11	37/25	69/41

σ^2G: واریانس ژنتیکی، σ^2e: واریانس محیطی، σ^2p: واریانس فنوتیپی، h^2bs : وراثت پذیری عمومی، PCV: ضریب تغییرات فنوتیپی، GCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی، GG: پیشرفت ژنتیکی، SL: طول ساقه چه، RL: طول ریشه چه، KL: طول کلئوپتیل، SFW: وزن تر گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه، GP%: درصد جوانه زنی، MGT: میانگین زمان جوانه زنی، AVG: میانگین سرعت جوانه زنی، CVG: ضریب سرعت جوانه زنی،SV: شاخص بنیه بذر.

همچنین با توجه به جدول پارامترهای ژنتیکی در شرایط نرمال (جدول ۹) مقادیر بالای وراثت پذیری عمومی (h^2bs =۰/۶۹)، پیشرفت ژنتیکی (۵۲/۳۵= GG) و مقادیر متوسط ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی برای درصد جوانه زنی مشاهده شد که در آن سهم بیشتر ضریب تغییرات فنوتیپی (۳۳/۱۳ =PCV)، به ضریب تغییرات ژنتیکی (۲۷/۶۰=PCV) اختصاص داده شده است. ازطرفی در صفات میانگین سرعت جوانه زنی و شاخص بنیه بذر نیز به ترتیب مقادیر نسبتًا بالای پیشرفت ژنتیکی (۵۳/۳۹، ۳۵/۳۴= GG) و وراثت پذیری عمومی (۰/۶۹، h^2bs =۰/۵۸) مشاهده شد. در صفات طول ساقه چه، طول کلئوپتیل و ضریب سرعت جوانه زنی به ترتیب مقادیر پایین پیشرفت ژنتیکی (۱۶/۸، ۳/۹۷، ۳/۴۵= GG) و وراثت پذیری عمومی (۰/۲۴، ۰/۱۳، ۰/۰۶= h^2bs) مشاهده شد و در این صفات سهم بیشتر ضریب تغییرات فنوتیپی توسط ضریب تغییرات محیطی توجیه شده بود که این نتایج با نتایج حاصل از جدول پارامترهای ژنتیکی در شرایط تنش (جدول ۸) همخوانی داشت. از طرفی در صفت طول ریشه‌چه پیشرفت ژنتیکی (۲۹/۷۹= GG) و وراثت پذیری عمومی (۰/۳۸= h^2bs) متوسطی مشاهده شد که با نتایج حاصل از

