Plant Prod., 2023, 46(1), 65-78
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2022.39617.2003
Received: 17 January 2022
Accepted: 25 June 2022

Plant Productions
Research Article

Evaluation of phenotypic diversity of cumulative growing degree-days (GDD) and grain yield in spring wheat cultivars under optimal and zinc deficiency conditions

Nasrin Valipour[1], Hadi Alipour[2]*, Reza Darvishzadeh[3]

1. M.Sc. Candidate, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran.
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran.
3. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Urmia University, Urmia, Iran.

Citation: Valipour, N., Alipour, H., & Darvishzadeh, R. (2023). Evaluation of phenotypic diversity of cumulative growing degree-days (GDD) and grain yield in spring wheat cultivars under optimal and zinc deficiency conditions. *Plant Productions,* 46(1), 65-78.

Abstract

Introduction

Bread wheat is the first grain and the most important annual crop in the world. Like other crops, wheat faces many environmental constraints such as a lack of trace elements during its growth period. Zinc deficiency is a common micronutrient disorder in wheat-growing areas of the world. The growing degree-days (GDD) index is reliable compared to the time calendar due to its stability. These indices are important for comparing genotypes whose physiological developmental stages do not match. Temperature is an important meteorological variable in the study of plant growth and development processes and therefore its study on short time scales leads to a more accurate estimate of thermal need due to the relatively wide range of temperature changes in different phenological stages, setting the planting date. Studying the effect of temperature on wheat genotypes should be based on sufficient time and temperature to complete the phenological stages in which grain yield components are formed.

Materials and Methods

To study the phenological stages, cumulative growing degree-days, and grain yield and its components in 64 spring wheat cultivars under optimal and zinc deficiency conditions, a study was conducted in the 2019-2020 cropping season based on a simple lattice design in the research field of Urmia University, Iran. Phenological stages include the number of days to germination, the number of days to booting, the number of days to pollination, the number of days to physiological maturity, and the grain filling period with their GDDs during the growing season in each pot based on 50% of the samples were determined to have reached the relevant

* **Corresponding Author:** Hadi Alipour
E-mail: ha.alipour@urmia.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

vegetative stage. In addition to phenological stages along with the number of grains per spike, thousand-grain weight, and grain yield were examined.

Results and Discussion

Analysis of variance revealed that there is a statistically significant difference among all cultivars in terms of all studied traits except the number of days to pollination under optimal and zinc deficiency conditions. According to the results of descriptive statistics, grain yield, the number of grains per spike, and thousand-grain weight decreased and phenological traits increased under zinc deficiency conditions compared to optimal conditions. Among phenological traits, not only the number of days to spike showed relatively high variability but also had a significant relationship with grain yield under zinc deficiency based on the results of correlation and regression analyses. The factor analysis showed that under optimal conditions, the first four components explained 87.81 percent of the total variation, so that the contribution of the first to fourth components were 38.38, 21.52, 15.88, and 12.3 percent. Under zinc deficiency stress conditions, the first five components explained 95.68 percent of the total variation, so that the first to fifth components explained 34.62, 18.48, 17.51, 14.66, and 10.40 percent, respectively. Cluster analysis classified all spring wheat cultivars into three and four clusters under optimal and zinc deficiency stress conditions.

Conclusion

Based on the results of cluster analysis under optimal and zinc deficiency stress conditions, Neishabour, Golestan, and Gahar cultivars were identified as desirable and tolerant cultivars that can be used in future breeding programs. The results of cluster analysis were confirmed by results of canonical discriminant function results.

Keywords: Thermal need, Phenological stages, Micronutrient, Biplot, Cluster analysis

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ۴۶(۱)، ۶۵-۷۸
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2022.39617.2003
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

ارزیابی تنوع فنوتیپی درجه-روز رشد تجمعی (GDD) و عملکرد دانه در ارقام گندم بهاره تحت شرایط بهینه و کمبود روی

نسرین ولی‌پور[۱]، هادی علی‌پور[۲]*، رضا درویش زاده[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. دانشیار، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳. استاد، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

چکیده

با توجه به اهمیت عنصر روی در بسیاری از فرآیندهای گیاهی، این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع با استفاده از خصوصیات فنولوژیکی و بررسی اهمیت این صفات با عملکرد دانه در اثر درجه روز رشد (GDD)، در ۶۴ رقم گندم بهاره تحت شرایط بهینه و تنش کمبود عنصر روی، پژوهشی در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در قالب طرح لاتیس ساده در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه انجام شد. مراحل فنولوژیکی شامل تعداد روز تا جوانه‌زنی، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و طول دوره پر شدن دانه به همراه GDD آن‌ها زمانی‌که ۵۰ درصد نمونه‌ها در مرحله نموی مربوطه قابل مشاهده بودند، یادداشت‌برداری شدند. علاوه بر صفات فنولوژیکی تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نیز مورد بررسی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تحت شرایط بهینه و تنش کمبود روی بین ارقام مورد بررسی از نظر تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز صفت تعداد روز تا گرده‌افشانی تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد. براساس نتایج آماره‌های توصیفی تحت شرایط تنش کمبود روی صفات عملکرد، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاهش و صفات فنولوژیک افزایش داشتند. در میان صفات فنولوژیک، نه تنها صفت تعداد روز تا سنبله‌دهی تنوع نسبتاً بالایی داشت، بلکه براساس نتایج همبستگی و رگرسیون ارتباط معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط تنش کمبود روی نشان داد. تجزیه به عامل‌ها نشان داد که در شرایط نرمال چهار عامل اصلی ۸۷/۸۱ درصد از تغییرات کل را تبیین نمودند، به طوری که سهم عامل‌های اول تا چهارم به ترتیب ۳۸/۳۸، ۲۱/۵۲، ۱۵/۸۸ و ۱۲/۰۳ درصد بود. در شرایط تنش کمبود روی پنج عامل اصلی ۹۵/۶۸ درصد از تغییرات کل را توجیه نمودند، به طوری که سهم عامل‌های اول تا پنجم به ترتیب ۳۴/۶۲، ۱۸/۴۸، ۱۷/۵۱، ۱۴/۶۶ و ۱۰/۴۰ بود. تجزیه کلاستر ارقام گندم بهاره مورد مطالعه را در شرایط نرمال و تنش کمبود روی به ترتیب در سه و چهار گروه طبقه‌بندی نمود. براساس نتایج تجزیه کلاستر در شرایط بهینه و تنش کمبود روی، ارقام نیشابور، گلستان و گهر به عنوان ارقام مطلوب و متحمل شناسایی شدند که می‌توانند در برنامه‌های به نژادی آتی مورد استفاده قرار گیرند. نتایج حاصل از گروه‌بندی تجزیه کلاستر براساس نتایج تابع تشخیص کانونیکی مورد تأیید قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: نیاز حرارتی، مراحل فنولوژیکی، عنصر کم‌مصرف، بای‌پلات، تجزیه کلاستر

* **نویسنده مسئول:** هادی علی‌پور
رایانامه: ha.alipour@urmia.ac.ir

© 2023 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقدمه

گندم نان با نام علمی *Triticum aestivum* L. از تیره غلات (Poaceae)، اولین غله و مهمترین گیاه زراعی یک‌ساله دنیا می‌باشد (Halim et al., 2018). سازگاری گندم با شرایط آب و هوایی مختلف، خاک، تنوع محصولات و کیفیت انباری گندم، باعث شده تا این گیاه جز غذای اصلی بیش از یک سوم جهان باشد (Arzani, 2006). همانند سایر گیاهان زراعی، گندم نیز در طول دوره رشد خود با محدودیت‌های محیطی متعددی همچون کمبود عناصر کم‌مصرف مواجه می‌شود (Abdoli and Esfandiari, 2014).

