University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Changes in the Agronomic Traits of Released Wheat Cultivars in the Iranian Plateau, During the Last Half-Century

Mona Arefkhani[1] | Ali Rahemi Karizaki[2]✉ | Abbas Biabani[3] | Hossein Sabouri[4] | Ghorbanali Rasam[5]

1. Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: mona.arefkhani.student@gonbad.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: rahemi@gonbad.ac.ir
3. Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: abbas.biabani@gonbad.ac.ir
4. Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad Kavous, Gonbad Kavous, Iran. E-mail: hossein.sabouri@gonbad.ac.ir
5. Department of Production Engineering and Plant Genetics, Shirvan Faculty of Agriculture, University of Bojnurd, Bojnurd, Iran. E-mail: rassam@um.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 16 May 2022
Received in revised form
11 May 2024
Accepted 26 May 2024
Published online 30 September 2024

Keywords:
Biological yield
Fertile tillers
Grain yield
Harvest index
Plant height

ABSTRACT

Objective: The purpose of this experiment was to study the trend of yield fluctuations and related traits in released wheat cultivars in Iran from 1968 to 2016.

Methods: This experiment was conducted with 16 wheat cultivars based on a Randomized Complete Block Design with three replications at Shirvan Higher Education Complex in North Khorasan during the 2018-2019 and 2019-2020 growing seasons.

Results: The findings indicated that the Iranian cultivars released do not have significant differences in terms of the number of seeds per spike, plant height, spike length, biological yield and gluten percentage, but grain yield, harvest index, 1000-seeds weight and protein percentage have improved by 61.84, 63.54, 62.37 and 14.4%, respectively, during the last 48 years. Additionally, wheat breeding in Iran has progressed towards single-spike formation. Path analysis showed that the plant height, biological yield, number of fertile tillers/m^2 and harvest index explain more than 96% of yield changes and that traits such as the harvest index and number of fertile tillers are considered the most important traits in increasing and decreasing grain yield in Iranian wheat.

Conclusion: According to the results of the causality analysis, it can be concluded that the selection for grain yield, based on other traits and without considering the relationships between them, may not provide accurate results. It is necessary to obtain a correct understanding of the role of the relationships between traits in breeding programs to increase selection efficiency.

Cite this article: Arefkhani, M., Rahemi Karizaki, A., Biabani, A., Sabouri, H., & Rasam, Gh. (2024). Changes in the Agronomic Traits of Released Wheat Cultivars in the Iranian Plateau, During the Last Half-Century. *Journal of Crops Improvement*, 26 (3), 545-562. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.359349.2814

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.359349.2814

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

تغییرات صفات زراعی گندم‌های آزادشده فلات ایران طی نیم قرن گذشته

مونا عارفخانی[۱] | علی راحمی کاریزکی[۲]✉ | عباس بیابانی[۳] | حسین صبوری[۴] | قربانعلی رسام[۵]

۱. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: mona.arefkhani.student@gonbad.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: rahemi@gonbad.ac.ir

۳. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: abbas.biabani@gonbad.ac.ir

۴. گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران. رایانامه: hossein.sabouri@gonbad.ac.ir

۵. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی شیروان، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران. رایانامه: rassam@um.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۰۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۷/۰۹

کلیدواژه‌ها:

ارتفاع بوته

پنجه بارور

شاخص برداشت

عملکرد بیولوژیک

عملکرد دانه

چکیده

هدف: هدف از انجام این آزمایش مطالعه روند تغییرات عملکرد و صفات مرتبط با آن در گندم‌های آزادشده در ایران طی سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۵بود.

روش پژوهش: این آزمایش با ۱۶رقم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مجتمع آموزش‌عالی شیروان در خراسان شمالی طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که ارقام آزادشده، اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته، طول سنبله، عملکرد بیولوژیک و درصد گلوتن ندارند، اما عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزاردانه و درصد پروتئین، به‌ترتیب ۶۱/۸۴، ۶۳/۵۴، ۶۲/۳۷ و ۱۴/۴ درصد طی ۴۸ سال گذشته بهبود یافته‌اند. هم‌چنین اصلاح گندم به سمت تک‌پنجه‌ای‌شدن پیش رفته است. تجزیه‌های چندمتغیره نشان داد که ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد پنجه بارور در مترمربع و شاخص برداشت بیش از ۹۶ درصد تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند و صفت شاخص برداشت و تعداد پنجه بارور به‌ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین صفات مؤثر در افزایش و کاهش عملکرد دانه در گندم‌های ایرانی هستند.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تجزیه علیت می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب برای عملکرد دانه، براساس سایر صفات و بدون در نظرگرفتن روابط بین آن‌ها، ممکن است نتایج دقیقی ارائه ندهد و لازم است در برنامه‌های به‌نژادی، برای افزایش کارایی انتخاب از نقش روابط بین صفات درک صحیحی به‌دست آید.

استناد: عارفخانی، مونا؛ راحمی کاریزکی، علی؛ بیابانی، عباس؛ صبوری، حسین و رسام، قربانعلی (۱۴۰۳). تغییرات صفات زراعی گندم‌های آزادشده فلات ایران طی نیم قرن گذشته. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۶ (۳)، ۵۴۵-۵۶۲. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2024.359349.2814

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

عملیات به‌نژادی (اصلاح ژنتیکی ارقام پرمحصول) راهکار اصلی برای افزایش عملکرد در واحد سطح محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر ارزیابی افزایش پتانسیل ژنتیکی عملکرد ارقام گندم در طی برنامه‌های اصلاحی موضوع بسیاری از پژوهش‌ها بوده است (برانکارت هالمل[۱]؛ ژو[۲]، ۲۰۰۷؛ گریبوچ[۳] و پترسون[۴]، ۲۰۱۰؛ اسماعیل‌زاده مقدم[۵]، ۲۰۱۴؛ سادرس[۶] و لاسون[۷]، ۲۰۱۱؛ سانچزگارسیا[۸]، ۲۰۱۲). با وجودی که میزان موفقیت‌های برنامه‌های اصلاحی در کشورهای مختلف متفاوت می‌باشد، اما میانگین جهانی افزایش پتانسیل عملکرد ۹-۱ درصد در سال برآورد شده است (فیشر[۹] و ادمیدز[۱۰]، ۲۰۱۰). به‌نژادگران همواره به‌دنبال معیارهایی هستند که بتوانند از طریق آن‌ها نوعی انتخاب جامع از نظر صفاموردمطالعه را داشته باشند و در نهایت، باعث بهبود عملکرد دانه شوند که معیارهای زراعی و فیزیولوژیک در دستیابی به این اهداف نقش مهمی دارند (لپز[۱۱]، ۲۰۱۵؛ دلپزو[۱۲]، ۲۰۱۶؛ روی[۱۳]، ۲۰۲۱). در این مقاله سهم به‌نژادی در افزایش عملکرد دانه ارقام آزادشده در نیم قرن گذشته در ایران، (خراسان شمالی) بررسی شده است.

۲. پیشینهٔ پژوهش

۲. ۱. پیشینهٔ نظری

افزایش بالقوه عملکرد گیاهان زراعی در گرو شناخت دقیق فرایندهای فیزیولوژیک و مورفولوژیک کنترل‌کننده عملکرد است. مطالعه مبانی فیزیومورفولوژیک افزایش عملکرد به سال ۱۹۲۳ برمی‌گردد. در آن زمان احتمالاً آنچه را که بسیاری از متخصصان عملکرد به‌نژادی در اندیشه خود می‌پروراندند، این بوده است که باید در جستجوی صفاتی باشند که عملکرد را در واحد سطح کنترل کنند و بتوانند با تلاقی‌های مناسب ترکیب مطلوبی از عوامل کنترل‌کننده عملکرد را یکجا متمرکز نمایند. این طرز تفکر منجر به شناسایی فهرستی از خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی مطلوب گردید (چایری[۱۴]، ۲۰۱۸)، به‌ویژه زمانی که ارقام با تغییرات آب‌وهوایی مواجه هستند (کاهیلیتو[۱۵]، ۲۰۱۹). تنوع در شرایط رشد، همراه باتغییرات آب‌وهوایی مداوم، توسعه و استفاده از ارقامی از گندم را می‌طلبد که بتوانند به‌طور مؤثر با شرایط موجود سازگار شوند و در مقابل افزایش دما مقاومت کنند و در عین حال عملکرد نسبتاً بالایی را حفظ کنند (لی[۱۶]، ۲۰۱۸). عملکرد دانه در گندم ناشی از اثرات تجمعی اجزای متشکله آن می‌باشد که این اجزا تحت تأثیر اعمال مدیریت، ژنوتیپ، و اثر متقابل محیط با ژنوتیپ قرار می‌گیرند راحمی و همکاران (۱۳۹۴)، لذا شناسایی این اجزا و رابطه آن‌ها با عملکرد دانه می‌تواند در گزینش واریته‌های پر محصول مؤثر واقع شود. راحمی و همکاران (۱۳۹۸)، اجزای عملکرد در گندم را به حاصل‌ضرب تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه نسبت داده است.