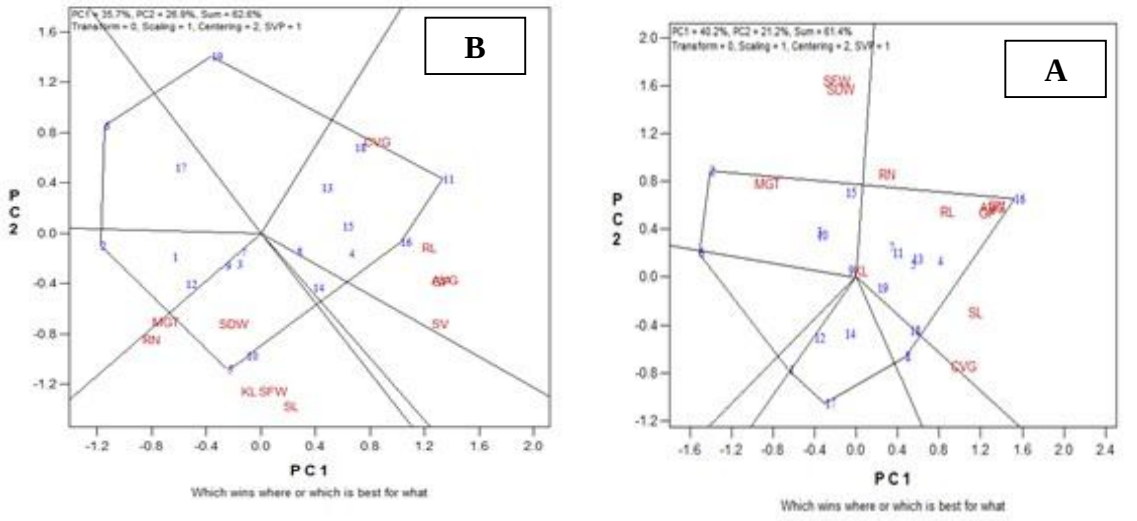
جدول پارامترهای ژنتیکی در شرایط تنش (جدول ۵) مغایرت داشت. در صفت تعداد ریشه بذری نیز پیشرفت ژنتیکی پایین (GG =۱۲/۰٤) و وراثت پذیری عمومی (h^2bs =۰/٤٦) نسبتاً بالایی مشاهده شد. صفاتی که میزان PCV و GCV به هم نزدیکی دارند، دارایی تنوع از نوع ژنتیکی می‌باشند. از طرفی هرچقدر اختلاف میان PCV و GCV بیشتر باشد، تأثیر محیط بر روی این صفات بیشتر است (Khalili and Naghavi, 2018). بنابراین در بین صفات مورد مطالعه صفات درصد جوانه زنی و میانگین سرعت جوانه زنی که میزان PCV و GCV نزدیکی دارند، تنوع مشاهده شده از نوع ژنتیکی است. از طرفی صفاتی چون طول ساقه‌چه و طول کلئوپتیل که بیشترین مقدار اختلاف بین میزان PCV و GCV را دارند. بیشترین میزان تاثیرپذیری از محیط را دارا می‌باشند. از طرفی وراثت پذیری همراه با پیشرفت ژنتیکی در پیش‌بینی اثر انتخاب واریته‌های برتر موثر است (رحمتی و همکاران، ۱۳۹۷). بر این اساس نوع عمل ژن‌ها، میزان وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی صفات مورد مطالعه در انتخاب روش‌های اصلاحی مناسب برای جمعیت‌های مختلف تعیین کننده است (احمدیان و همکاران، ۱۳۹۵). مقادیر بالای پیشرفت ژنتیکی نشان دهنده اثرات افزایشی ژن‌ها و مقادیر پایین آن بیانگر اثرات غیر افزایشی ژن‌ها است (Khalili and Naghavi, 2018). بنابراین در صفات درصد جوانه زنی، میانگین سرعت جوانه زنی و شاخص بنیه بذر که دارای وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالای می‌باشند، توسط اثرات افزایشی ژن‌ها کنترل شده است و انتخاب برای صفات مذکور موثر است (Khalili and Naghavi, 2018). همچنین وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی پایین در صفاتی چون طول ساقه‌چه و طول کلئوپتیل مشاهده می‌شود، که نشان-دهنده اثرات غیر افزایشی ژن‌ها و تأثیر بیشتر محیط است (Khalili and Naghavi, 2018)، که اصلاح از طریق هتروزیس مفید خواهد بود (Farshadfar et al., 2011).

جدول ۹- برآورد پارامترهای ژنتیکی در شرایط نرمال برای صفات مرحله جوانه زنی

Traits	Mean	σ^2G	σ^2p	σ^2e	CovG (GP,i)	Covp (GP,i)	h^2bs	c-h^2bs	PCV	GCV	ECV	GG
GP	42/91	14/02	202/1	61/90	--	--	0/69	--	33/13	27/60	18/34	47/35
SL	15/82	6/88	28/43	21/55	-1/18	-0/78	0/24	1/52	33/69	16/85	29/33	16/80
RL	11/14	6/02	13/95	7/93	18/58	18/32	0/43	1/01	33/52	22/01	25/28	29/79
RN	3/95	0/29	0/63	0/34	-5/14	-5/55	0/46	0/93	20/10	13/63	14/77	12/04
KL	6/00	0/10	0/75	0/65	-3/73	-4/65	0/13	0/80	14/49	5/28	13/49	3/97
SFW	172/6	0/00	1707	1811	-82/22	-151/8	0/00	0/54	23/94	----*	28/65	----*
SDW	14/21	0/00	15/85	16/40	-20/64	-24/38	0/00	0/85	28/02	----*	28/50	----*
MGT	5/24	0/00	0/28	0/42	-6/40	-5/67	0/40	1/13	10/16	----*	12/39	----*
AVG	0/85	0/06	0/08	0/03	2/84	4/05	0/69	0/70	33/86	28/20	18/74	47/39
CVG	0/20	0/0002	0/03	0/002	-0/06	0/06	0/06	-0/94	26/08	66/61	25/23	3/45
SV	11/91	1653250	80335	17085	4674	6258	0/58	0/75	44/46	33/93	28/73	35/34