از میان عناصر کم‌مصرف، روی عنصری ضروری برای سیستم‌های زیست‌شناختی است که یکی از وظایف فیزیولوژیک آن شرکت در فرایندهای مرتبط با متابولیسم گیاه می‌باشد (Clemens, 2014). کمبود روی در خاک‌های زیر کشت غلات در دنیا (از جمله ۴۰ درصد از زمین‌های زیر کشت گندم در ایران) نه تنها موجب کاهش عملکرد این گیاهان می‌گردد بلکه باعث کاسته شدن از ارزش غذایی دانه و سرانجام بروز سوء تغذیه می‌شود (Sanchez and Swaminathan, 2005). با توجه به اینکه یکی از ارزشمندترین منابع خوراکی جهت فراهمی عناصر غذایی و از جمله روی برای تغذیه انسان، فراورده‌های کشاورزی و به‌ویژه غلات می‌باشد لذا وجود هر نوع کمبود به خصوص کمبود روی در خاک می‌تواند به تولید فرآورده‌هایی با کیفیت پایین منجر شود (Malakoti, 2011).

عملکرد گیاهان زراعی از جمله گندم تحت تاثیر سه مؤلفه پتانسیل ژنتیکی، شرایط اقلیمی و مدیریت‌های زراعی می باشد. برای رسیدن به موفقیت در عملکرد بالا در ارقام گندم مستلزم ایجاد شرایط محیطی بهینه ازجمله رعایت تاریخ کاشت است. تنظیم تاریخ کاشت مهمترین عامل تعیین‌کننده عملکرد (Musavi et al., 2019) و برای دریافت انرژی حرارتی جهت تکمیل مراحل تکوینی گیاه ضروری است (Naderi, 2013). شاخص درجه روز-رشد در مقایسه با تقویم زمانی به علت پایدار بودن قابل اعتماد بوده و برای مقایسه ژنوتیپ‌هایی که مراحل فیزیولوژیکی نمو آن‌ها بر هم منطبق نیست دارای اهمیت است (Mohammadi et al., 2011). واحد درجه روز رشد رابطه مثبت و معنی‌داری را با عملکرد نشان می‌دهد زیرا درجه روز رشد بیشتر به معنای دوره رشد و پرشدن دانه طولانی‌تر و بنابراین عملکرد بیشتر می‌شود (Hundal et al., 1997). با توجه به دامنه نسبتاً وسیع تغییرات دما در مراحل مختلف فنولوژیکی، تنظیم تاریخ کاشت و مطالعه اثر دما بر ژنوتیپ‌های گندم باید بر اساس زمان و دمای کافی برای تکمیل مراحل فنولوژیکی که اجزاء عملکرد دانه در آن‌ها تشکیل می‌شود، استوار گردد (Naderi, 2013). Sikder (2009) گزارش داد در مقایسه با تاریخ کاشت دیرتر، در تاریخ کاشت نرمال دمای تجمعی در همه مراحل فنولوژیکی بیشتر بود. Wolde et al., (2019) با اشاره به همبستگی بین صفات سنبله گندم با GDD بر اهمیت این شاخص تاکید داشتند. اما Naderi (2013) بیان کرد که همبستگی بین عملکرد دانه گندم با GDD معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین Whittal et al., (2018) در تحقیقی بر روی ۲۰۸ ژنوتیپ گندم زمستانه که نماینده گندم‌های جدید و قدیمی کانادا بود؛ اختلاف معنی‌داری برای GDD مراحل فنولوژیکی گزارش دادند. با توجه به اهمیت عنصر روی در بسیاری از فرآیندهای گیاهی، این پژوهش با هدف ارزیابی تنوع با استفاده از خصوصیات فنولوژیکی و بررسی اهمیت این صفات با عملکرد دانه در اثر درجه روز رشد (GDD)، تحت تاثیر شرایط بهینه و شرایط تنش کمبود روی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر تعداد ۶۴ رقم گندم بهاره (جدول تکمیلی ۱) در قالب طرح لاتیس ساده تحت شرایط بهینه و تنش کمبود روی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه واقع در منطقه نازلو با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ ثانیه و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح دریا مورد بررسی قرار گرفتند. کشت به صورت گلدانی و در ترکیب خاک رس و ماسه با نسبت (۲:۱) تا روی خاک به کمترین میزان خودش برسد. در نهایت بعد آزمایش خاک که میزان روی خاک مورد آزمایش ۰/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم شد. کوددهی و تأمین عناصر ریز مغذی به صورت محلول هوگلند (جدول تکمیلی ۲) انجام گرفت. کشت بذور و کنترل علف هرز به صورت دستی انجام شد. با توجه به اینکه گیاهان در مراحل اولیه رشد قدرت کمی دارند و همچنین جهت جلوگیری از سوختگی ناشی از تجمع مواد غذایی و شوری خاک، مواد مغذی براساس نیاز گیاه و به تدریج به خاک اضافه گردید تا قابل جذب بوده و تامین‌کننده نیاز گیاه باشد و این‌که از شور شدن خاک جلوگیری شود. محلول هوگلند با نسبت‌های ۱/۱۶، ۱/۸، ۱/۴، ۱/۲، ۱ آماده شده که در شرایط بهینه میزان روی برای قدرت یک ۵۰، قدرت یک دوم ۲۵، قدرت یک چهارم ۱۲/۵، قدرت