1. Brancourt Hulmel
2. Zhou
3. Graybosch
4. Peterson
5. Esmaeilzadeh Moghaddam
6. Sadras
7. Lawson
8. Sanchez-Garcia
9. Fischer
10. Edmeades
11. Lopes
12. Delpozo
13. Roy
14. Chairi
15. Kahiluoto
16. Li

۲. ۲. پیشینهٔ تجربی

اسلافر[1] و اندرود[2] (۱۹۹۹) با مقایسه سه رقم گندم آرژانتینی آزادشده بین سال‌های ۱۹۲۰ تا ۱۹۸۰ میلادی گزارش کردند که عملکرد بالاتر ارقام جدید پرمحصول به‌خاطر تعداد دانه بیش‌تر آن‌ها در مترمربع بوده است، هم‌چنین آن‌ها بین تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در هر سنبلچه ارتباط مثبت و قوی مشاهده کردند، ولی همبستگی بین تعداد دانه در سنبله و سنبلچه‌های هر سنبله معنی‌دار نبود. این پژوهش‌گران بیان داشتند که عمده تغییر دانه در هر سنبلچه در بین ارقام معرفی‌شده در زمان‌های مختلف ناشی از تعداد گلچه‌های بارور و نسبت تبدیل آن‌ها به دانه است. فیشر[3] و کهن[4] (۱۹۹۹) در آزمایشی بر روی ارقام گندم در مرکز تحقیقات کشاورزی مکزیک، مشاهده نمودند که عملکرد دانه در یک دوره ۲۵ ساله نسبت به ارقام قدیمی تا ۴۰ درصد افزایش یافت، هم‌چنین با افزایش ارتفاع عملکرد ارقام کاهش یافته است. در آزمایشی که در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی سیبری در روسیه بر روی ارقام گندم آزادشده بین سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۸ برای منطقه سیبری صورت گرفت، عملکرد دانه در طی این ۱۰۰ سال به‌طور متوسط از ۱۸ به ۳/۷۱ ۲ تن در هکتار بهبود یافته است، به‌عبارتی ۰/۷ درصد به‌ازای هر سال آزادسازی افزایش عملکرد مشاهده شد. با این‌حال، تلاشی در جهت تغییر ارتفاع ارقام صورت نگرفت (مولگونورا[5]، ۲۰۱۰). وادینگتون[6] (۱۹۸۶) با پژوهش بر روی ۱۴ رقم گندم مکزیکی آزادشده بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۱ گزارش کردند که عملکرد دانه بیش‌تر در ارقام پر محصول به‌دلیل عملکرد بیولوژیک بیش‌تر آن‌ها بوده است. با این وجود، این موضوع که عملکرد بیولوژیک نقش اساسی در افزایش عملکرد دانه نداشته و بهبود عملکرد به‌دلیل افزایش شاخص برداشت بوده، بیش‌تر به اثبات رسیده است. راحمی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی ۳۸ ساله بر روی ارقام آزادشده در استان گلستان در ایران دریافتند که که در طی سال‌ها فعالیت‌های اصلاحی در جهت بهبود عملکرد گندم در وزن دانه و دوره پر شدن دانه تغییراتی صورت نگرفته است، در حالی‌که سرعت پرشدن دانه افزایش یافته است، محاسبات نشان داده است که سرعت رشد دانه در ۳۸ سال آزادسازی ارقام در گلستان، ۲۶/۱۹ درصد بهبود یافته است.

راحمی کاریزکی و همکاران (۱۳۹۸)، در بررسی بر روی هفت رقم گندم دیم در دو منطقه معتدل و مدیترانه‌ای در ایران دریافتند که در هر منطقه از نظر حداکثر شاخص سطح، رسیدگی فیزیولوژیک و عملکرد واکنش ارقام متفاوت بود. رشددانه در گندم حاصل دو منبع یکی فتوسنتز جاری و دومی انتقال دوباره مواد ذخیره‌شده در ساقه و سایر قسمت‌های گیاه قبل از گرده‌افشانی است (ژانگ[7]، ۲۰۱۹). اما اهمیت هرکدام از این منبع در ارقام مختلف با توجه به شرایط محیطی در طی دوره‌ی پرشدن دانه متفاوت است، به نحوی‌که اسمیلات‌های ذخیره‌شده در بخش‌های رویشی قبل از گرده‌افشانی می‌توانند نقش بافری داشته و اثر محیط بر پرشدن دانه را کاهش دهند (لیو[8]،۲۰۲۰). مرادی[9] (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای بر روی ارقام گندم بیان داشتند که ارقامی از گندم که در قبل از گرده‌افشانی اسمیلات بیش‌تری در اندام‌های رویشی خود ذخیره کردند از وزن دانه‌ی بیش‌تری برخوردار بودند. رایسی[10] (۲۰۲۱) در مطالعه‌ای بر روی ۱۵ رقم گندم دروم در ایتالیا

1. Slafer
2. Androde
3. Fisher
4. Kohn
5. Molgounora
6. Waddington
7. Zhang
8. Liu
9. Moradi
10. Ruisi

بیان داشتند که درصد پروتئین و گلوتن در دانه در ارقام قدیم در مقایسه با ارقام جدید بیش‌تر بود. (فیشر[1] و کهن[2]، ۱۹۹۹) دریافتند که ارقام جدید و اصلاح‌شده گندم در مقایسه با ارقام قدیمی گندم، عملکرد بیش‌تری داشته‌اند، اما تغییرات چندانی در عملکرد بیولوژیک آن‌ها ایجاد نشده و اختلاف عملکرد آن‌ها بیش‌تر ناشی از افزایش در شاخص برداشت بود. آیدین[3] (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای بر روی ۲۵ رقم گندم در ترکیه، اظهار داشتند که عملکرد دانه و ارتفاع نسبت به وزن هزاردانه بیش‌تر تحت تأثیر محیط می‌باشد. رزوک[4] (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای بر روی شش رقم نیمه‌پاکوتاه گندم دوروم در مادرید اسپانیا در طی دو سال زراعی ۲۰۱۸–۲۰۱۷ و ۲۰۱۹–۲۰۱۸ انجام شد، نتایج نشان داد که تیپ ایده‌آل گندم تحت شرایط دیم و مطلوب، تاریخ کاشت به موقع و دیرهنگام با توجه به صفات زراعی و فیزیولوژیکی متفاوت بود. بنابراین، برنامه‌ریزی جهت افزایش تولید از طریق عملکرد که مستلزم آگاهی از سهم نسبی عوامل ژنتیکی ارقام و تعیین روند تغییرات افزایش عملکرد همگام با ارائه ارقام نوین به نظام‌های زراعی در طی نیم قرن اخیر در ایران هدف اصلی این مطالعه می‌باشد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در طی دو سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ و ۹۹–۱۳۹۸ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع آموزش‌عالی شیروان در خراسان شمالی در ایران، واقع درعرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۰ دقیقه، طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۹۳ دقیقه و ارتفاع ۱۰۹۷ متر تحت شرایط مطلوب زراعی اجرا شد. متوسط دو سال میزان بارندگی منطقه‌ای سالانه ۲۵۱/۸۰ میلی‌متر است.

قبل از اجرای آزمایش از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک نمونه برداری شدو خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد که براساس نتایج حاصله بافت خاک سیلت لوم رسی بود (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۳۰–۰ سانتی‌متر)

ماده آلی (درصد)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر (پی‌پی‌ام)	پتاسیم (پی‌پی‌ام)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۰/۶۸	۷/۷۴	۹/۸	۰/۰۵	۱۹/۴	۵۱۷	۳۱/۴	۶۲	۶/۲

تیمارهای آزمایش شامل ۱۶ رقم گندم بود (جدول ۲). مزرعه در مهرماه هر سال با زدن شخم و دیسک آماده شد. عملیات کاشت در هر دو سال زراعی در ۱۶ آبان‌ماه انجام شد. اندازه کرت‌های آزمایشی در طی دو سال زراعی برابر و شامل پنج خط با طول ۴ متر و به فاصله خطوط ۲۵ سانتی‌متر بود. میزان بذر لازم برای کاشت در هر دو آزمایش براساس تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع براساس وزن هزاردانه تعیین شد. فاصله بین تکرارها یک متر و فاصله بین کرت‌ها ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. براساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) در هر دو سال آزمایش تنها ۵۶ کیلوگرم کود ازته در هکتار از منبع اوره استفاده شد. یک سوم کود اوره به‌صورت پایه و مابقی کود اوره به‌صورت تقسیط در دو مرحله پنجه‌زنی و ساقه‌روی به‌صورت دست‌پاش به خاک اضافه گردیدند. بلافاصله بعد از کشت آبیاری انجام شد و با توجه به

1. Fisher
2. Kohn
3. Aydin
4. Rezzouk

شرایط آب‌وهوایی منطقه بخش زیادی از نیاز آبی گیاه با بارندگی تأمین می‌شود اما عملیات آبیاری مزرعه به‌منظور حفظ محیط رطوبتی خاک در یک وضعیت مطلوب و به حداقل‌رساندن تنش رطوبتی در فصل رشد، در مراحل مختلف انجام گرفت. در هر دو سال کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. در سال اول آزمایش جهت کنترل بیماری‌های سفیدک سطحی، سپتوریوز برگی زنگ زرد و فوزاریوم سنبله از قارچ‌کش‌های سیستمیک آلتو و تیلت طی دونوبت به‌ترتیب با نسبت‌های ۱ و ۰/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. شیوع آفاتی مانند سن و شته روسی در حد آستانه اقتصادی نبوده و هیچ‌گونه تصمیمی جهت مبارزه با آن با توجه به جمعیت پایین آن‌ها نسبت به سطح آستانه خسارت اقتصادی انجام نشد.

جدول ۲. ویژگی‌های ارقام گندم کشت‌شده از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۵ در ایران

نام رقم	سال آزاد سازی	خصوصیات	نام رقم	سال آزاد سازی	خصوصیات
اینیا	۱۳۴۷	-	لاین A	۱۳۸۰	-
ورییناک	۱۳۷۰	-	لاین ۱۷	۱۳۸۱	-
اترک	۱۳۷۴	زودرس، مقاوم به ورس	مغان	۱۳۸۵	-
زاگرس	۱۳۷۵	متوسط رس، مقاوم به ورس	آرتا	۱۳۸۵	متوسط رس، مقاوم به ورس
گوهر	۱۳۷۵	-	مروارید	۱۳۸۸	-
پاستور	۱۳۷۵	-	کریم	۱۳۹۰	-
شیرودی	۱۳۷۶	زودرس ، نیمه مقاوم به ورس	گنبد	۱۳۹۲	-
N80-19	۱۳۸۰	-	احسان	۱۳۹۵	متوسط رس،نیمه مقاوم به ورس

* اقتباس از اداره مرکز تحقیقات کشاورزی استان گلستان

برای تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت، سطحی معادل ۲ مترمربع از هر کرت در مرحله‌ی نهایی برداشت شد و سپس توزین و آن‌گاه با کمک خرمن‌کوب دانه از کاه جدا گردید. هم‌چنین، اجزای عملکرد دانه در بوته (تعداد خوشه در بوته+ تعداد دانه در خوشه+ وزن هر دانه)، در مرحله برداشت نهایی روی ۲۰ بوته اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری تراکم واقعی بوته در مرحله سبزشدن کامل و رسیدگی برداشت در نیم مترمربع صورت گرفت.

درصد نیتروژن دانه (GNC)[1] به‌روش تیتراسیون با استفاده از دستگاه کجلدال مدل MQ3824B/EX1 اندازه‌گیری شد (موریننن[2]، ۲۰۰۷) و برای محاسبه پروتئین در ۵/۷۵ ضرب شد (فریرا[3]، ۲۰۱۶).