σ^2G: واریانس ژنتیکی، σ^2e: واریانس محیطی، σ^2p: واریانس فنوتیپی، h^2bs : وراثت پذیری عمومی، PCV: ضریب تغییرات فنوتیپی، GCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی، GG: پیشرفت ژنتیکی، SL: طول ساقه چه، RL: طول ریشه چه، KL: طول کلئوپتیل، SFW: وزن تر گیاهچه، SDW: وزن خشک گیاهچه، GP%: درصد جوانه زنی، MGT: میانگین زمان جوانه زنی، AVG: میانگین سرعت جوانه زنی، CVG: ضریب سرعت جوانه زنی،SV: شاخص بنیه بذر.

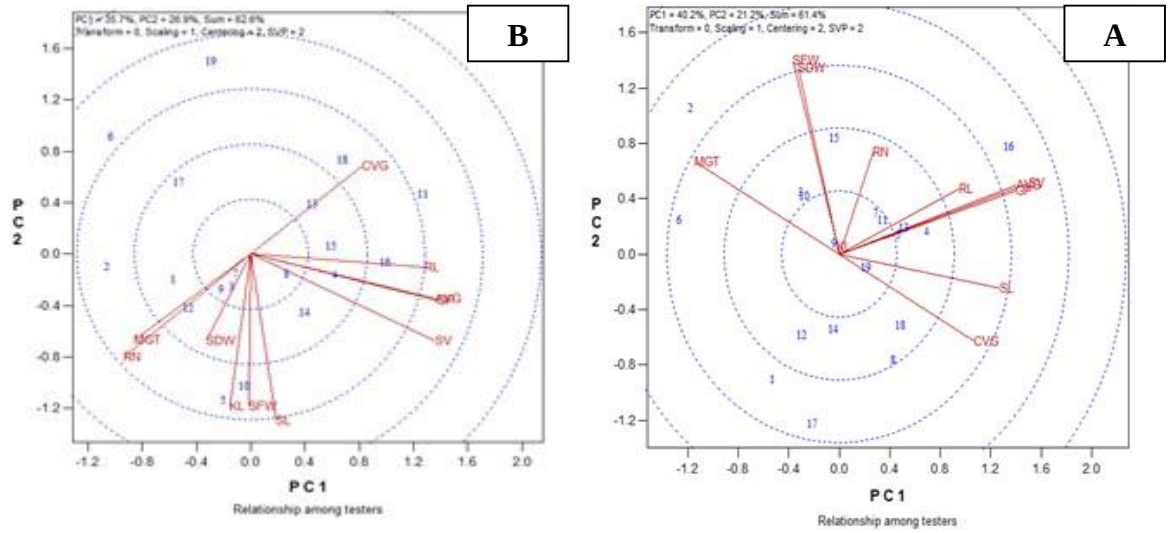
از طرفی در صفت تعداد ریشه بذری که دارای وراثت پذیری نسبتاً بالا به همراه پیشرفت ژنتیکی پایین است اثرات ژن غیر افزایشی است و با وجود بالا بودن وراثت پذیری به علت پایین بودن میزان ضریب تغییرات ژنتیکی اصلاح از طریق انتخاب برای این صفت کارایی لازم را ندارد (Khalili and Naghavi, 2018). ارزیابی تنوع ژنتیکی و فنوتیپی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی بر اساس نتایج حاصل از نمودار GT biplot در شرایط تنش خشکی نشان داد که مؤلفه‌های اصلی اول و دوم به ترتیب ۴۰/۲ و ۲۱/۲ درصد و درمجموع ۶۱/۴ درصد کل تنوع (فنوتیپی) را توجیه می‌کنند. همچنین سهم مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در شرایط نرمال به ترتیب ۳۵/۷ و ۲۶/۹ درصد می‌باشد و در مجموع ۶۲/۶ درصد کل تنوع ژنتیکی و فنوتیپی را توجیه می‌کنند. از نمودار چندضلعی GT biplot به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی و یافتن الگوهای متقابل بین ژنوتیپ‌ها و صفات در شرایط تنش و نرمال استفاده گردید. بررسی نمودار چند ضلعی GT biplot (شکل ۱- A) در شرایط تنش نشان داد که ژنوتیپ‌های ۶، ۲، ۱۶، ۸ و ۱۷ که در رئوس این چندضلعی قرار دارند، ژنوتیپ‌های برتر برای صفات بخش خود می‌باشند. ژنوتیپ شماره ۱۶ برترین ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر صفات بنیه بذر (SV)، درصد جوانه زنی (GP)، میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) و طول ریشه‌چه (RL) بود. ازطرفی ژنوتیپ شماره ۲ نزدیکترین ژنوتیپ به صفت میانگین زمان جوانه زنی (MGT) بود و در بخش مرتبط با ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۸ و ۱۷ هیچ صفتی مشاهده نشد. همچنین نمودار چندضلعی GT biplot (شکل ۱- B) در شرایط نرمال نشان داد که ژنوتیپ‌های ۶، ۱۹، ۱۱، ۱۶، ۵ و ۲ ژنوتیپ‌های برترند. ژنوتیپ شماره ۱۶ بیشترین مقدار را برای طول ریشه‌چه (RL) ، صفات بنیه بذر (SV)، درصد جوانه زنی (GP) و میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) به خود اختصاص داده است که با نتایج حاصل از نمودار چندضلعی در شرایط تنش برای این ژنوتیپ کاملا مطابقت دارد. همچنین ژنوتیپ شماره ۵ برترین ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای صفات طول ساقه‌چه (SL)، طول کلئوپتیل (KL)، وزن‌تر گیاهچه (SFW)، وزن‌خشک گیاهچه (SDW) می‌باشد. از طرفی در بخش مرتبط با ژنوتیپ‌های شماره ۱۹، ۲ و ۶ هیچ صفتی مشاهده نشد. درمجموع ژنوتیپ شماره ۱۶ که بالاترین مقدار از نظر صفات مهمی چون، بنیه بذر (SV)، درصد جوانه زنی (GP) و میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) را داشت و از نظر اکثر صفات مورد بررسی نیز مقادیر بالایی را نشان داد. متحمل‌ترین ژنوتیپ در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های شماره ۶ و ۱۷ کمترین مقادیر درصد جوانه زنی (GP)، میانگین سرعت جوانه زنی (AVG)، بنیه بذر (SV) و وزن‌خشک گیاهچه (SDW) را نشان دادند. به عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها میان دیگر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شناخته شدند. از آنجا که جذب آب در صورت توسعه‌ی بیشتر ریشه‌ها بهتر صورت خواهد گرفت، بنابراین طول ریشه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه از شاخص‌های مهم مقاومت به خشکی در مرحله گیاهچه و به عنوان صفات مناسب برای غربال ژنوتیپ‌ها هستند (Baloch et al., 2012).



شکل ۱- GT-biplot ژنوتیپ – صفات برای محیط تنش خشکی (A)، GT-biplot ژنوتیپ – صفات برای محیط نرمال (B)