یک هشتم ۶/۲۵ و قدرت یک شانزدهم ۳/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر و در شرایط تنش کمبود روی برای تمامی قدرت‌ها صفر در نظر گرفته شد. بعد از جوانه‌زنی و آماده‌سازی محلول هوگلند به میزان ۲۰۰ سی‌سی در هر دو شرایط بهینه و تنش کمبود روی به گلدان‌ها اضافه شد. همچنین آبیاری گلدان‌ها به صورت دستی و به میزان ۲۰۰ سی‌سی از آب شهری دو روز یکبار صورت گرفت. مراحل فنولوژیکی گیاه شامل تعداد روز تا جوانه-زنی، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در طی فصل رشد در هر گلدان براساس اینکه ۵۰ درصد نمونه‌ها در مرحله نموی مربوطه قابل مشاهده بودند، تعیین شد. علاوه بر صفات فنولوژیک صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نیز مورد بررسی قرار گرفتند. سپس براساس اطلاعات هواشناسی شهرستان ارومیه مقادیر درجه‌روز رشد و با احتساب حداقل صفر و حداکثر ۲۷ درجه سانتی‌گراد (Musick and Dusek, 1980) به عنوان دماهای حداقل و حداکثر با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

رابطه ۱)
$$GDD = \sum_{1}^{n} \frac{Tmax + Tmin}{2} - Tbase$$

که در این معادله T_{max}: حداکثر دمای روزانه، T_{min}: حداقل دمای روزانه، T_{base}: دمای پایه و n تعداد روزها در یک دوره رویشی می‌باشد.

پس از آزمون نرمال بودن توزیع خطاها با استفاده از PROC UNIVARIATE، با توجه به اینکه در تجزیه طرح لاتیس با رویه PROC LATTICE، طرح لاتیس در مقایسه با طرح بلوک برای صفات مورد بررسی سودمند نبود، بنابراین نتایج تجزیه واریانس در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از رویه PROC GLM در نرم افزار SAS 9.4 انجام و گزارش شد. تجزیه خوشه‌ای با استفاده از پکیج gplots و ترسیم نمودار بای پلات با استفاده از پکیج factoextra در نرم‌افزار R انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ۶۴ رقم گندم بهاره مورد بررسی به غیر از صفت تعداد روز تا گرده افشانی در شرایط تنش کمبود روی، از نظر سایر صفات در هردو شرایط بهینه و تنش کمبود روی تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد (جداول ۱ و ۲). به طور کلی در شرایط تنش کمبود روی در مقایسه با شرایط بهینه، صفات فنولوژیک، درجه روز رشد صفات فنولوژیک و صفات عملکرد و اجزای عملکرد کاهش داشتند.

نتایج حاصل از محاسبه پارامترهای آمار توصیفی (جدول ۳) نشان داد که صفات عملکرد، تعداد روز تا جوانه‌زنی، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله دارای بیشترین ضرایب تنوع در هر دو شرایط بهینه و تنش کمبود روی بودند. مقایسه عدد میانگین صفات در شرایط بهینه و تنش کمبود روی حاکی از بالا بودن عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و طول دوره پر شدن دانه و GDD طول دوره پر شدن در شرایط بهینه نسبت به شرایط تنش کمبود روی بود؛ در حالی که از نظر صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی، تعداد روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا گرده-افشانی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و همچنین GDD این صفات در شرایط بهینه مقادیر کمتری نسبت به شرایط تنش کمبود روی داشتند. به‌طور کلی تنوع قابل ملاحظه‌ای بین ارقام مورد مطالعه از نظر عملکرد و اجزای عملکرد وجود داشت و می‌توان از این تنوع جهت انتخاب ارقام برتر به منظور به‌نژادی و بهبود خصوصیات ارقام در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

Table 1. Analysis of variance corresponding to the degree-day of cumulative growth from planting to some phenological stages and yield traits and some yield components under normal conditions

S.O.V	df	Mean of squares							
		Number of days to germination	Number of days to booting	Number of days to pollination	Number of days to physiological maturity	Grain filling period	Thousand grain weight	Number of grain per spike	Yield
Rep	1	855.94*	269.11^{ns}	2675.46^{ns}	3.64^{ns}	2481.60^{ns}	0.015^{ns}	102.24^{ns}	0.09^{ns}
Cultivar	63	305.47*	6274.61**	36784.44*	1640.63**	4664.9**	68.03**	908.89**	1.14**
Error	63	200.419	2214.86	15179.32	138.38	1842.73	11.25	65.22	0.12
C.V. (%)		17.19	5.14	3.29	0.7	9.2	11.30	12.62	18.12

ns, * and **: not significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

Table 2. Analysis of variance corresponding to the degree-day of cumulative growth from planting to some phenological stages and yield traits and some yield components under zinc deficiency stress conditions

S.O.V	df	Mean of squares							
		Number of days to germination	Number of days to booting	Number of days to pollination	Number of days to physiological maturity	Grain filling period	Thousand grain weight	Number of grain per spike	Yield
Rep	1	458.66^{ns}	1724.31^{ns}	1549.15^{ns}	318.78^{ns}	462.46^{ns}	0.08^{ns}	72.30^{ns}	0.01^{ns}
Cultivar	63	312.19*	4517.85**	2359.67^{ns}	1527.06**	428629**	70.18**	672.87**	0.75**
Error	63	191.22	1304.17	2056.96	304.47	2190.53	16.45	56.09	0.08
C.V. (%)		17.19	3.5	3.6	1.03	10.11	16.04	14.84	22.24

ns, * and **: not significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

Table 3. Descriptive statistics of investigated traits under normal and zinc deficiency stress conditions in wheat cultivars

Traits	Mean		Minimum		Maximum		Range		Variance		Coefficient of Variation		t-test
	Normal	Zinc deficiency stress	Normal	Zinc deficiency stress	Normal	Zinc deficiency stress	Normal	Zinc deficiency stress	Normal	Zinc deficiency stress	Normal	Zinc deficiency stress	
Number of days to germination	20.8	21.2	13	15.5	29	28	16	12.5	11.5	12.3	18.1	17.7	-0.594^{ns}
Growing degree-days to germination	80.05	80.4	41.6	55.8	104.1	102.3	62.5	46.5	153.8	158.8	17.6	17.1	-0.457^{ns}
Number of days to booting	177.5	183.09	171	175.5	185	187	14	11.5	14.6	7.6	1.7	1.1	-9.057**
Growing degree-days to booting	915.4	1014	822.7	897.6	1046	1082	223.3	184.4	2927.8	2241.02	5.1	3.5	-10.5.8**
Number of days to pollination	194	194.3	190	190	198	197	7.5	7	4.7	3.2	1.05	1.2	-0.753^{ns}
Growing degree-days to pollination	1205	1228	1136	1144	1282	1280	146.6	135.6	1776.1	1206	3.2	3.6	-2.960*
Number of days to physiological maturity	216.8	216.9	215	215	219	219	4	4	1.5	1.4	0.24	0.35	-0.448^{ns}
Growing degree-days to physiological maturity	1669	1691	1629	1648	1718	1738	88.6	89.9	778.3	712.2	0.7	1.03	-4.477**
Grain filling period	22.7	22.6	18	18.5	27	27.5	9	9	5.5	5.07	9.5	10.7	0.415^{ns}
Growing degree-days to grain filling period	463.5	462.5	367.8	379	562.2	559.6	183.4	180.6	2251.06	2075.03	9.2	10.1	-0.170^{ns}
Number of grain per spike	29.6	25.2	18.3	12.5	42.8	38.3	24.6	25.8	35.5	35.8	11.3	16.04	4.074**
Thousand grain weight	63.9	50.4	26.6	21.4	110.4	90.3	83.8	68.9	451.09	325.4	12.6	14.8	3.827**
Yield	1.9	1.3	0.55	0.3	3.3	2.5	2.7	2.27	0.57	0.37	18.1	22.2	4.985**