رابطه ۱) $GPC\ (\%) = GNC \times 5.75$

اندازه‌گیری گلوتن مرطوب براساس روش AACC (بوکزک[4]، ۲۰۲۱) انجام شد و سپس با استفاده از فرمول زیر درصد گلوتن محاسبه شد که در اینجا Glu، درصد گلوتن مرطوب؛ GW، وزن گلوتن نمونه (گرم) و FW، وزن آرد (گرم) است.

رابطه ۲) $Glu = (GW/FW) \times 100$

در این آزمایش از طریق عملیات رگرسیون گام به گام مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد به‌دست آمد و اثرات مستقیم (ضرایب علیت) و غیرمستقیم (حاصل ضرایب علیت در ضرایب همبستگی) آن‌ها محاسبه شد. تجزیه و تحلیل صفات موردارزیابی در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزارهای Excel (Microsoft office 2010) و SAS (Ver.9.4) انجام شد و

1. Grain Nitrogen Content
2. Muurinen
3. Ferreira
4. Buczek

مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD[1] در سطح ۵ درصد صورت گرفت، قبل از انجام هرگونه تجزیه و تحلیل، به‌دلیل این‌که طرح تجزیه مرکب است، آزمون یکنواختی واریانس‌ها (بارتلت)[2] انجام شد و مشاهده شد که واریانس خطا بین دو سال مختلف یکسان نیست، لذا هر سال جداگانه تجزیه و تحلیل شد (سوسا[3]، ۲۰۱۸).

۳. ۱. شرایط آب‌وهوایی

در مقایسه بارندگی بین دو سال زراعی تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده شد. سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ (۳۱۰ میلی‌متر) نسبت به سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸ (۲۵۴ میلی‌متر) مرطوب‌تر بود. هم‌چنین در هر دو سال زراعی، بیش‌ترین بارندگی در فروردین‌ماه به وقوع پیوست. میانگین دماهای حداقل در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ در دامنه‌ی ۲/۵۳- تا ۱۷/۷۶ درجه سانتی‌گراد و در سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸ در دامنه ۴/۵۶- تا ۱۵/۶۵ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین حداکثر دمای ماهانه در فصل زراعی ۹۸–۱۳۹۷ بین ۹/۰۴ درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه و ۳۶/۵ درجه سانتی‌گراد در تیرماه و برای فصل زراعی ۹۹–۱۳۹۸ بین ۸/۷۵ درجه سانتی‌گراد در بهمن‌ماه و ۳۳/۵۶ درجه سانتی‌گراد در خردادماه بود که تقریباً بین دو سال تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده نشد. مقایسه میانگین تشعشع بین دو سال زراعی نشان داد که در مجموع تشعشع رسیده در سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ با میانگین ۷۰/۵۹ مگاژول بر مترمربع نسبت به سال زراعی ۹۹–۱۳۹۸ با میانگین ۵۹/۲۹ مگاژول بر مترمربع بیش‌تر بود (جدول ۳).

جدول ۳. میانگین دمای حداقل، حداکثر، تشعشع و مجموع بارندگی ماهانه مربوط به دوره رشد گیاه گندم در شرایط آب‌وهوایی شیروان طی دوسال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ و ۹۹–۱۳۹۸

ماه/سال	میانگین دمای حداقل (سانتی‌گراد)		میانگین دمای حداکثر (سانتی‌گراد)		میانگین تشعشع (مگاژول برمترمربع)		مجموع بارندگی (میلی‌متر)	
	۹۹–۱۳۹۸	۹۸–۱۳۹۷	۹۹–۱۳۹۸	۹۸–۱۳۹۷	۹۹–۱۳۹۸	۹۸–۱۳۹۷	۹۹–۱۳۹۸	۹۸–۱۳۹۷
آبان	۳/۳۷	۱/۳۱	۱۶/۲۳	۱۵/۶۳	۵/۴۴	۶/۰۲	۱۴/۵	۲۱/۹
آذر	۰/۷	-۱/۶۳	۱۱	۱۰/۲۲	۳/۸۳	۴/۱۵	۴۱/۱	۱۰/۴
دی	-۰/۸۱	-۳/۵۰	۹/۰۷	۹/۱۲	۵/۲۸	۴/۷۱	۱۴/۶	۵/۴
بهمن	-۲/۵۳	-۴/۵۶	۹/۰۴	۸/۷۵	۶/۰۰۳	۵/۴۷	۳۴/۷	۱۰/۶
اسفند	-۱/۶۲	-۰/۰۶	۱۲/۶۹	۱۴/۹۵	۵/۹۷	۶/۰۴	۴۵/۲	۶۳/۶
فروردین	۶/۰۶	۳/۹۹	۱۷/۴۰	۱۵/۱۲	۵/۰۷	۴/۷۹	۹۹/۸	۹۴/۷
اردیبهشت	۷/۹۶	۸/۲۶	۲۳/۴۹	۲۳/۳۱	۸/۳۷	۷/۲۶	۳۰/۱	۲۸۴۴
خرداد	۱۲/۳	۱۱/۹۲	۲۹/۴۲	۳۳/۵۶	۹/۲۹	۱۰/۸۹	۲۴/۹	۱/۸
تیر	۱۷/۷۶	۱۵/۶۵	۳۶/۵	۳۲/۸۵	۲۱/۳۴	۹/۹۶	۵/۱	۱/۴

۴. یافته‌های پژوهش

۴. ۱. عملکرد دانه و اجزای آن

اثر سال، رقم و اثر متقابل سال× رقم بر روی تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). تعداد سنبله در مترمربع از ۳۴۴ عدد در رقم گنبد تا ۷۱۰ عدد در رقم ورناک در سال اول و از ۳۳۹ عدد در رقم آرتا تا ۸۰۶ عدد در رقم اینیا در سال دوم متغیر بود (جدول ۵). متوسط تعداد سنبله در واحد سطح در سال اول

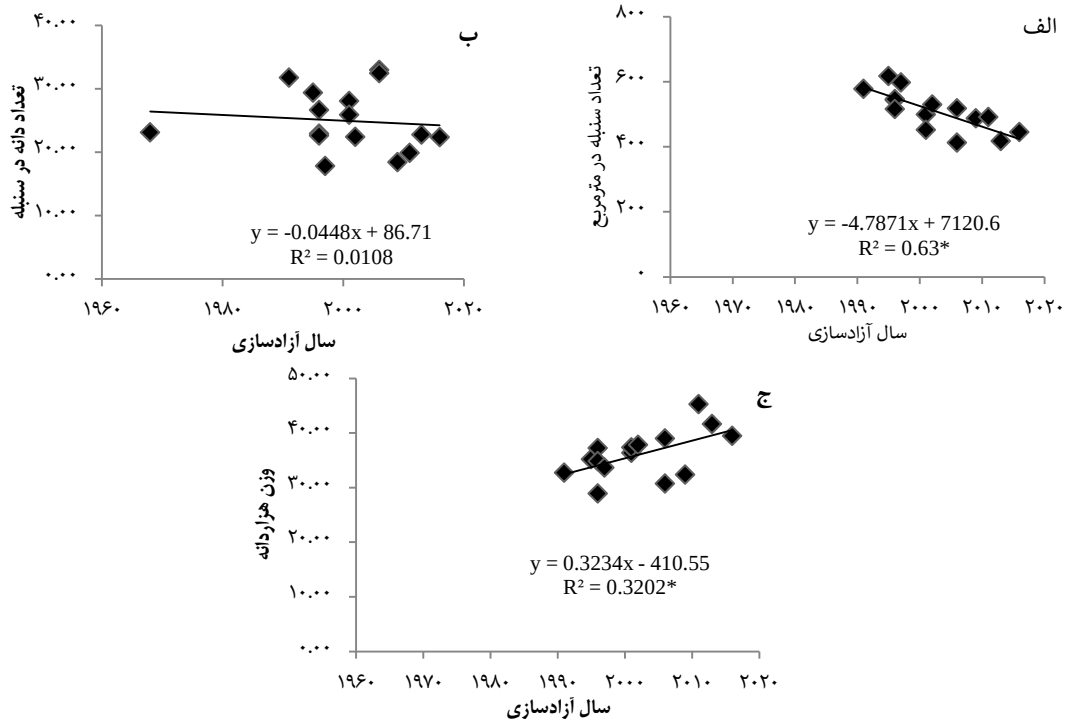
1. Least Significant Difference
2. Bartlett
3. Sousa

و دوم آزمایش به‌ترتیب ۴۶۱ و ۵۷۷ عدد بود. میانگین تغییرات این صفات در بین ارقام در طی ۴۸ سال فعالیت‌های اصلاحی در ایران روند کاهشی معنی‌داری را نشان داد، به‌عبارتی ۶۷ درصد کاهش در تعداد پنجه بارور در واحد سطح مشاهده شد، به‌نحوی‌که به‌ازای هر سال آزادسازی کاهش ۴/۷۸ عدد پنجه بارور مشاهده شد (شکل ۱– الف).

تعداد دانه در سنبله در ارقام مختلف در سال اول بین ۱۱/۷۷ تا ۳۲/۴۷ و در سال دوم بین ۱۸/۴۷ تا ۴۱/۶۳ متغیر بود (جدول ۵). میانگین تعداد دانه در سنبله در ارقام مورد آزمایش در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب ۲۰/۳۳ و ۳۰/۱۲ بود. هر چند که همبستگی مثبتی بین این صفت و عملکرد دانه در هر دو سال مشاهده شد، اما معنی‌دار نبود (جدول ۶). بررسی رابطه این صفت با سال آزادسازی ارقام نشان داد که در طی فعالیت‌های اصلاحی در سال‌های گذشته تعداد دانه در سنبله تغییرات محسوسی نداشته است (شکل ۱– ب).

جدول ٤. تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام مختلف گندم در دو سال زراعی ۹۸–۱۳۹۷ و ۹۹–۱۳۹۸

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		تعداد سنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	گلوتن	پروتئین	ارتفاع بوته	طول سنبله
سال	۱	۵۹۹۵۳۶*	۳۰۵۱**	۴۹۸۳**	۲۳/۹۳**	۲۷۹**	۲۷/۱۲**	۳۳/۳۶*	۴۹/۹۲**	۱۸۲	۱۳/۶۸
خطای الف	۴	۴۰۲۸۷	۳۶/۹۸	۵/۵۱	۱/۵۵	۱۷/۸۶	۸۰/۲۹	۳/۹۲	۰/۳۴	۱۵/۷۱	۰/۷۳
رقم	۱۹	۳۰۰۴۹**	۱۴۰*	۱۰۴**	۲/۵۰**	۱۸/۴۵**	۸۰/۷۴**	۴۰/۷۲**	۴/۸۹**	۲۰۳**	۵/۹۰**
رقم× سال	۱۹	۳۲۰۶۸**	۵۰/۶۲**	۵۱/۸۵**	۲/۴۴**	۱۶/۰۵**	۵۰/۱۳*	۵/۰۲**	۳/۶۱**	۹۴/۸۲**	۳/۱۵**
خطای ب	۷۶	۶۲۱۷	۶۲۱۷	۱۱/۸۶	۰/۴۴	۴/۲۴	۲۸/۰۳	۲/۴۵	۰/۳۲	۲۴/۴۹	۰/۴۸
ضریب تغییرات (درصد)	–	۱۴/۹۲	۱۰/۵۳	۹/۶۴	۱۵/۳۹	۱۳/۶۴	۱۸/۴۷	۵/۷۱	۴/۲۲	۵/۴۵	۵/۰۷



شکل ۱. الف) رابطه بین تعداد سنبله در مترمربع، ب) رابطه بین تعداد دانه در سنبله و ج) رابطه بین وزن هزاردانه (گرم بر مترمربع) با سال آزادسازی ارقام

جدول ۵. مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد، صفات کیفی و مورفولوژیک ارقام گندم طی دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸

سال	رقم	تعدادسنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	گلوتن (درصد)	پروتئین (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)
۱۳۹۷-۱۳۹۸	En	۴۷۰	۱۹/۹۳	۲۰/۳۰	۲/۴۶	۱۲/۷۷	۱۹/۳۰	۲۹/۳۳	۱۴/۰۷	۹۶/۸۳	۱۳/۲۳
	Ve	۷۱۰	۲۲/۶۳	۳۹/۲۷	۴/۱۰	۱۶/۲۷	۲۵/۶۶	۳۲/۳۲	۱۴/۴۴	۸۳/۵۰	۱۲/۱۰
	At	۴۹۵	۲۷	۴۰	۴/۱۰	۱۴/۹۰	۲۸/۰۵	۲۶/۴۴	۱۲/۴۷	۹۴/۴۲	۱۳/۲۱
	Pa	۵۵۱	۲۰/۷۷	۴۰/۶۱	۳/۶۹	۱۴/۲۲	۲۵/۹۴	۲۵/۱۴	۱۴/۳۶	۸۶/۸۳	۱۳/۶۵
	Za	۴۴۷	۱۵/۱۷	۳۹/۷۷	۳/۶۵	۱۱/۷۲	۳۱/۶۰	۲۳/۳۹	۱۲/۲۷	۹۵/۲۵	۱۲/۶۸
	Go	۴۸۹	۱۷/۹۰	۹۳/۳۰	۳/۴۹	۱۲	۲۹/۴۴	۳۴/۳۴	۱۴/۱۱	۸۹/۵۸	۱۳/۲۹
	Sh	۵۷۸	۱۷/۵۳	۴۲/۹۰	۴/۲۹	۱۵/۲۳	۲۸/۳۹	۲۲/۷۴	۱۴/۲۳	۷۸/۸۳	۱۳
	N8019	۴۱۳	۲۳/۶۳	۴۴/۹۷	۳/۷۵	۱۵/۳۰	۲۴/۶۴	۲۷/۱۹	۱۳/۸۴	۸۷/۹۲	۱۴
	LA	۳۴۸	۱۷/۹۰	۵۰/۳۳	۳/۲۴	۱۲/۱۲	۲۷/۲۶	۲۵/۳۶	۱۳/۷۳	۸۵/۷۵	۱۲/۶۸
	L17	۴۴۳	۱۹/۹۳	۴۲/۲۳	۳/۸۲	۱۱/۶۵	۳۷/۵۸	۲۷/۲۶	۱۳/۴۱	۸۸	۱۲/۹۰
	Mo	۴۱۸	۲۲/۳۷	۴۴/۲۷	۳/۵۰	۱۴/۵۰	۲۴/۵۲	۲۸/۰۱	۱۴/۲۵	۹۰/۴۲	۱۲/۶۵
	Ar	۴۸۶	۳۲/۴۷	۲۲	۴/۲۶	۱۴/۲۳	۳۰/۶۰	۲۷/۰۳	۱۵/۵۷	۸۹/۷۵	۱۵/۶۶
	Mor	۴۱۷	۱۱/۷۷	۳۹/۱۳	۳/۷۲	۱۱/۶۳	۳۲/۵۱	۳۳/۲۸	۱۵/۰۲	۱۰۱	۱۲/۶۳
	Ka	۳۹۴	۱۴/۲۷	۴۸/۹۰	۳/۲۳	۱۱/۹۰	۲۷/۷۵	۲۷/۴۶	۱۲/۳۳	۹۱	۱۲/۲۷
	Gon	۳۴۴	۲۱/۴۰	۴۶/۸۷	۵/۶۹	۱۵/۰۵	۳۸/۷۰	۲۸/۳۸	۱۵/۶۶	۹۳	۱۲/۴۸
	Eh	۳۷۲	۲۰/۶۰	۵۲/۵۰	۵/۷۵	۱۴/۶۷	۴۲/۴۷	۳۲/۳۱	۱۵/۱۳	۹۴/۸۳	۱۶/۲۸
	میانگین	۴۶۱	۲۰/۳۳	۴۲/۲۱	۳/۹۲	۱۳/۶۳	۲۹/۶۵	۲۸/۱۲	۱۴/۰۶	۹۰/۴۳	۱۳/۲۹
	$LSD_{0.05}$	۱۷۵	۶/۰۳	۳/۸۴	۱/۴۳	۴/۰۵	۹/۹۲	۲/۱۵	۰/۵۷	۱۰/۵۳	۱/۳۶
۱۳۹۸-۱۳۹۹	En	۸۰۶	۲۶/۲۷	۲۷/۶۷	۳/۱۷	۱۹/۱۷	۱۶/۸۷	۲۷/۲۳	۱۳/۴۹	۹۷/۶۷	۱۲/۶۹
	Ve	۴۴۶	۴۰/۸۳	۲۶/۱۳	۳/۷۸	۱۰/۴۸	۳۶/۱۷	۳۱/۸۰	۱۳/۴۵	۷۶/۳۳	۱۳/۴۰
	At	۷۳۹	۳۱/۷۵	۳۰/۴۰	۳/۵۹	۱۹/۳۸	۱۸/۶۱	۲۶/۴۷	۱۲/۷۳	۹۲/۰۳	۱۵/۲۴
	Pa	۵۳۶	۲۵/۰۸	۳۳/۹۰	۴/۱۶	۱۵/۲۳	۲۷/۳۵	۲۶/۱۳	۱۲/۱۴	۸۰/۴۷	۱۴/۱۷
	Za	۶۴۶	۳۰	۲۹/۸۷	۳/۹۵	۱۶/۹۰	۲۳/۵۳	۲۲/۶۵	۱۱/۶۶	۹۵/۸۲	۱۳/۹۴
	Go	۵۴۲	۳۵/۴۲	۱۸/۴۷	۳/۹۴	۱۰/۶۳	۴۱/۳۴	۲۹/۶۴	۱۳/۳۲	۹۳/۹۶	۱۶/۶۸
	Sh	۶۱۷	۱۸/۰۷	۲۴/۳۷	۳/۹۹	۱۵/۹۳	۲۵/۰۳	۲۶/۳۳	۱۱/۸۶	۸۲/۶۷	۱۱/۷۷
	N8019	۵۸۵	۳۲/۵۰	۲۷/۷۷	۳/۹۹	۱۷/۸۰	۲۲/۴۵	۲۶/۱۳	۱۲/۱۹	۹۶/۲۲	۱۴/۴۴
	LA	۵۵۷	۳۳/۹۰	۲۴/۳۷	۴/۲۵	۱۷/۲۰	۲۴/۷۹	۲۵/۰۷	۱۳/۰۶	۱۰۱/۹۱	۱۵/۱۴
	L17	۶۱۶	۲۴/۸۳	۳۳/۳۷	۴/۸۶	۱۶/۸۳	۲۸/۸۸	۲۵/۸۷	۹/۷۸	۹۰/۸۰	۱۱/۴۴
	Mo	۶۱۷	۴۳/۵۸	۳۳/۷۳	۴/۳۹	۱۸/۵۷	۲۳/۶۸	۲۸/۳۰	۱۲/۰۸	۹۱/۷۷	۱۴/۵۷
	Ar	۳۳۹	۴۰/۹۰	۳۰/۷۰	۴/۶۳	۱۴/۴۳	۳۲/۲۸	۲۶/۶۰	۱۳/۲۴	۹۲/۰۱	۱۴/۱۱
	Mor	۵۵۸	۲۵/۰۸	۲۵/۶۳	۳/۹۴	۱۵/۱۰	۱۶/۱۷	۳۱/۶۲	۱۳/۳۰	۹۶/۱۹	۱۳/۶۹
	Ka	۵۸۸	۲۵/۵۰	۴۱/۶۳	۳/۹۵	۱۲/۷۳	۳۱/۴۵	۲۸/۶۳	۱۴/۷۷	۹۳/۳۵	۱۳/۱۷
	Gon	۴۹۰	۲۴/۰۸	۳۶/۳۷	۴/۰۴	۱۸/۰۳	۲۲/۴۳	۲۸/۰۴	۱۴/۷۴	۷۶/۳۳	۱۳/۲۵
	Eh	۵۱۹	۲۴/۰۷	۲۶/۴۷	۴/۶۵	۱۵/۱۳	۳۰/۸۶	۳۰/۰۷	۱۴/۵۷	۹۶/۴۷	۱۴/۷۲
	میانگین	۵۷۵	۳۰/۱۲	۲۹/۴۳	۴/۰۸	۱۵/۸۵	۲۶/۹۹	۲۷/۴۷	۱۲/۹۰	۹۰/۸۸	۱۳/۹۰
	$LSD_{0.05}$	۵۶/۵۷	۱/۶۹	۷/۰۷	۰/۵۹	۲/۶۰	۷/۳۹	۳/۰۴	۱/۱۹	۴/۷۸	۰/۸۸

اختصارات: رقم؛ Pa، پاستور؛ En، اینیا؛ Ve، ورییناک؛ At، اترک؛ Za، زاگرس؛ Go، گوهر؛ Sh، شیرودی؛ N8019، لاین N8019؛ LA، لاین A؛ L17، لاین ۱۷؛ Mo، مغان؛ Ar، آرتا؛ Mor، مروارید؛ Ka، کریم؛ Gon، گنبد؛ Eh، احسان.

