Vol 25, No. 4, Winter 2023

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

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

Wheat Yield Response to Growing Degree Days of Post/Pre Anthesis Stages

Mehdi Joudi✉

Corresponding Author, Meshgin Shahr Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
E-mail: joudi@uma.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 28 January 2023
Received in revised form
11 September 2023
Accepted 24 September 2023
Published online 13 December 2023

Keywords:
Grain yield
Growing Degree Days
Ratio of post-to pre-anthesis duration
Wheat

ABSTRACT

Objective: The aim of this research was to study the ratio of post- to pre-anthesis duration in wheat plant and to investigate its possible association with grain yield.

Methods: This research was conducted under well-watered condition according to lattice design with two replications. The 81 Iranian wheat cultivars were studied at the research farm of Moghan college of Agriculture and Natural Resources. Duration of phenological events were expressed based on growing degree days (GDD).

Results: Results showed that the amount of GDD for sowing-anthsis, sowing-maturity, and anthsis-maturity ranged from 1287-1584, 2076-2265, and 644-847 ºCd, respectively. When averaged among cultivars, it was found that 65 and 35% of total GDD was accumulated from sowing to anthesis and from anthesis to maturity, respectively. In other words, ratio of post - to pre anthesis GDD was 0.54. The ratio of post- to pre anthesis GDD ranged from 0.43 to 0.63 among examined cultivars. When the ratio of post- to pre-anthesis GDD was regressed against the grain yield, a quadratic curve was fitted. So that, the grain yield was increased with the increasing of post- to pre anthesis GDD up to 0.57, remained constant between 0.57-0.61, but declined with further increasing of this parameter.

Conclusion: Based on the obtained results, the balance between post- to pre-anthesis duration in wheat plant may result in increased grain yield.

Cite this article: Joudi, M. (2023). Wheat Yield Response to Growing Degree Days of Post/Pre Anthesis Stages. *Journal of Crops Improvement*, 25 (4), 1039-1052. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.354465.2790

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.354465.2790

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

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

تأثیرپذیری عملکرد گندم از مقدار درجه روز رشد در طی گرده‌افشانی– رسیدگی نسبت به کاشت– گرده‌افشانی

مهدی جودی✉

نویسنده مسئول، دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: joudi@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

کلیدواژه‌ها:

درجه روز رشد

عملکرد دانه

گندم

نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی

چکیده

هدف: هدف پژوهش حاضر تعیین نسبت طول دوره بعد از گرده‌افشانی به قبل از گرده‌افشانی و نحوه ارتباط آن با عملکرد دانه در گندم بود.

روش پژوهش: این پژوهش در شرایط فاریاب و در قالب طرح لاتیس ساده و با دو تکرار اجرا شد. تعداد ۸۱ رقم گندم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان موردمطالعه قرار گرفتند. طول مراحل نموی ارقام برحسب درجه روز رشد محاسبه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد مقدار درجه روز رشد کاشت– گرده‌افشانی بین ۱۵۸۴–۱۲۸۷، کاشت– رسیدگی فیزیولوژیک بین ۲۲۶۵–۲۰۷۶ و گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک بین ۸۴۷–۶۴۴ درجه روز رشد متغیر بود. میانگین ارقام نشان داد از کل درجه روز رشد، ۶۵ درصد مربوط به کاشت– گرده‌افشانی و ۳۵ درصد مربوط به گرده افشانی– رسیدگی فیزیولوژیک بود. به عبارتی دیگر نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی ۰/۵۴ بود. زمانی که ارقام به‌صورت جداگانه بررسی گردید، مشخص شد که نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی بین ۰/۴۳ تا ۰/۶۳ متغیر است. بررسی رگرسیونی نشان داد که ارتباط بین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی و عملکرد دانه به‌صورت تابع درجه دوم می‌باشد. به‌طوری‌که افزایش نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی تا ۰/۵۷ باعث افزایش عملکرد دانه شد. در نسبت‌های بین ۰/۶۱–۰/۵۷ عملکرد دانه ثابت و در نسبت‌های بالاتر از ۰/۶۱، عملکرد دانه کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصله، باید یک تعادلی بین طول دوره بعد و قبل از گرده‌افشانی در گندم وجود داشته باشد تا حداکثر عملکرد دانه حاصل شود.