ns, * and **: not significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در هردو شرایط بهینه و تنش کمبود روی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت (جدول ۴). این نتیجه با تحقیق Tavkoli (2011) و Asadnezhad et al., (2015) یعنی همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مطابقت دارد. علاوه بر آن Aycicek and Yildirim (2006) همبستگی مثبت بالایی را بین تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه در گندم دوروم گزارش دادند.

همبستگی عملکرد دانه با صفت تعداد روز تا سنبله‌دهی منفی و معنی‌دار بود. گرچه عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با این صفت تحت شرایط بهینه داشت؛ البته باید توجه کرد که مقدار عددی این همبستگی پایین بوده و معنی‌دار بودن آن ناشی از زیاد بودن ژنوتیپ‌ها بوده و از نظر بیولوژیکی ممکن است ارتباط معنی‌داری بین این صفات وجود نداشته باشد. در حالی که تحت شرایط کمبود روی این صفت همبستگی منفی و غیر معنی‌داری داشت. بین عملکرد دانه با سایر صفات در هر دو شرایط بهینه و تنش کمبود روی هیچ همبستگی مشاهده نشد (جدول ۴).

در شـــرایط بهینه میان تمامی مراحل فنولوژیکی و GDD آن‌هـا بـه‌جز تعداد روز تا رســـیدگی فیزیولوژیک و GDD آن ارتباط مثبت و شـــدیدی وجود داشـــت ولی در شـــرایط تنش کـمـبود روی نیز بین صـــفـات فنولوژیکی و GDD آن‌هـا همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد.

زمانی که تعداد متغییرهای مستقل مؤثر بر صفت وابسته زیاد می‌شود، همبستگی‌ها به تنهایی نمی‌توانند روابط متغییرها را توجیه کنند لذا به منظور بررسی و مطالعه دقیق اثر صفات بر عملکرد دانه تجزیه رگرسیون چندگانه گام به گام انجام شد. در این تجزیه صفت عملکرد دانه به عنوان متغییر وابسته و صفات فنولوژیک و GDD آن‌ها، طول دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله به عنوان صفات مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج رگرسیون چندمتغییره گام به گام نشان داد که تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در هر دو شرایط به ترتیب به عنوان اولین و دومین متغییر وارد مدل شدند. سپس GDD روز تا سنبله‌دهی و روز تا سنبله‌دهی در شرایط تنش کمبود روی وارد مدل شدند (جداول ۵ و ۶). اگر عملکرد دانه را Y و صفات فوق را به ترتیب X1 تا Xn در نظر گرفته شود مدل رگرسیونی تحت شرایط بهینه (رابطه ۲) و شرایط تنش کمبود روی (رابطه ۳) به صورت زیر خواهد بود:

رابطه ۲) $Y= -۱/۶۹+۰/۰۲۷x_۱+۰/۰۶۲x_۲$

رابطه ۳)

$Y= -۱۰/۰۱+۰/۰۲۳x_۱+۰/۰۵۱x_۲-۰/۰۰۵x_۳+۰/۰۷۶x_۴$

نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که در شرایط بهینه در مرحله اول صفت تعداد دانه در سنبله وارد مدل شده و ۰/۷۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرد. در مرحله بعدی صفت وزن هزار دانه وارد مدل رگسیونی عملکرد دانه شده و ۰/۲۲ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود (جدول ۵). تحت شرایط تنش کمبود روی، تعداد دانه در سنبله اولین متغییر وارد شده و ۰/۷۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کرد. در مرحله دوم وزن هزار دانه وارد مدل رگرسیونی شده و ۰/۲۳ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمود. در ادامه صفات GDD روز تا سنبله‌دهی و تعداد روز تا سنبله‌دهی وارد مدل رگرسیونی شدند و به همراه صفات تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در مجموع ۰/۹۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند (جدول ۶).

تجزیه به عامل‌ها به‌طور مؤثر برای درک روابط و ساختار اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیکی گیاهان زراعی به کار گرفته می‌شود (Tosimojarad et al., 2005). در مطالعه همبستگی صفات، ارتباط یک متغییر با متغییر دیگر، بدون در نظر گرفتن نقش دیگر متغییرها بررسی می‌شود. از طریق تجزیه به عامل‌ها می‌توان به‌طور موفقیت‌آمیزی تعداد زیادی متغییر همبسته اولیه را به تعداد کمتری عامل اصلی کاهش داد و همچنین می‌توان رابطه بین صفات را به‌خوبی توجیه کرد (Kaviani et al., 2013).

نتایج تجزیه به عامل سیزده صفت مورد بررسی در ۶۴ رقم گندم تحت شرایط بهینه را در چهار عامل و تحت شرایط تنش کمبود روی را در پنج عامل گروه‌بندی کرد. میزان واریانس هر عامل به صورت درصد بیان شده که نمایانگر اهمیت آن عامل در نشان دادن بخشی از واریانس خصوصیات مورد بررسی می‌باشد. میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغییر می‌باشد که به عامل‌های مشترک مربوط است. هرچه میزان آن بالا باشد نشان‌دهنده دقت بیشتر در برآورد واریانس متغییر مربوطه می‌باشد. در این تجزیه چهار و پنج عامل به ترتیب ۸۷/۸۱ و ۹۵/۶۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تحت شرایط بهینه و تنش کمبود روی توجیه نمودند (جداول ۷ و ۸).