یکی دیگر از اجزای عملکرد دانه در گندم، وزن دانه است که به‌عنوان یک جزء مهم تعیین‌کننده عملکرد می‌باشد. جدول مقایسه میانگین صفات نشان که تنوع بسیارزیادی برای وزن هزاردانه دربین ارقام گندم در دو سال زراعی مشاهده شد. میانگین وزن هزاردانه بین ارقام در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب برابر ۴۲/۲۱ و ۲۹/۴۳ گرم بود. ارقام آرتا و

احسان به‌ترتیب با ۲۲ و ۵۲/۵۰ گرم، کم‌ترین و بیش‌ترین وزن هزاردانه را در سال اول آزمایش داشتند، درحالی‌که در سال دوم آزمایش ارقام گنبد و کریم به‌ترتیب با ۱۸/۰۷ و ۴۱/۶۳ از کم‌ترین و بیش‌ترین وزن هزاردانه برخوردار بودند (جدول ۵). بررسی روند بهبود این صفت نشان داد که در ۴۸ سال گذشته وزن دانه افزایش معنی‌داری یافته است، به‌عبارتی در طی این چند دهه وزن هزاردانه ۶۲/۳۷ درصد افزایش یافته است، یعنی به‌ازای هر سال ۱/۳۰ درصد افزایش در وزن هزاردانه مشاهده شد (شکل ۱- ج). هم‌چنین بین وزن دانه و عملکرد دانه همبستگی مثبتی مشاهده گردید، اگر چه از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۶). به‌عبارتی هرچه وزن دانه افزایش یابد به همان نسبت عملکرد دانه به‌صورت خطی افزایش می‌یابد.

جدول ٦. همبستگی بین صفات موردمطالعه

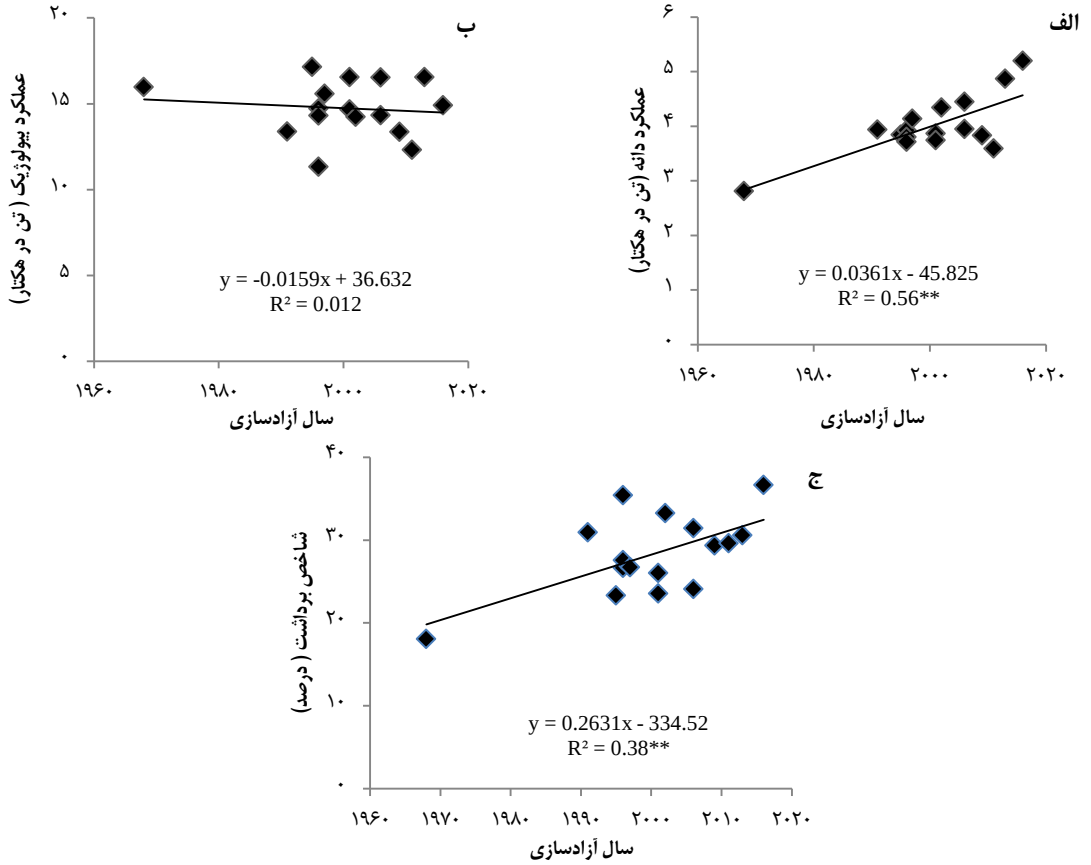
صفات	تعدادسنبله در مترمربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	گلوتن (درصد)	پروتئین (درصد)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول سنبله (سانتی‌متر)
تعدادسنبله	۱									
تعداد دانه در سنبله	-۰/۰۶	۱								
وزن هزاردانه	-۰/۲۵۰	-۰/۲۷	۱							
عملکرد دانه	-۰/۶۲**	-۰/۰۱	۰/۲۱	۱						
عملکرد بیولوژیک	۰/۱۷	۰/۲۰	۰/۲۴	۰/۱۳	۱					
شاخص برداشت	-۰/۵۵**	-۰/۱۱	-۰/۰۶	۰/۶۸**	-۰/۶۱**	۱				
گلوتن	-۰/۱۶	۰/۱۰	-۰/۱۸	۰/۱۱	-۰/۴۱	۰/۴۴	۱			
پروتئین	-۰/۶۳**	۰/۱۳	۰/۳۲	۰/۴۷	-۰/۲۷	۰/۵۳**	۰/۶۰**	۱		
ارتفاع بوته	-۰/۱۳	-/۱۰	۰/۰۰	-۰/۲۷	-۰/۰۵	-۰/۱۵	۰/۱۲	-۰/۰۷	۱	
طول سنبله	-۰/۳۸	۰/۴۱	-۰/۲۶	۰/۲۸	-۰/۰۳	۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۰۹	۰/۳۶	۱

۴. ۲. عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

مقایسه میانگین بین ارقام در هر دو سال زراعی نشان داد که بین ارقام، از نظر عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک در واحد سطح و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. دامنه تغییرات عملکرد دانه در سال اول و دوم به‌ترتیب بین ۲/۴۶ تا ۵/۷۵ تن در هکتار و در سال دوم ۳/۱۷ تا ۴/۸۶ بود. با این‌حال، از نظر متوسط عملکرد بین دوسال زراعی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تغییرات عملکرد بیولوژیک در واحد سطح در سال اول و دوم آزمایش به‌ترتیب بین ۱۱/۶۳ تا ۱۶/۲۷ و ۱۰/۴۸ تا ۱۹/۳۸ تن در هکتار بود. میانگین عملکرد بیولوژیک در سال اول و دوم زراعی به‌ترتیب برابر ۱۳/۶۳ و ۱۵/۸۵ تن در هکتار بود. مقدار شاخص برداشت در سال اول و دوم به‌ترتیب از ۱۹/۳۰ تا ۴۲/۴۷ و ۱۶/۸۷ تا ۴۱/۴۳ درصد متغیر بود. با این‌حال، مقدار میانگین شاخص برداشت در سال دوم نسبت به سال اول تقریباً دو درصد کم‌تر بود (جدول ۵).

طی فعالیت‌های به‌نژادی ۴۸ سال گذشته عملکرد بیولوژیک کاهش یافته است اما این کاهش معنی‌دار نیست، در حالی‌که عملکرد دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب معادل ۶۱/۸۴ و ۶۳/۵۴ درصد افزایش یافته است، به‌عبارتی به‌ازای هر

سال آزادسازی در عملکرد دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب ۱/۲۹ و ۱/۳۲ درصد بهبود حاصل شده است (شکل ۲). بین عملکرد دانه با شاخص برداشت همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد، در حالی‌که این رابطه با عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود (جدول ۶).