استناد: جودی، مهدی (۱۴۰۲). تأثیرپذیری عملکرد گندم از مقدار درجه روز رشد در طی گرده‌افشانی– رسیدگی نسبت به کاشت– گرده‌افشانی. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۴)، ۱۰۵۲–۱۰۳۹. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.354465.2790

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

کمبود مواد غذایی یکی از مهم‌ترین مشکلات جهانی در قرن حاضر می‌باشد. برآوردها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۵۰ میلادی تقاضا برای مواد غذایی بین ۵۶-۳۵ درصد افزایش می‌یابد. تحت این شرایط و با احتساب تغییرات در شرایط اقلیمی ممکن است تا ۳۰ درصد جمعیت جهان با کمبود مواد غذایی مواجه شوند (Van Dijk *et al*., 2021). گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیر کشت و میزان تولید در جهان بوده و نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری داشته است.

زمان وقوع مراحل مختلف نموی (فنولوژیکی) گیاه گندم و نیز طول این مراحل از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین‌کننده عملکرد گیاه گندم می‌باشد. در همین راستا گزارش شده است که جهت دستیابی به حداکثر تعداد و اندازه دانه (پتانسیل عملکرد)، گیاهان گندم باید به موقع استقرار یافته و زیست‌توده مناسب تولید نمایند. این گیاهان باید زمانی وارد گلدهی شوند که شرایط محیطی از جمله دما، نور و رطوبت در اپتیمم مقدار خود قرار داشته باشند (Trethowan, 2014). اگر در اواخر زمستان و قبل از برطرف‌شدن سرما، آغازه‌های گل در مریستم انتهایی گیاهچه‌های گندم تولید شوند، احتمال خسارت به ساختارهای زایشی گیاه وجود دارد. در ادامه فصل، رشد این گیاهان در سطوح پایین نور خورشید انجام شده و در مجموع عملکرد کاهش خواهد یافت (Dreccer *et al*., 2018). در مقابل، پیدایش دیرهنگام گل‌ها در گیاهچه‌ها باعث می‌گردد گرده‌افشانی و پرشدن دانه با تنش‌های گرمایی و خشکی انتهای فصل رشد برخورد کرده و مقدار تولید گیاه باز کاهش یابد (Flohr *et al*., 2017). شناخت و آگاهی از تنوع ژنتیکی برای مراحل مهم نموی و نیز نحوه ارتباط این مراحل با توان تولید در طیف وسیعی از ارقام گندم، اطلاعات ارزشمندی در راستای اصلاح و معرفی ارقام با عملکرد دانه بالا فراهم می‌نماید (Hyles *et al*., 2020). با وجود این‌که کارهای زیادی در خصوص رابطه بین مراحل نموی و عملکرد دانه گندم انجام شده است اما اطلاعات در خصوص نسبت طول دوره بعد از گرده‌افشانی به قبل از گرده‌افشانی در گندم‌های ایرانی وجود ندارد. هدف پژوهش حاضر به‌دست‌آوردن مقدار نسبت مذکور برحسب درجه روز رشد و نحوه ارتباط آن با عملکرد دانه در ۸۱ رقم از گندم‌های ایرانی رشدیافته در منطقه مغان بود.

۲. پیشینه پژوهش

زمان گرده‌افشانی گندم و بنابراین فاصله کاشت تا گرده‌افشانی و فاصله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک (طول پرشدن دانه) از مهم‌ترین مراحل نموی تأثیر گذار بر عملکرد دانه گندم می‌باشد. در این راستا، پژوهش‌گران مختلف در داخل و خارج کشور مطالعات متعدد انجام داده و گزارش‌های مختلفی ارائه کرده‌اند. تعدادی از پژوهش‌گران بر این باورند که گرده‌افشانی زودهنگام گیاهان گندم در شرایط با تنش آخر فصل رشد منجر به تولید عملکرد بالا خواهد شد. آن‌ها اعتقاد دارند که با گرده‌افشانی زودهنگام مرحله پرشدن دانه در شرایط محیطی مطلوب‌تری انجام شده و اثر تنش‌های خشکی و دمایی آخر فصل رشد به حداقل می‌رسد (Shavrukov *et al*., 2017). در مقابل بررسی‌های پژوهش‌گران ایتالیایی بر روی گندم دوروم رشد یافته در نواحی مدیترانه‌ای مشخص کرد تغییرات در زمان گرده‌افشانی و بنابراین افزایش یا کاهش طول دوره پرشدن دانه تأثیری بر روی عملکرد دانه نداشت (Garofalo & Rinaldi, 2013).