Table 4. Correlation coefficients among investigated traits in wheat cultivars (upper diagonal is related under normal conditions and below diagonal is related under zinc deficiency stress conditions)

Traits	Number of days to germination	Growing degree-days to germination	Number of days to booting	Growing degree-days to booting	Number of days to pollination	Growing degree-days to pollination	Number of days to physiological maturity	Growing degree-days to physiological maturity	Grain filling period	Growing degree-days to grain filling period	Number of grain per spike	Thousand grain weight	yield
Number of days to germination	1	0.94**	-0.19^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.25*	0.25*	0.13 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.14 ^{ns}
Growing degree-days to germination	0.98**	1	-0.15 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.30*	0.30*	0.18 ^{ns}	0.18 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.14 ^{ns}
Number of days to booting	0.37**	0.37**	1	0.99**	0.09 ^{ns}	0.09 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	-0.09 ^{ns}
Growing degree-days to booting	0.38**	0.38**	0.99**	1	0.08 ^{ns}	0.08 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}
Number of days to pollination	0.27*	0.26*	0.52**	0.52**	1	0.99**	-0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.85**	-0.81**	0.16 ^{ns}	-0.32*	-0.12 ^{ns}
Growing degree-days to pollination	0.27*	0.26*	0.53**	0.52**	0.99**	1	-0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.84**	-0.80**	0.16 ^{ns}	-0.31*	-0.12 ^{ns}
Number of days to physiological maturity	0.03 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.14 ^{ns}	1	0.99**	0.63**	0.63**	-0.06 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.01 ^{ns}
Growing degree-days to physiological maturity	0.03 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.99**	1	0.63**	0.63**	-0.06 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.01 ^{ns}
Grain filling period	-0.24 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	-0.37**	-0.36**	-0.85**	-0.85**	0.41**	0.41**	1	0.99**	-0.16 ^{ns}	0.27*	0.09 ^{ns}
Growing degree-days to grain filling period	-0.22 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.33**	-0.34**	-0.81**	-0.81**	0.47**	0.47**	0.99**	1	-0.16 ^{ns}	0.26*	0.08 ^{ns}
Number of grain per spike	-0.14 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.30*	-0.30*	0.30*	-0.30*	-0.01 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.27*	0.26*	1	0.34**	0.73**
Thousand grain weight	-0.05 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.19 ^{ns}	1	0.87**
Yield	-0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.28*	-0.27*	-0.09 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.63**	0.87**	1

ns, * and **: not significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

Table 5. Stepwise regression analysis under normal conditions in wheat cultivars

Step	Traits	A	b_1	b_2	R-square	P-value
1	**Number of grain per spike**	-0.063^{ns}	0.031^{**}		0.76	P<0.0001
2	**Thousand grain weight**	-1.69^{**}	0.062^{**}	0.027^{**}	0.98	P<0.0001

ns, * and **: not significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively. b: Regression coefficients A: Intercept

Table 6. Stepwise regression analysis under zinc deficiency stress conditions in wheat cultivars

Step	Traits	A	b_1	b_2	b_3	b_4	R-square	P-value
1	Number of grain per spike	-0.16^{ns}	0.02^{**}				0.74	P<0.0001
2	Thousand grain weight	-1.17^{**}	0.05^{**}	0.02^{**}			0.97	P<0.0001
3	Growing degree days to booting	-0.53^{*}	-0.0006^{**}	0.05^{**}	0.02^{**}		0.98	P<0.0001
4	Number of days to booting	-10.01^{ns}	0.07^{ns}	-0.005^{*}	0.05^{**}	0.02^{**}	0.98	P<0.0001

ns, * and **: not significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively. b: Regression coefficients A: Intercept

Table 7. Principal's components analysis of studied traits under normal conditions in wheat cultivars

Traits	1	2	3	4	Subscription rate
Number of days to germination	0.544	0.215	0.004	0.799	0.980
Growing degree-days to germination	0.523	0.245	-0.022	0.805	0.982
Number of days to booting	0.725	0.386	-0.218	-0.094	0.731
Growing degree-days to booting	0.731	0.393	-0.205	-0.093	0.740
Number of days to pollination	0.903	0.097	0.234	-0.250	0.942
Growing degree-days to pollination	0.903	0.094	-0.233	-0.252	0.942
Number of days to physiological maturity	-0.046	0.941	-0.111	-0.196	0.937
Growing degree-days to physiological maturity	-0.046	0.940	-0.113	-0.198	0.938
Grain filling period	-0.855	0.413	-0.274	0.125	0.992
Growing degree-days to grain filling period	-0.830	0.470	-0.273	0.108	0.995
Number of grain per spike	-0.449	0.070	0.498	0.159	0.480
Thousand grain weight	-0.099	0.344	0.808	-0.030	0.782
Yield	-0.305	0.296	0.889	0.064	0.975
Eigenvalues	4.989	2.798	2.064	1.564	-
Relative variance	38.380	21.524	15.877	12.032	-
Cumulative variance	38.380	59.904	75.781	87.813	-

1-4: Principals components

Table 8. Principal's components analysis of studied traits under zinc deficiency stress conditions in wheat cultivars

Traits	1	2	3	4	5	Subscription rate
Number of days to germination	0.303	0.720	-0.130	0.087	-0.575	0.967
Growing degree-days to germination	0.349	0.696	-0.132	0.118	-0.573	0.965
Number of days to booting	-0.231	-0.411	0.013	0.853	-0.218	0.998
Growing degree-days to booting	-0.236	-0.421	0.011	0.843	-0.234	0.998
Number of days to pollination	-0.781	0.516	-0.136	0.195	0.236	0.998
Growing degree-days to pollination	-0.775	0.524	-0.139	0.198	0.232	0.987
Number of days to physiological maturity	0.648	0.358	-0.342	0.379	0.434	0.997
Growing degree-days to physiological maturity	0.648	0.358	-0.343	0.379	0.433	0.997
Grain filling period	0.968	-0.226	-0.070	0.043	0.039	0.997
Growing degree-days to grain filling period	0.970	-0.190	-0.095	0.071	0.077	0.997
Number of grain per spike	-0.093	0.287	0.726	0.238	0.282	0.754
Thousand grain weight	0.430	0.135	0.767	0.059	-0.091	0.804
Yield	0.237	0.260	0.917	0.12	0.100	0.989
Eigenvalues	4.501	2.402	2.277	1.906	1.352	-
Relative variance	34.621	18.476	17.513	14.662	10.403	-
Cumulative variance	34.621	53.097	70.611	85.273	95.676	-

1-5: Principals components

تحت شرایط بهینه عامل اول با ۳۸/۳۸ درصد از تغییرات کل عمدتاً شامل صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی، GDD روز تا سنبله‌دهی، تعداد روز تا گرده‌افشانی، GDD روز تا گرده‌افشانی، طول دوره پر شدن دانه و GDD طول دوره پرشدن دانه بود. با توجه به سهم بیشتر صفات فنولوژیک در عامل اول که بیانگر پایان دوره رشد رویشی گیاه می‌باشد می‌توان این مولفه را عامل زیست توده نامید (Shahinnia, 2001). عامل دوم در شرایط بهینه با ۲۱/۵۲ درصد از کل تغییرات را توجیه نمود. عامل دوم شامل صفات تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و GDD روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با بار عاملی مثبت بود که می‌توان این عامل را عامل رسیدگی فیزیولوژیک نامید. عامل سوم صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد به صورت مثبت و قابل توجه را شامل شد که با ۱۵/۸۷ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه می‌کند. عامل چهارم ۱۲/۰۳ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود و صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی و GDD روز تا جوانه‌زنی با بار عاملی مثبت در این عامل گروه بندی شدند.