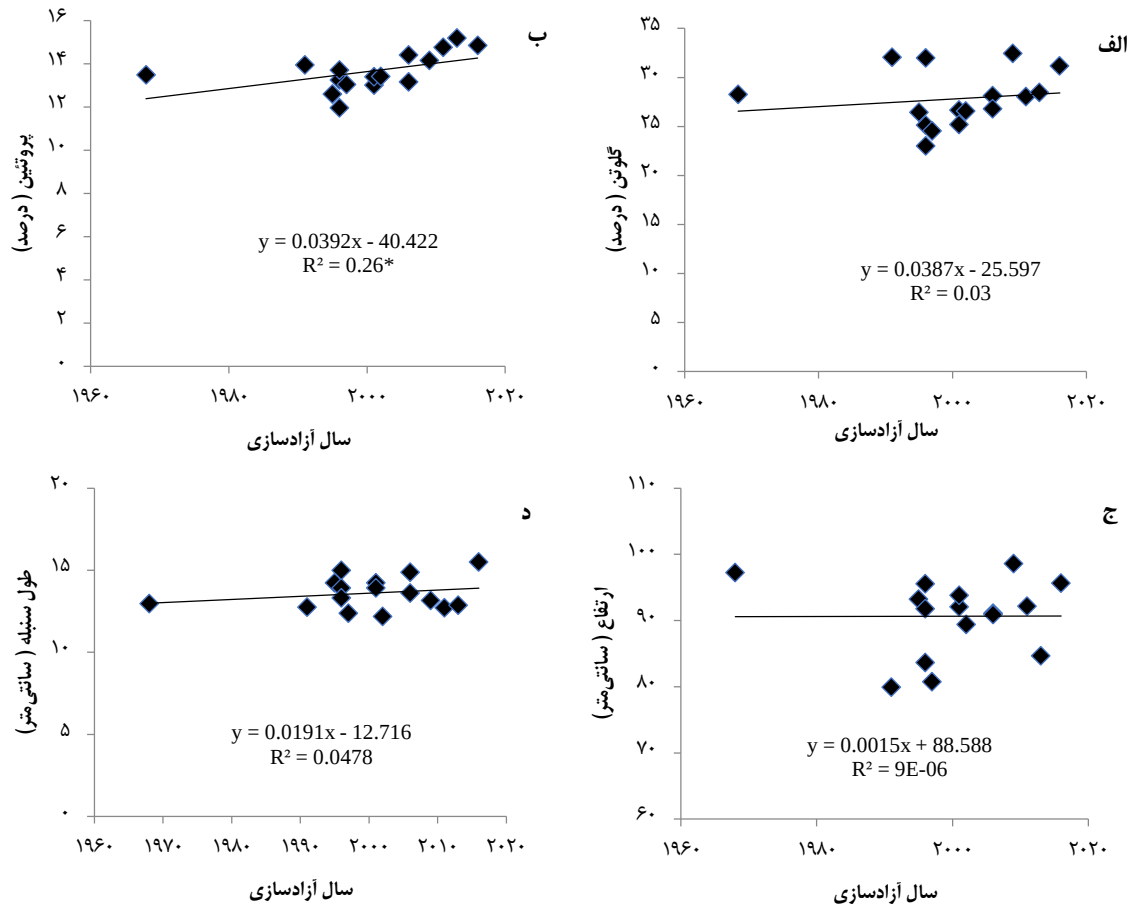
شکل ۲. الف) رابطه بین عملکرد دانه (گرم بر مترمربع)، ب) رابطه بین عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) و ج) رابطه بین شاخص برداشت (درصد) با سال آزاد سازی ارقام

۴. ۳. غلظت پروتئین و گلوتن دانه

دامنه تغییرات غلظت پروتئین دانه بین ۱۲/۲۷ تا ۱۵/۶۶درصد در سال اول و ۹/۷۸ تا ۱۴/۷۷ درصد در سال دوم آزمایش مشاهده شد (جدول ۵). متوسط غلظت پروتئین دانه ارقام گندم در سال اول و دوم به‌ترتیب بین ۱۳/۲۴ و ۱۲/۹۰ درصد بود. هم‌چنین دامنه تغییرات گلوتن دانه بین ۲۲/۷۴ تا ۳۴/۳۴ درصد در سال اول و بین ۲۲/۶۵ تا ۳۱/۸۰ در سال دوم آزمایش بود. تقریباً بین دو سال آزمایش از نظر متوسط درصد گلوتن تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای مشاهده نشد (جدول ۵). بررسی اثر به‌نژادی بر روی این دو صفت نشان داد، که طی ۴۸ سال گذشته میزان غلظت پروتئین و گلوتن دانه افزایش یافته است، اما این افزایش برای گلوتن معنی‌دار نیست. در حالی‌که برای پروتئین در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، به‌نحوی‌که به‌ازای هر سال، غلظت پروتئین دانه ۰/۳۰ درصد افزایش یافته است (شکل ۳- الف و ب).

۴. ۴. ارتفاع بوته و طول سنبله

اثر رقم و اثر متقابل رقم× سال بر روی طول سنبله و ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). دامنه تغییرات ارتفاع بوته و طول سنبله در بین ارقام گندم در سال اول به‌ترتیب بین ۷۸/۸۳ تا ۱۰۱ و بین ۱۲/۱۰ تا ۱۶/۲۸ سانتی‌متر و در سال دوم به‌ترتیب بین ۷۶/۳۳ تا ۱۰۱/۹۱ و بین ۱۱/۴۴ تا ۱۶/۶۸ سانتی‌متر متغیر بود (جدول ۵)، با این حال رابطه معنی‌داری بین ارتفاع بوته و طول سنبله با سال آزادسازی ارقام مشاهده نشد (شکل ۳- ج و د).



شکل ۳. الف) رابطه غلظت گلوتن با سال آزادسازی؛ ب) رابطه غلظت پروتئین با سال آزادسازی؛ ج) رابطه ارتفاع بوته با سال آزادسازی؛ د) رابطه طول سنبله با سال آزادسازی

۴. ۵. تجزیه علیت

نتایج رگرسیون گام به گام مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد که شامل عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور در مترمربع بود، نشان دادند. همان‌طورکه انتظار می‌رفت بیش‌ترین اثرات مستقیم و مثبت بر عملکرد مربوط به شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بود، از طرفی اثر مستقیم ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور در مترمربع بر عملکرد منفی و ناچیز بود (جدول ۷). با این‌حال، بیش‌ترین اثر معنی‌دار منفی و مثبت (مجموع اثر مستقیم و غیرمستقیم) بر عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به تعداد پنجه بارور در مترمربع و شاخص برداشت بود (جدول ۷).

جدول ۷. تجزیه ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه در ارقام مختلف گندم

تعداد پنجه بارور در مترمربع	
اثر مستقیم	-۰/۱۹۲
اثر غیر مستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	۰/۱۳۹
اثر غیر مستقیم از طریق شاخص برداشت	-۰/۵۸۰
اثر غیر مستقیم از طریق ارتفاع بوته	۰/۰۱۳
کل	-۰/۶۱۹*
عملکرد بیولوژیک	
اثر مستقیم	۰/۸۰۹
اثر غیر مستقیم از طریق تعداد پنجه بارور در مترمربع	۰/۰۳۳
اثر غیر مستقیم از طریق شاخص برداشت	-۰/۴۶۶
اثر غیر مستقیم از طریق ارتفاع بوته	۰/۰۰۵
کل	۰/۱۳۵
شاخص برداشت	
اثر مستقیم	۱/۰۵۳
اثر غیر مستقیم از طریق تعداد پنجه بارور در مترمربع	۰/۱۰۶
اثر غیر مستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	-۰/۴۹۶
اثر غیر مستقیم از طریق ارتفاع بوته	۰/۰۱۵
کل	۰/۶۶۷*
ارتفاع بوته	
اثر مستقیم	-۰/۱۰۴
اثر غیر مستقیم از طریق تعداد پنجه بارور در مترمربع	۰/۱۳۰
اثر غیر مستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	-۰/۱۵۳
اثر غیر مستقیم از طریق شاخص برداشت	-۰/۰۳۶
کل	۰/۲۶۹
اثرات باقیمانده	۰/۲۰۵

۵. بحث

تعداد سنبله در واحد سطح تابعی از تراکم بوته، قدرت پنجه‌زنی و بقای پنجه‌ها می‌باشد، با توجه به این‌که در این پژوهش تراکم کاشت یکسان در نظر گرفته شد، لذا عدم تفاوت معنی‌دار بین تعداد سنبله در مترمربع بین اکثر ارقام را می‌توان تا اندازه‌ای به این مسئله نسبت داد، از طرفی نتایج نشان داد که در نیم قرن اخیر فعالیت‌های اصلاحی بر روی ارقام گندم در ایران به سمت تک‌سنبله‌ای پیش رفته است. وادینگتون (۱۹۸۶) همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد سنبله در مترمربع در ارقام گندم آزادشده در مکزیک مشاهده نکردند.

باروری گلچه‌ها متأثر از عوامل محیطی است. دمای زیاد و خشکی از طریق عقیم‌کردن گرده‌ها تأثیر نامطلوبی بر تشکیل اندام‌های زایشی دارد. گرده در مقایسه با سلول تخم و کلاله به شرایط نامطلوب حساسیت بیش‌تری دارد، بنابراین رطوبت کم، دمای زیاد و تشعشع مستقیم خورشید اثرات نامطلوبی بر جوانه‌زنی دانه گرده دارند. براساس گزارش‌های دمای مطلوب گرده‌افشانی و تلقیح در گندم بین ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد است (مورینیکا[1]، ۲۰۶؛ وانگ[2]، ۲۰۱۰). در این آزمایش متوسط دما و حداکثر دما از شروع تا خاتمه گرده‌افشانی در سال اول آزمایش به‌ترتیب ۲۲ و ۳۰/۸

1. Morinaka
2. Wang

درجه‌سانتی‌گراد و در سال دوم آزمایش به‌ترتیب معادل ۱۳/۵۹ و ۱۸/۱۱ درجه سانتی‌گراد بود. این اختلاف دمایی در دو سال آزمایش بیانگر آن است که تعداد دانه در سنبله علاوه بر ژنوتیپ، تحت تأثیر محیط هم می‌باشد، به‌عبارتی محیط از طریق باروری گلچه‌های هر سنبلچه بر روی تعداد دانه در هر سنبله تأثیرگذار می‌باشد. در این آزمایش برخورد دوره گرده‌افشانی در طی سال اول آزمایش با دماهای بالاتر از حد مطلوب باعث عقیم‌ماندن سنبلچه‌ها و به‌ویژه آن‌هایی شد که در ابتدا و انتهای سنبله قرار داشتند و همین امر باعث کاهش تعداد دانه و در نهایت تعداد سنبلچه‌های بارور در سنبله شده است. با توجه به نتایج طی فعالیت‌های اصلاحی در ۴۸ سال گذشته در ایران تعداد دانه در سنبله کاهش و وزن هزاردانه افزایش یافته است. بنابراین با توجه به ثابت‌ماندن تعداد دانه در سنبله، به‌نظر می‌رسد سهم هر دانه از مواد فتوسنتزی بیش‌تر شده است و همین دلیل افزایش وزن هزاردانه می‌باشد، به‌عبارتی محدودیت منبع باعث کاهش وزن دانه بوده است.