از نمایش برداری GT biplot در نشان دادن شدت و جهت روابط بین صفات نیز استفاده می‌شود. همچنین GT biplot در گزینش غیرمستقیم صفات چندژنی مانند عملکرد و یا صفاتی هزینه بری که اندازه‌گیری آنها دشوار است، موثر است (Yan and Tinker, 2005; Yan and Fregeau-Reid, 2008). برای هر صفت در نمایش برداری GT biplot (شکل ۲– A)، بردارهای از مبدأ بای پلات خارج شده که به علائم صفات میرسد. ارتباط بین صفات را از روی زاویه میان بردار هر صفت با بردار صفت دیگر میتوان به‌دست آورد. براساس نمودار GT biplot (شکل ۲– A) در شرایط تنش صفات بنیه بذر (SV)، درصد جوانه زنی (GP) و میانگین سرعت جوانه زنی(AVG) و همچنین صفات وزن ترگیاهچه (SFW) و وزن‌خشک گیاهچه (SDW) به علت دارا بودن بردارهایی مماسی برهم، ارتباط ژنوتیپی و فنوتیپی بسیار بالایی خواهند داشت. از طرفی بردارهای طول ساقه‌چه (SL) و ضریب سرعت جوانه زنی (CVG) که نسبت به هم در یک راستا با زاویه باز قرار دارند ارتباط ژنتیکی و فنوتیپی بین آنها منفی می‌باشد. همچنین میان بردارهای بنیه بذر (SV)، درصد جوانه زنی (GP) و میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) با صفات وزن ترگیاهچه (SFW)، وزن‌خشک گیاهچه (SDW) زاویه ۹۰ درجه‌ای مشاهده می‌شود که حاکی از عدم ارتباط فنوتیپی معنی‌دار بین این صفات است. که در مجموع تمام این نتایج با نتایج حاصل از جدول همبستگی صفات (جدول ٦) مطابقت دارد. از طرفی براساس نمودار GT-biplot (شکل ۲– B) در شرایط نرمال صفات درصد جوانه زنی (GP) و میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) دارای بردارهای مماس به هم بودند که با نتایج حاصل از نمودار GT-biplot (شکل 1– B) در شرایط تنش و جداول همبستگی (٦ و ٧) صفات مطابقت دارد. همچنین بین بردارهای تعداد ریشه بذری (RN) با ضریب سرعت جوانه زنی (CVG) که زاویه ۱۸۰ درجه و هم راستا دیده می‌شود که نشان دهنده همبستگی بالا منفی بین این صفات است که با ضریب همبستگی ژنتیکی (0/98–) میان این صفات در شرایط نرمال همخوانی دارد. همچنین میان بردارهای درصد جوانه زنی (GP) و میانگین سرعت جوانه زنی (AVG) با صفت وزن‌خشک گیاهچه (SDW) زاویه ۹۰ درجه‌ای دیده می‌شود حاکی از عدم ارتباط

فنوتیپی معنی‌دار بین این صفات است که با نتایج حاصل از نمودار GT-biplot (شکل ۲- A) در شرایط تنش و جداول همبستگی ژنتیکی (٦ و ۷) و نمودار GT-biplot (شکل ۲- A) کاملاً مطابقت دارد. در پژوهشی که قلینژاد (۱۳۹۳) روی گندم انجام داد، دیده شد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد جوانه زنی با طول ساقه چه، طول ریشه‌چه و وزن گیاهچه و همچنین بین طول ساقه‌چه با طول ریشه‌چه و وزن گیاهچه وجود داشت که تا حدودی با نتایج حاصل از این پژوهش همخوانی داشت. ازطرفی در پژوهش خلیلی و همکاران (۱۳۹٦) در دو شرایط نرمال و تنش خشکی (اعمال شده به وسیله پلی اتیل گلیگول) که بر روی گندم صورت گرفت، بین درصد جوانه زنی با صفات میانگین سرعت جوانه زنی و بنیه بذر همبستگی مثبت و معنی‌داری دیده شد که کاملاً با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت دارد.