تحت شرایط تنش کمبود روی، عامل اول ۳۴/۶۲ درصد از تنوع داده‌ها را توجیه نمود و صفات تعداد روز تا گرده‌افشانی، GDD روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، GDD روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پرشدن دانه و GDD طول دوره پرشدن دانه در این عامل گروه بندی شدند. با توجه به سهم بیشتر صفات فنولوژیک در عامل اول می‌توان این عامل را عامل دوره رشد نامید. عامل دوم ۱۸/۴۷ درصد از کل تغییرات را توجیه نمود و صفات تعداد روز تا جوانه‌زنی و GDD روز تا جوانه‌زنی بیشترین بار عاملی مثبت را در عامل دوم داشتند، به‌نحوی که می‌توان آن را عامل جوانه‌زنی نامید. در عامل سوم، صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد با بار عاملی مثبت گروه بندی شدند و ۱۷/۵۱ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمودند. عامل چهارم و پنجم به ترتیب ۱۴/۶۶ و ۱۰/۴۰ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه نمودند.

دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در شرایط بهینه روی (شکل 1A)، ارقام مورد بررسی در سه گروه طبقه‌بندی شدند و نشان داد ارقام گروه اول شامل گلستان، دریا، سیوند، خزر، دیهیم، قدس، اروند، افلاک، شانگهای، اترک، سپاهان، پارسی، افق، توباری، مروارید، پنجامو، کوهدشت، فونگ و زاگرس جز ارقام دیررس و دارای کمترین میزان از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد بودند. ارقام طبقه‌بندی شده در گروه سوم شامل ارقام داراب ۱، بیات، فونتانا، دستجردی، بهار، الوند، سیروند، البرز، نیشابور، مغان ۳، سیستان و اینیا ۶۶ به غیر از چمران، هامون، آرتا، چمران۲، دز و وی‌ناک، با وجود داشتن کمترین مقدار از نظر صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، دارای بالاترین میزان از نظر عملکرد و اجزای عملکرد می‌باشند.

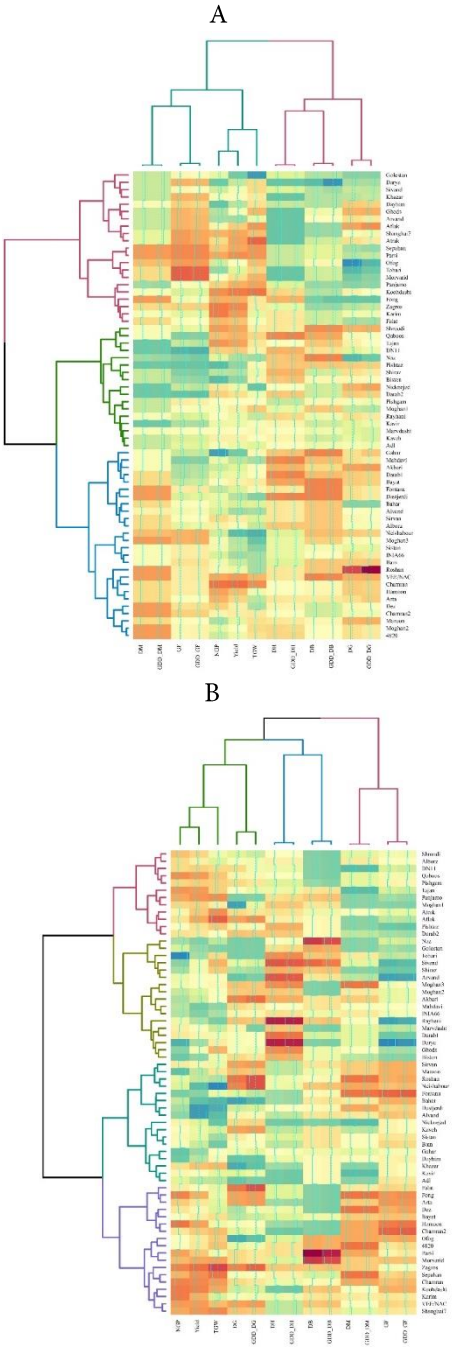

Figure 1. Cluster analysis dendrogram in wheat cultivars on investigated traits in (A) under normal and (B) zinc deficiency conditions

براساس دندروگرام تجزیه خوشه‌ایی در شرایط کمبود روی (شکل 1B)، ارقام در چهار گروه طبقه‌بندی شدند که گروه اول شامل شیرودی، البرز، دی‌ان ۱۱، قابوس، پیشگام، تجن، پنجامو، مغان ۱، اترک، افلاک، پیشتاز و داراب ۲ جز ارقام دیررس و کمترین عملکردو اجزای عملکرد را داشتند. گروه سوم شامل ارقام سیروند، مارون، روشن، نیشابور، فونتانا، بهار، دستجردی، الوند به غیر از نیک‌نژاد، کاوه، سیستان، بم، گهر، دیهیم، خزر، کویر و عدل با داشتن کمترین میزان از نظر صفت روز تا رسیدگی دارای بالاترین عملکرد و اجزای عملکرد بودند. در نتیجه می‌توان این ارقام را به عنوان ارقام مطلوب و زودرس در شرایط کمبود روی معرفی نمود.

به منظور بررسی صحت گروه‌بندی تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده شد که نتایج حاصل از شرایط بهینه و تنش کمبود روی در جدول ۹ آورده شده است. نتایج تابع تشخیص نیز نشان داد که ژنوتیپ‌ها به درستی گروه‌بندی شده و میزان موفقیت تابع تشخیص در تشخیص گروه‌ها زیاد بوده و در شرایط نرمال به‌ترتیب ۸۴/۲، ۸۱/۳ و۰/۹۲ درصد و در شرایط تنش کمبود روی به‌ترتیب ۱۰۰، ۸۸/۲، ۸۱/۳ و ۹۳/۸ درصد از ژنوتیپ‌ها در گروه‌بندی خود به درستی گروه‌بندی شده‌اند (جدول ۹).