در اغلب پژوهش‌هایی که بر روی مبانی فیزیولوژیکی افزایش عملکرد صورت گرفته‌اند، ارتباط بین عملکرد دانه و شاخص برداشت مثبت بوده، اما بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک یا ارتباطی وجود نداشته یا بسیار ضعیف بوده است (مرگونوا[1]، ۲۰۱۰). افزایش عملکرد ممکن است ناشی از افزایش عملکرد بیولوژیک (معمولاً کل ماده خشک بالای سطح خاک) یا شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک) یا هر دوی آن‌ها باشد. اما در این پژوهش شاخص برداشت باعث افزایش در عملکرد دانه شده‌اند. به‌طورکلی، باوجود این‌که افزایش پتانسیل عملکرد غلات دانه ریز مانند گندم، برنج و جو در طی سال‌های گذشته با افزایش شاخص برداشت همراه بوده، همبستگی شاخص برداشت و عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی نیز بالا است (مورینیکا[2]، ۲۰۰۶). احمدی‌راد و همکاران (۱۴۰۱) در پژوهشی بر روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم به این نتیجه رسیدند که برخی صفات مانند ارتفاع بوته و شاخص برداشت به‌عنوان مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه می‌باشد. بنابراین این صفات به‌عنوان شاخص‌های انتخاب در برنامه‌های اصلاحی گندم مفید می‌باشد. در پژوهشی دیگر، رحمتی و همکاران (۱۴۰۱) در ارزیابی پتانسیل عملکرد ژنوتیپ‌های گندم اظهار نمودند که شاخص برداشت به‌عنوان معیار گزینش مناسب برای ژنوتیپ‌های پر محصول برای گندم در نظر گرفته شده است. بیجندی (۱۳۹۵) در مطالعه تغییرات فنولوژیک ارقام زمستانه گندم اظهار نمود که بین شاخص برداشت و عملکرد رابطه مثبت وجود دارد. می‌توان از طریق گزینش با شاخص برداشت عملکرد دانه را تا ۲۰ درصد افزایش داد و هم‌چنین اظهار نمود که شاخص برداشت غلات دانه‌ای ممکن است تا ۶۰ درصد افزایش یابد. در مطالعه‌ای دیگر، رستمی (۱۳۹۷) در مقایسه لاین‌های پیشرفته گندم در زنجان اظهار نمود که شاخص برداشت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گزینش در برنامه‌های به‌نژادی گندم می‌باشد. راحمی (۱۳۹۰) در مطالعه‌ای اظهار نمود که طی سال‌ها فعالیت‌های اصلاحی در جهت بهبود عملکرد گندم، در عملکرد دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب معادل ۲۴/۸۳ و ۸/۱۸ درصد افزایش حاصل شده است به‌عبارتی، به‌ازای هرسال در عملکرد دانه و شاخص برداشت به‌ترتیب ۰/۶۷ و ۰/۲۲ بهبود حاصل شده است.

آستین[3] (۱۹۹۹) اظهار نمود ازآنجایی‌که شاخص برداشت در این پژوهش از بالاترین مقدار تخمین‌زده‌شده (۶۲ درصد) پایین‌تر است (۳۷ درصد)، بنابراین به‌نظر می‌رسد که در آینده یکی از اهداف به‌نژادی این باشد که ضمن حفظ افزایش عملکرد بیولوژیک، ضریب تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه را در جهت افزایش شاخص برداشت، افزایش دهند.

به‌نظر می‌رسد در طی ۴۸ سال آزادسازی ارقام موردمطالعه همراه با افزایش شاخص برداشت دانه احتمالاً شاخص برداشت نیتروژن هم افزایش یافته است که این مسئله می‌تواند تا حدودی روند افزایش درصد پروتئین دانه را توجیه

1. Morgounova
2. Morinaka
3. Astine

نماید. بررسی رابطه بین غلظت پروتئین دانه و عملکرد دانه نشان داد که بین این دو صفت همبستگی مثبتی مشاهده شد (جدول ۵). این رابطه نشان می‌دهد که همراه با افزایش عملکرد دانه در جریان انتخاب کیفیت دانه هم افزایش یافته است. مطالعات دیگر توسط سایر پژوهش‌گران این نتایج را تأیید می‌کنند (تریبیو[1]، ۲۰۰۶).

با توجه به همبستگی منفی ارتفاع بوته با عملکرد دانه می توان بیان داشت که ارتفاع نقش مهمی در سازگاری گندم با محیط دارد، به‌نحوی‌که هر چه ارتفاع کاهش پیدا کند، به همین نسبت باعث کاهش ورس در ارقام می‌شود. هم‌چنین کاهش ارتفاع سبب اختصاص اسیمیلات بیش‌تری به بخش‌های زایشی می‌شود که نتیجه آن افزایش عملکرد و شاخص برداشت می‌باشد. نتایج این آزمایش با نتایج پژوهش‌گر دیگری بر روی گندم مطابقت داشت، ایشان در آزمایشی که در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی سیبری در روسیه بر روی ارقام گندم آزادشده بین سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۸ در این منطقه صورت گرفت، بیان داشتند که در طی سال‌های آزادسازی ارقام تلاشی در جهت تغییر ارتفاع ارقام صورت نگرفت (مرگونوا[2]، ۲۰۱۰).

با توجه به نتایج تجزیه علیت اگرچه اثر مستقیم تعداد پنجه بارور در مترمربع و عملکرد بیولوژیک بر عملکرد به‌ترتیب منفی (ناچیز) و مثبت (معنی‌دار) بود، اما صفت تعداد پنجه بارور از طریق صفت شاخص برداشت، بیش‌ترین تأثیر غیرمستقیم و منفی معنی‌دار بر عملکرد دانه داشت، درحالی‌که عملکرد بیولوژیک به‌دلیل همبستگی منفی و معنی‌دار بالایی که با شاخص برداشت داشت، در مجموع کم‌ترین اثر مثبت بر عملکرد دانه را داشت. ازآنجاکه اثر مستقیم شاخص برداشت بر عملکرد دانه مثبت و بالا و اثر غیرمستقیم شاخص برداشت بر عملکرد دانه از طریق سایر عوامل نسبتاً کوچک است، همبستگی شاخص برداشت با عملکرد دانه به‌طور عمده ناشی از اثر مستقیم آن می‌باشد و چنین وضعیتی حاکی از آن است که همبستگی بین شاخص برداشت و عملکرد ارتباط واقعی این دو متغیر را نشان می‌دهد و بنابراین گزینش مستقیم از طریق این صفت می‌تواند، مؤثر واقع شود. ازآنجاکه اثرات باقیمانده نسبتاً ناچیز است (حدود ۰/۲۰۵)، بنابراین متغیرهای شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و تعداد پنجه بارور در مترمربع و ارتفاع بوته می‌توانند حدود ۹۶ درصد تغییرات عملکرد را توجیه کنند (جدول ۷). بنابراین با توجه به نتایج تجزیه علیت می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب برای عملکرد دانه، براساس سایر صفات و بدون درنظرگرفتن روابط بین آن‌ها، ممکن است نتایج دقیقی ارائه ندهد و لازم است در برنامه‌های به‌نژادی، برای افزایش کارایی انتخاب از نقش روابط بین صفات درک صحیحی به‌دست آید.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج پژوهش حاضر و براساس نتایج همبستگی، رگرسیون و تجزیه علیت، عملکرد کیفی و کمی دانه در طی فعالیت‌های به‌نژادی ۴۸ سال گذشته در ایران افزایش یافته است، هم‌چنین مهم‌ترین صفاتی که در عملکرد دانه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم نقش داشتند شامل عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع بوته و تعداد پنجه بارور در مترمربع بود، از طرفی صفت شاخص برداشت به‌عنوان مهم‌ترین صفت مؤثر بر عملکرد دانه در گندم تعیین شد. با این‌حال، صفت تعداد پنجه بارور در مترمربع در کاهش عملکرد دانه نقش معنی‌داری داشت. لذا به به‌نژادگران توصیه می‌شود که بر روی این صفات در جهت بهبود عملکرد دانه پژوهش‌هایی انجام شود.

1. Triboi
2. Morgounova

۷. تشکر و قدردانی

از حمایت‌های استادان گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی گنبد و دانشکده کشاورزی شیروان که یاری‌بخش ما در اجرای مطلوب طرح مذکور بودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافعی توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

احمدی‌راد، امین؛ محمدی، رضا؛ اطمینان، علیرضا؛ شوشتری، لیلا و مهراس مهرابی، علی (۱۴۰۱). ارزیابی مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گندم دوروم در شرایط دیم. *تحقیقات غلات*، ۱۲(۱)،۲۱-۴۴.

بیجندی، علی (۱۳۹۵). مطالعه تغییرات فنولوژیک ارقام زمستانه گندم تحت اثر تاریخ کاشت، تنش خشکی و سطوح نیتروژن و رابطه آن با عملکرد و اجزای عملکرد. *رساله دکتری*. به راهنمایی محمد کافی. مشهد: دانشگاه فردوسی، دانشکده کشاورزی.

راحمی کاریزکی، علی (۱۳۹۰). بررسی روند تغییرات خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مؤثر بر بهبود عملکرد گندم. *رساله دکتری*. به راهنمایی سدالله گالشی. گرگان: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی.

راحمی کاریزکی، علی؛ رضایی، هادی؛ قلی‌زاده، عبدالطیف؛ نخزری مقدم، علی؛ و معصومی، نعیمه (۱۳۹۸). بررسی واکنش ارقام گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) در دومنطقه نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب استان گلستان. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، *۱۷*(۴)، ۵۵۹-۵۷۹.

راحمی کاریزکی، علی؛ گالشی، سرالله و سلطانی، افشین (۱۳۹۴). ارزیابی بهبود سرعت و دوره رشد دانه طی فرایندهای اصلاحی در ارقام گندم.*نشریه پژوهش‌های تولیدات گیاهی*، ۲۲(۱)، ۲۳-۳۸.

رحمتی، مهنار؛ احمدی، علی؛ میناپور، علی و حمیدیان، کیانوش (۱۴۰۱). ارزیابی پتاسیل عملکرد ژنوتیپ‌های گندم دیم در شرایط بهره‌بردار. *تحقیقات علوم زراعی در مناطق خشک*، ۴(۱)، ۲۶۳-۲۷۵.

رستمی، زینب (۱۳۹۷). مقایسه لاین‌های پیشرفته گندم برای شرایط دیم زنجان. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد*. به راهنمایی جلال صبا. زنجان: دانشگاه زنجان، دانشکده کشاورزی.

References

Ahmadirad, A., Mohammadi, R., Tsait, A., Shushtri, L., & Mehras Mehrabi, A. (2021). Morphological evaluation of durum wheat genotypes under dry conditions. *Cereal Research, 12*(1), 21-44. (In Persian).

Astine, R. B. (1999). Yield of wheat in United Kingdom: Recent advances and prospect. *Crop Scence Society Of America*. *39*, 1604-1610. https://doi.org/10.2135/cropsci1999.3961604x

Aydin, N., Mut, Z., & Ozcan, H. (2010). Estimation of broad-sense heritability for grain yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment, 8*(2), 419-421.