شکل ۲- GT-biplot ارتباط بین صفات جوانه‌زنی محیط تنش خشکی (A)، GT-biplot ارتباط بین صفات جوانه‌زنی برای محیط نرمال (B)

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی بر طبق نتایج حاصل از این پژوهش برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر اکثر ویژگی‌ها، تنوع قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد. همچنین ژنوتیپ wc-47628 و دو ژنوتیپ wc-4640 و Pishtaz (شاهد) به‌ترتیب حداکثر و حداقل مقادیر درصد جوانه‌زنی، میانگین سرعت جوانه زنی، بنیه بذر را داشتند، به ترتیب به‌عنوان متحمل‌ترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی شناسایی شدند که با نتایج بای‌پلات حاصل از شاخص استرس جوانه زنی(GSI) و درصد جوانه زنی در شرایط تنش و نرمال همخوانی داشت. از طرفی ارتباط ژنتیکی و فنوتیپی مثبت بالا بین درصد جوانه زنی با میانگین سرعت جوانه زنی و شاخص بنیه بذر مشاهده شد. همچنین در این صفات (درصد جوانه زنی، میانگین سرعت جوانه زنی و شاخص بنیه بذر) مقادیر بالای وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی مشاهده گردید که نشان‌دهنده اثرات افزایشی ژن‌ها و مطلوب بودن انتخاب در این صفات است. ویژگی‌های طول ساقه‌چه و طول کلئوپتیل نیز دارای وراثت پذیری و پیشرفت ژنتیکی پایینی بودند که حاکی از اثرات غیر افزایشی ژن‌های آنهاست. درنتیجه، اصلاح از طریق

انتخاب برای این صفات مناسب نیست. در نهایت ازآنجایی که گندم نان در سطح تنش خشکی اعمال شده ۷- بار همچنان میزان جوانه زنی قابل قبولی از خود نشان داد، می‌توان استنباط کرد که گندم نان یکی از گیاهان مناسب برای کشت در مناطق نیمه خشک می‌باشد. ازطرفی نتایج حاصل از بای پلات رتبه بندی ژنوتیپ‌ها برای معرفی ژنوتیپ ایده‌آل، نشان دادکه ژنوتیپ‌های شماره ۱۶ و ۱۷ به‌ترتیب به‌عنوان بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها تحت تنش اعمال شده و همچنین ژنوتیپ‌های ۱۰ و ۱۹ به‌ترتیب به‌عنوان بهترین و ضعیف‌ترین ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال بودند که این برآورد با نتایج حاصل از تجزیه‌ی خوشه‌ای و جدول مقایسه‌ی میانگین مطابقت زیادی داشت.

References

Baloch, M.J., J. Dunwell, A.A. Khakwani, M. Dennett, W.A. Jatoi and S.A. Channa. 2012. Assessment of wheat cultivars for drought tolerance via osmotic stress imposed at early seedling growth stages. Journal of Agricultural Research, 50: 299-310. (Available at http://centaur.reading.ac.uk/29436/).

Badeleh, K., Aghighi Shahverdi, M., & Omidi, H. (2015). Effect of Seed Priming on Cucurbita pepo Germination under Drought Stress [Research]. *Iranian Journal of Seed Research*, *1*(2), 125-135. https://doi.org/10.29252/yujs.1.2.125

Bker, R.J. 1986. Selection Indices in Plant Breeding. CRC Publishing. 218p.

Farshadfar, E. 2011. New Topics in Biomedical Genetics. Kermanshah Islamic Azad University Press.

Darvizheh, H., Zahedi, M ,.Abbaszadeh, B., & Razmjoo, J. (2018). Effects of Foliar Application of Salicylic Acid and Spermine on Maternal Plant under Drought Stress on Germination Indices of Purple Coneflower (*Echinacea purpurea*) [Research]. Iranian Journal of Seed Research, 5 .۱۹-۱ ,(۱)https://doi.org/10.29252/yujs.5.1.1

Eftekhari, A., Baghizadeh, A., Abdoshahi, R., & Yaghoubi, M. M. (2017). Estimation of Genes Effect and Combining Ability of Agronomic Traits in Some Bread Wheat Varieties under Drought Stress [Research]. Journal of Crop Breeding, 9(22), 98-108. https://doi.org/10.29252/jcb.9.22.98

Farshadfar, E., Romena, H. and Safari, H. 2013. Evaluation of variability and genetic parameters in agrophysiological traits of wheat under rain-fed condition. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5 (9): 1015-.1201

Fateh, E., Jiriaii, M., Shahbazi, S. and Jashni, R. 2012. Effect of salicylic acid and seed weight on germination of wheat (CV. BC ROSHAN) under different levels of osmotic stress. European Journal of Experimental Biology 5: 1680-.4861

Gazanchian, A., N A. Khosh Kholgh Sima, M A. Malboobi and E. Majidi Heravan. 2006. Relationships between Emergence and Soil Water Content for Perennial Cool-Season Grasses Native to Iran. Crop Science. 46: 544-553.