با استفاده از روش تجزیه تشخیص کانونیکی نیز می‌توان تنوع صفات را مورد بررسی قرار داد (Liakat et al., 2011). این روش ترکیبی از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و تجزیه همبستگی کانونیکی است (Vaylay and Van Santen, 2002) و مانند تجزیه کلاستر می‌توان از آن برای گروه‌بندی استفاده کرد، با این تفاوت که اندازه‌گیری شباهت به‌طور مستقیم از متغییرهای کانونیکی محاسبه می‌شود (Azizi and Abdollahi Mandoulakani, 2015). ضرایب استاندارد کانونیکی همبستگی ساده بین متغییرهای اصلی و متغییرهای کانونیکی را نشان می‌دهد (Alipour et al., 2017). این ضرایب در جدول ۱۰ ارائه گردیده است. بر طبق نتایج در شرایط بهینه از نظر تابع اول صفات روز تا جوانه‌زنی، روز تا سنبله‌دهی، روز تا گرده‌افشانی و GDD آن‌ها و از نظر تابع دوم صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پر شدن دانه و GDD آن‌ها، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه مقادیر معنی‌داری داشتند. در حالی که در شرایط کمبود روی از نظر تابع اول روز تا جوانه‌زنی و تعداد دانه در سنبله، از نظر تابع دوم صفات روز تا گرده‌افشانی و GDD آن، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، از نظر تابع سوم نیز صفات روزتا رسیدگی فیزیولوژیک و GDD آن و GDD روز تا جوانه‌زنی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بودند.

Table 9. Discriminant analysis (cross-validated) to grouping accuracy of cluster analysis under normal conditions and zinc deficiency stress in wheat cultivars

		Expected membership				Total
	Group	1	2	3	4	
Normal	1	16 (84.2%)	3 (15.8%)	0 (0%)	-	19 (100%)
	2	1 (6.3%)	13 (81.3%)	2 (12.5%)	-	16 (100%)
	3	1 (4%)	1 (4%)	23 (92%)	-	25 (100%)
Zinc deficiency Stress	1	11 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (100%)
	2	1 (5.9%)	15 (82.2%)	1 (5.9%)	0 (0%)	17 (100%)
	3	1 (6.3%)	1 (6.3%)	13 (81.3%)	1 (6.3%)	16 (100%)
	4	0 (0%)	0 (0%)	1 (6.3%)	15 (93.8%)	16 (100%)

Table 10. Canonical structure matrix of investigated traits under normal conditions and zinc deficiency stress in wheat cultivars

Traits	**Normal**		**Zinc deficiency stress**		
	Function 1	Function 2	Function 1	Function 2	Function 3
Number of days to germination	0.358*	-0.80	0.185*	0.019	0.150
Number of days to booting	0.554*	-0.237	-0.281*	0.153	-0.094
Number of days to pollination	0.514*	-0.455	-0.478	0.427*	0.497
Number of days to physiological maturity	0.381	0.782*	0.321	-0.204	0.822*
Grain filling period	-0.277	0.831*	0.673	-0.717*	0.183
Growing degree days to germination	0.376*	-0.064	0.116	0.009	0.189*
Growing degree days to booting	0.578*	-0.222	-0.285*	0.165	-0.105
Growing degree days to pollination	0.513*	-0.456	-0.469	0.609*	0.480
Growing degree days to physiological maturity	0.380	0.782*	0.321	-0.205	0.822*
Growing degree days to grain filling	-0.243	0.861*	0.667	-0.688*	0.287
Number of grains per spike	0.111	0.199*	0.483*	0.374	-0.368
Thousand grain weight	-0.341*	0.141	0.224	0.599*	-0.107
Yield	-0.068	0.239*	0.554	0.736*	-0.390
Eigenvalues	2.495	1.052	3.633	1.415	0.405
Cumulative share٪	70.3	100	66.6	92.6	100
Canonical correlation	0.845**	0.716**	0.886**	0.765**	0.537**

ns, * and **: not significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

صفاتی که از نظر توابع معنی‌دار هستند جز صفاتی هستند که بیشترین تاثیر را در تنوع بین گروه‌ها داشتند. از طرفی دو تابع در شرایط بهینه ۱۰۰ درصد و در شرایط کمبود روی سه تابع ۱۰۰ درصد از تغییرات موجود در داده‌ها را توجیه کردند.

گروه‌بندی بای‌پلات در شرایط بهینه و تنش کمبود روی در شکل 2A و 2B ترسیم شده است. در این تصویر مقادیر میانگین متغییرهای کانونیکی به عنوان مراکز گروه‌ها مشخص شده‌اند. همانطور که مشاهده می‌شود در شرایط نرمال سه گروه و در شرایط کمبود روی چهار گروه مجزا به‌دست آمد. در شرایط نرمال بیشترین فاصله مربوط به گروه‌های اول و سوم و در شرایط کمبود روی بیشترین فاصله مربوط به گروه‌های دوم و چهارم است. بنابراین می‌توان گفت که نتایج تجزیه تشخیص کانونیکی در راستای نتایج تجزیه کلاستر می‌باشد. Arminian et al., (2012) بیان کردند که تابع تشخیص کانونیک در بررسی تنوع ژنتیکی صفات زراعی در گندم بهترین توصیف از تنوع بین ژنوتیپ‌ها داشته و در تفکیک زیرگروه‌ها بهتر از روش‌های تجزیه خوشه‌ای و مولفه‌های اصلی عمل می‌کند. در مطالعات Alipour et al., (2017) و Eticha et al., (2006) برروی گندم مشاهده می‌شود.

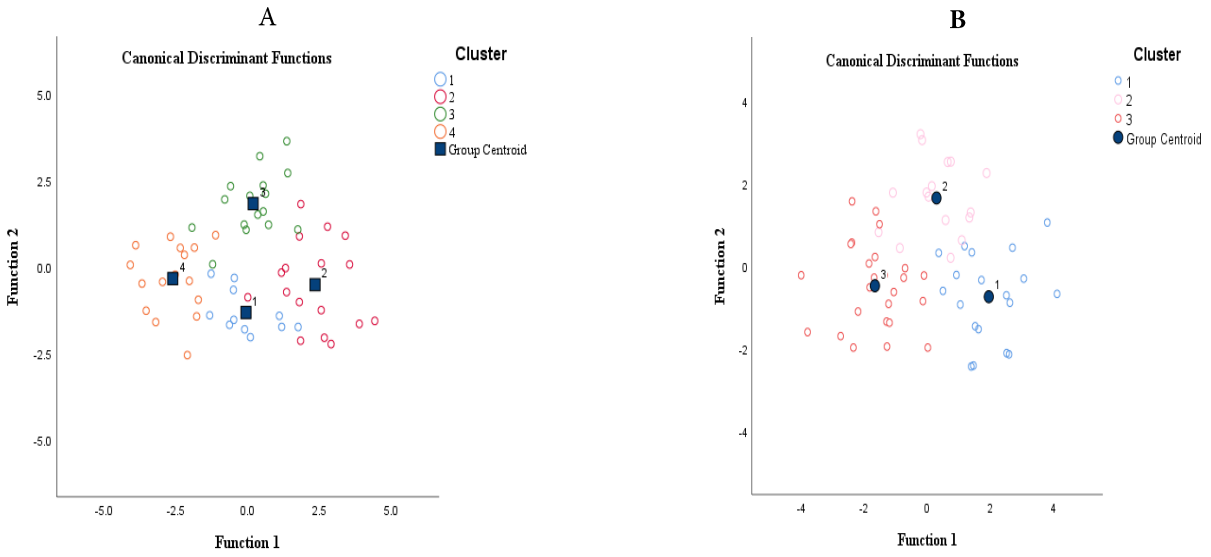

Figure 2. Classification of studied wheat cultivars based on the first two canonical variables in (A) under normal conditions and (B) under zinc stress deficiency condition