Bijandi, A. (2015). Studying the phenological changes of winter wheat cultivars under the effect of planting date, drought stress and nitrogen levels and its relationship with yield and yield components. Ph.D. Thesis. under the guidance of Mohammad Kafi. Mashhad: Ferdowsi University, Faculty of Agriculture. (In Persian).

Brancourt-Hulmel, M., Doussinault, G., Lecomte, C., Be´rard, P., Le Buanec, B., & Trottet, M. (2003). Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992. *Crop Science 43*, 37-45

Buczek, J., Migut, D., & Jańczak-Pieniążek, M. (2021). Effect of soil tillage practice on photosynthesis, grain yield and quality of hybrid winter wheat. *Agriculture*, *11*(6), 479. https://doi.org/10.3390/agriculture11060479.

Chairi, F., Vergara-Diaz, O., Vatter, T., Aparicio, N., Nieto-Taladriz, M. T., Kefauver, S. C., Bort, J., Serret, M. D., & Araus, J. L. (2018). Post-green revolution genetic advance in durum wheat: the case of Spain. *Field Crop Reserch*, *228*, 58-169. https://doi.org/ 10.1016/j.fcr.2018.09.003.

Del Pozo, A., Yáñez, A., Matus, I. A., Tapia, G., Castillo, D., Sanchez-Jardón, L., & Araus, J. L. (2016). Physiological traits associated with wheat yield potential and performance under water-stress in a Mediterranean environment. *Frontiers in Plant Science*, *7*, 987.

Esmaeilzadeh Moghaddam, M., Jalal Kamali, M. R., Anet, Z., Roshani M., & Ghodsi, M. (2014). Temporal variation in phenological characteristics, grain yield, and yield components of spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars released in Iran between 1952 and (2009). *Crop Breeding Journal 4*(1), 57-64

Ferreira, A. S., Balbinot Junior, A. A., Werner, F., Zucareli, C., Franchini, J. C., & Debiasi, H. (2016). Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. *Bragantia*, *7*3(3), 362-370. https://doi.org/10.1590/1678-4499.479.

Fischer, R. A., & Edmeades, G. O. (2010). Breeding and cereal yield progress. *Crop Science*, *50*, 85–98.

Fisher, R. A., & Kohn, G. D. (1999). The relationships of grain yield to vegetative growth and post-flowering leaf area in the wheat crop under conditions of limited soil moisture. *Australian Journal of Agricultural Research*, *17*(2), 281-295.

Graybosch, R. A., & Peterson, C. J. (2010). Genetic improvement in winter wheat yields in the Great Plains of North America, 1959-2008. *Crop Science*, *50*, 1882-1890.

Kahiluoto, H., Kaseva, J., Balek, J., Olesen, J. E., Ruiz-Ramos, M., Gobin, A., Kersebaum, K. C., Tak´a˘c, J., Ruget, F., Ferrise, R., Bezak, P., Capellades, G., Dibari, C., M¨akinen, H., Nendel, C., Ventrella, D., Rodríguez, A., Bindi, M., & Trnka, M. (2019). Decline in climate resilience of European wheat. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *116*, 123-128. https://doi.org/ 10.1073/pnas.1804387115.

Li, H., Rasheed, A., Hickey, L. T., & He, Z. (2018). Fast-forwarding genetic gain. *Trends Plant Science*, *23*, 184-186. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.01.007.

Liu, Y., Zhang, P., Li, M., Chang, L., Cheng, H., Chai, S., & Yang, D. (2020). Dynamic responses of accumulation and remobilization of water soluble carbohydrates in wheat stem to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, *155*, 262-270. https://doi.org/10.1016/j.plaphy. 2020.07.024.

Lopes, M. S., El-Basyoni, I., Baenziger, P. S., Singh, S., Royo, C., Ozbek, K., Aktas, H., Ozer, E., Ozdemir, F., Manickavelu, A., Ban, T., & Vikram, P. (2015). Exploiting genetic diversity from landraces in wheat breeding for adaptation to climate change. *Journal of Experimental Botany*, *66*(12), 3477-3486.

Moradi, L., Siosemardeh, A., Sohrabi, Y., Bahramnejad, B., & Hosseinpanahi, F. (2022). Dry matter remobilization and associated traits, grain yield stability, N utilization, and grain protein concentration in wheat cultivars under supplemental irrigation. *Agricultural Water Management*, *263*, 107449. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107449.

Morgounova, A., Zykinb, V., Belanb, I., Roseevab, L., Zelenskiyc, Yu., Budakd, H., & Bekese, F. (2010). Genetic gains for grain yield in high latitude spring wheat grown in Western. Siberia in 1900-2008. *Field Crops Research*, *117*, 101-112. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.02.001.

Morinaka, Y., Sakamoto, T., Inukai, Y., Agetsuma, M., Kitano, H., Ashikari, M., & Matsuoka, M. (2006). Morphological alteration caused by brassinosteroid insensitivity increases the biomass and grain production of rice. *Plant Physiology*, *141*, 924-931. https://doi.org/10.1104/pp.106.077081.

Muurinen, S., Kleemola, J., & Peltonen-Sainio, P. (2007). Accumulation and translocation of nitrogen in spring cereal cultivars differing in nitrogen use efficiency. *Agronomy Journal*, *99*, 441-449. https://doi.org/10.2134/agronj2006.0107.

RahemiKarizaki, A., Galeshi, S., & Soltani, A. (2015). Evaluation of improvement of rate and duration of grain filling duration inbreeding processes in wheat cultivars. *Journal of Plant Production Research*, *22*(1), 23-37. https://doi.org/20.1001.1.23222050.1394.22.1.2.9. (In Persian).

RahemiKarizaki, A., Rezaei, H., Gholizadeh, A., Nakhzari, A., & Naeemi, M. (2020). Study of the Response of Rainfed Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars in Semi-arid and Semi-humid Regions of Golestan Province. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *17*(4), 579-590. DOI:10.22067/GSC.V17I4.77484. (In Persian).

Rahmati, M, Ahmadi, A., Minapour, A., & Hamidian, K. (2021). Evaluation of the yield potential of dryland wheat genotypes under the operating conditions. *Agricultural Science Research in Arid Regions*, *4*(1), 263-275. (In Persian).

RahemiKarizki, A. (2011). Investigating the process of changes in physiological and morphological characteristics affecting the improvement of wheat yield. Ph.D. Thesis. Guided by Sadullah Galshi. Gorgan: University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Faculty of Agriculture. (In Persian).

Rezaei, E. E., Ghazaryan, G., Moradi, R., Dubovyk, O., & Siebert, S. (2021). Crop harvested area, not yield, drives variability in crop production in Iran. *Environmental Research Letters*, *16*(6), 064058. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfe29.

Rezzouk, F. Z., Gracia-Romero, A., Kefauver, S. C., Nieto-Taladriz, M. T., Serret, M. D., & Araus, J. L. (2022). Durum wheat ideotypes in Mediterranean environments differing in water and temperature conditions. *Agricultural Water Management*, *259*, 107-257. https://doi.org/10.1016/j.agwat. 2021.107257.

Rostami, Z. (2017). Comparison of advanced wheat lines for dry conditions in Zanjan. Master's thesis. With the guidance of Jalal Saba. Zanjan: Zanjan University, Faculty of Agriculture. (In Persian).

Roy, C., Chattopadhyay, T., Ranjan, R. D., Ul-Hasan, W., Kumar, A., & De, N. (2021). Association of leaf chlorophyll content with the stay-green trait and grain yield in wheat grown under heat stress conditions. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, *57*, 140-148.

Ruisi, P., Ingraffia, R., Urso, V., Giambalvo, D., Alfonzo, A., Corona, O., & Frenda, A. S. (2021). Influence of grain quality, semolinas and baker's yeast on bread made from old landraces and modern genotypes of Sicilian durum wheat. *Food Research International*, *140*, 110029. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110029.

Sadras, V. O., & Lawson, C. (2011). Genetic gain in yield and associated changes in phenotype, trait plasticity and competitive ability of South Australian wheat varieties released between 1958 and 2007. *Crop and Pasture Science*, *62*, 533-549.

Sanchez-Garcia, M., Royo, C., Aparicio, N. J. A., & Álvaro, F. (2012). Genetic improvement of bread wheat yield and associated traits in Spain during the 20th century. *Journal of Agricultural Science*, *151*(1), 105-118.

Slafer, G. A., & Andrade, F. H. (1999). Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different ears. *Field Crop Reserch*, *31*,351-367. http://dx.doi.org/10.1016/0378-4290(93)90073-V.

Sousa, D. P., Souza, P. J. O. P., Silva Farias, V. D., Caldas Nunes, H. G., Ferreira, D. P., Novoa, J. V. P., & Alves de Lima, M. J. (2018). Radiation use efficiency for Cowpea subjected to different irrigation depths under the climatic conditions of the Northeast of Para State. *Revista Brasileira de Meteorologia*, *33*(4), 579 587. http://dx.doi.org/10.1590/0102- 7786334001.

Triboi, E., Martre, P., Girousse, C., Ravel, C., & Triboi-Blondel, A. M. (2006). Unravelling environmental and genetic relationships between grain yield and nitrogen concentration for wheat. *Eur. J. Agron*., *25*, 108-118. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.04.004.

Waddington, S. R., Raansom, J. K., Osmanzai, M., & Sanders, D. A. (1986). Improvement in the yield potential of bread wheat adapted to northwest Mexico. *Crop Science*, *67*, 325-333. https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600040012x.

Wang, L., Chen, F. Zhang, F., & Mi, G. (2010). Two strategies for achieving higher yield under phosphorus deficiency in winter wheat grown in field conditions. *Field Crops Research*, *118*, 36-42. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.04.002.

Zhang, H., Wang, X., Zhu, J., & Kuo, C. C. J. (2019). Fast face detection on mobile devices byleveraging global and local facial characteristics.*Signal Processing: Image Communication*, *78*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.image.2019.05.016.

Zhou, Y., He, Z.H., Sui, X.X., Xia, X.C., Zhang, K., & Zhang, G.S. (2007). Genetic improvement of grain yield and associated traits in the Northern China winter wheat region from 1960 to 2000. *Crop Science*, *47*, 245-253.