Gholamin, R. and M. Khayatnezhad. 2010. Effects of polyethylene glycol and NaCl stress on two cultivars of wheat (*Triticum durum* L.) at germination and early seeding stages. AmericanEurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 9: 86-90.

Ghaffari Moghaddam, S., Sabouri, H., Gholizadeh, A., & Fallahi, H. A. (2019). Genetic Structure of barley germination components under Normal conditions and Salinity Stress. Iranian Journal of Plant Biology, 11(3), 79-94 .

Gholinezhad, E. (2014). The Effects of Salinity Stress on Related germination traits of wheat genotypes. Journal of Plant Research (Iranian journal of biology), 27(2), 276-287 .

Khalili, M. and Naghavi, M. R. 2018. Evaluation of Genetic Diversity of Spring Wheat Cultivars for Physiological and Agronomic Traits under Drought Stress. Journal of Crop Breeding. 10 (25): 138-151.

Mahmoudi, R., Ahmadi, A., & Abbasi ,A. (2022). Value and contribution of assimlate remobilization in grain production of wheat cultivars under terminal drought stress. Iranian Journal of Field Crop Science, 53(2), 235-248 .

Michel, B. E. and Kaufman, M. R. 1973. The osmotic potential of poly ethylene glycol 6000. Plant physiology. 51:914-916.

Pan, X. Y., Y. F. Wang, G. X. Wang, Q. D. Cao, and J. Wang. 2002. Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. Acta Phytoecol. Sinica. 26: 177-184.

Sattar, A., Cheema, M. A., Sher, A., Ijaz, M., Ul-Allah, S., Nawaz ,A., . . . Ali, Q. (2019). Physiological and biochemical attributes of bread wheat (Triticum aestivum L.) seedlings are influenced by foliar application of silicon and selenium under water deficit. *Acta Physiologiae Plantarum*, *41*, 1-11 .

shahbazi, h., arzani, a., & esmaelzadeh moghadm, M. (2016). Effects of Drought Stress on Physiological Characteristics in Wheat Recombinant Inbred Lines [Research]. *Plant Process and Function*, *5*(15), 123-132. http://jispp.iut.ac.ir/article-1-111-fa.html

Shayan, S., Moghaddam Vahed, M., Norouzi, M., Mohammadi, A., Tourchi, M., & Molaei, B. (2018). Inheritance of Agronomical and Physiological Traits in the Progeny of Moghan3 and Arg Bread Wheat Varieties Cross [Research]. *Plant Genetic Researches*, *4*(2), 43-60. https://doi.org/10.29252/pgr.4.2.43

Tabatabai, S., Solouki, M., Fakhery, B., Ismail-Zadeh Moghadam, M., & Mehdinezhad, N. (2018). Linkage mapping of Bread Wheat Quality Characteristics in Bread Wheat under Drought Stress [Applicable]. Modern Genetics Journal, 13. (2)292-281. http://mg.genetics.ir/article-1-64-fa.html

Willenborg, C. J., Wildeman, J. C., Miller, A. K., Rossnagel, B. G. and Shirtliffe. S. J. 2005. Oat germination characteristics differ among genotypes, seed size and osmotic potentials. Crop Science. 45, 2023-2029.

Yan, M. 2015. Seed priming stimulate germination and early seedling growth of Chinese cabbage under drought stress. South African Journal Botany, 99:88-92.

Yan, W. and Fregeau-Reid, J. 2008. Breeding line selection based on multiple traits. Crop Science. 48 (2): 417423.

Yan, W. and Tinker, N. 2005. An intergraded analysis system for displaying, interpreting, and exploring genotype×environment interaction. Crop Science. 45: 1004-1016