نتیجه‌گیری

فرآیند به‌نژادی گندم طی سالیان اخیر در راستای افزایش عملکرد و دوره پرشدن دانه و کوتاه شدن مراحل فنولوژیکی آن‌ها بوده است. نتایج حاکی از آن است که ارقام با عادت‌های رشدی متفاوت از نظر اکثر صفات فنولوژیکی تفاوت آماری معنی‌داری نشان دادند. نتایج همبستگی و رگرسیون نشان داد که GDD بیشتر الزاماً منجر به افزایش عملکرد نمی‌شود. اما در شرایط تنش کمبود روی ارقامی که طول دوره سنبله‌دهی بیشتری داشتند عملکرد بالاتری نشان دادند. بنابراین می‌توان در انتخاب ارقام به صورت مستقیم یا غیرمستقیم گزینش برای افزایش طول دوره سنبله‌دهی در کنار افزایش عملکرد صورت گرفته است.

References

Abdoli, M., & Esfandiari, E. 2014. Effect of zinc foliar application on the quantitative and qualitative yield and seedlings growth characteristics of bread wheat (cv. Kohdasht). *Iranian Journal of Dryland Agriculture*, *3*(1), 77-90. [In Persian]

Alipour, H., Bihamta, M.R., Mohammadi, M., & Peyghmbari, 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 Persian]

Arminian, A., Houshmand, S., & Shiran, B. 2012. Investigating genetic diversity and classification of diverse wheat genotypes using multivariate analysis methods. *Electronic Journal of Crop Production,* 5(4), 105-120. [In Persian]

Arzani, A., 2006. *Crops breeding*. 2nd edition, Sharif University Publication Center.

Asadnezhad, M., Farzaneh, M., & Meskarbashee, M. 2017. Planting data effect on yield and yield components of three wheat cultivars in competitive with wild oat. *Journal the Plant Production,* 40(1), 55-68. [In Persian]

Aycicek, M., & Yildirim, T. 2006. Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, *38*(2), 417-424.

Azizi, H., & Abdollahi Mandoulakani, B. 2015. Assessment of genetic variation in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations using Canonical Discriminant Analysis. *Journal Applied Field Crops Research,* 107(28), 183-189. [In Persian]

Clemens, S. 2014. Zn and Fe biofortification: the right chemical environment for human bioavailability. *Plant Science*, *225*, 52-57.

Eticha, F., Belay, G., & Bekele, E. 2006. Species diversity in wheat landrace populations from two regions of Ethiopia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *53*(2), 387-393.

Halim, G., Emam, Y., & Shakeri, E. 2018. Evaluation of yield, yield components and stress tolerance indices in bread wheat cultivars at post-anthesis irrigation cut-off. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing*, 7(4), 121-134. [In Persian]

Hundal, S.S., Singh, R., & Dhaliwal, L.K. 1997. Agro-climatic indices for predicting phenology of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Punjab. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 67(6), 265-268.

Kaviani, R., Sarbarzeh, M.A., Bihamta, M.R., & Mohammadi, M. 2013. Genetic diversity and factor analysis for agronomical and morphological traits in durum wheat landraces. *Seed and Plant Improvement Journal*, *29*(4), 673-692. [In Persian]

Liakat Ali, M., McClung, A.M., Jia, M.H., Kimball, J.A., McCouch, S.R., & Eizenga, G.C. 2011. A rice diversity panel evaluated for genetic and agro-morphological diversity between subpopulations and its geographic distribution. *Crop Science*, 51(5), 2021-2035.

Malakoti, M.J. 2011. Solution to improve the quality of bread consumption in the country. *Journal of Food Science and Technology,* 8(31), 2-11. [In Persian]

Mohammadi, S., Habibi, D., Kashani, A., Paknejad, F., Bakhshipour, S., & Ardakani, M.R. 2011. Study on physiological indices and agronomical characteristics of different Rice cultivars and plant spacing in West Mazandaran, Iran. *Journal of Crop Ecophysiology,* 5(19), 37-52. [In Persian]

Musavi, S.F., Siahpoosh, M.R., & Sorkheh, K. 2019. Influence of sowing date and terminal heat stress on phonological features and yield components of bread wheat genotypes. *Journal of Plant Productions,* 44(2), 157-170. [In Persian]

Musick, J.T., & Dusek, D.A. 1980. Planting date and water deficit effects on development and yield of irrigated winter wheat 1. *Agronomy Journal*, 72(1), 45-52.

Naderi, A. 2013. The efficiency of heat units and degree-days phonological stages and their relationship with grain yield of wheat genotypes. *Journal of Crop Pphysiology*, 18, 115-128. [In Persian]

Sanchez, P.A., & Swaminathan, M.S. 2005. Hunger in Africa: the link between unhealthy people and unhealthy soils. *The Lancet*, 365(9457), 442-444.

Shahinnia, F. 2001. *Evaluation of quantitative and qualitative properties and patterns of high molecular weight glutenin in breeding lines, agronomic and native wheat cultivars by multivariate analysis method.* Master Thesis in Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.

Sikder, S. 2009. Accumulation heat unit and phonology of wheat cultivars as influenced by late sowing heat stress condition. *Journal of Agriculture and Rural development*, 7(1,2), 57-64.

Tavakoli, A. 2011. Evaluation of trait correlation coefficients, path analysis and drought tolerance indices in wheat under low irrigation conditions and different nitrogen levels. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(1), 198-206. [In Persian]

Tosimojarad, M.M., Ghanadha, R., Khodarahmi, M., & Shahabi, S. 2005. Factor analysis for grain yield and other characteristics. *Journal of Research in Agriculture*, 67, 9-16. [In Persian]

Vaylay, R., & van Santen, E. 2002. Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. *Crop Science*, 42(2), 534-539.

Whittal, A., Kaviani, M., Graf, R., Humphreys, G., & Navabi, A. 2018. Allelic variation of vernalization and photoperiod response genes in a diverse set of North American high latitude winter wheat genotypes. *PlOS ONE*, 13(8), 1-17.

Wolde, G.M., Trautewig, C., Mascher, M., & Schnurbusch, T. 2019. Genetic insights into morphometric inflorescence traits of wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 132(6), 1661-1676.