گیاهان بعد از تکمیل گرده‌افشانی، بیش‌تر مواد فتوسنتزی جاری و ذخیره خود را به طرف دانه‌های در حال رشد می‌فرستند (Joudi, 2017). به‌نظر می‌رسد که طولانی‌بودن مرحله پرشدن دانه (گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک) فرصت کافی برای صدور مواد فتوسنتزی به دانه و در نتیجه افزایش عملکرد را فراهم سازد. در پژوهشی دو ساله که بر روی ۸۶ رقم زراعی و ۱۸۴ توده بومی گندم ایرانی در کرج انجام شد، گزارش گردید در ارقام زراعی با عملکرد دانه بالا،

درجه روز رشد برای طول پرشدن دانه بیش‌تر از توده‌های بومی بود که نشان‌دهنده گزینش مستقیم یا غیر مستقیم برای افزایش طول دوره پرشدن در برنامه‌های اصلاحی گندم می‌باشد (علیپور و همکاران، ۱۳۹۹). ارتباط بسیار نزدیک بین طول دوره پرشدن دانه و عملکرد دانه توسط پژوهش‌گران دیگر نیز گزارش شده است (Fischer *et al*., 2011; De vita *et al*., 2007). با وجود این در پژوهشی که در آن اثر تیمارهای دمایی بالا بر روی دو رقم گندم نان و دو رقم گندم دوروم در شرایط گلخانه مطالعه شد، گزارش گردید تأثیر سرعت پرشدن دانه بر روی عملکرد گندم بیش‌تر از طول پرشدن دانه بود. طول پرشدن دانه توسط دما کاهش می‌یافت و این در حالی بود که سرعت پرشدن دانه توسط ژنتیک تعیین می‌شد (Dias & Lidon, 2009). در همین راستا گزارش شده است تحت شرایط مدیترانه‌ای گزینش برای ارقام با رسیدگی زودهنگام و طول دوره قبل از گرده‌افشانی طولانی‌تر (کاشت–گرده‌افشانی طولانی‌تر) منجر به عملکرد بالا خواهد بود. چنین تغییری باعث کوتاه‌شدن طول دوره پرشدن دانه خواهد شد که با افزایش سرعت پرشدن دانه قابل جبران خواهد بود (Al-Karaki, 2012). در مقابل نتایج پژوهش سه ساله بر روی گندم‌های دوروم در ترکیه مشخص کرد که درجه روز–رشد تا رسیدگی فیزیولوژیک رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت درحالی‌که فاصله زمانی کاشت–گرده‌افشانی عموماً ارتباطی با عملکرد نداشت (Akkaya *et al*., 2006). این گزارشات نشان می‌دهند که شرایط اگرو–اکولوژیکی بر روی رشدونمو گیاهان اثر گذاشته است. بنابراین رابطه بین مراحل نموی و عملکرد دانه که در یک منطقه مشاهده شده است ضرورتاً در منطقه دیگر با آب‌وهوای متفاوت دیده نخواهد شد.

نسبت طول دوره بعد از گرده‌افشانی به قبل از گرده‌افشانی برای اولین بار بر روی گندم‌های دوروم گزارش شد (Akkaya *et al*., 2006). برای محاسبه این نسبت، درجه روز رشد از گرده‌افشانی تا رسیدگی (طول دوره پرشدن دانه) به درجه روز رشد از کاشت تا گرده‌افشانی تقسیم می‌شود. این پژوهش‌گران مقدار بهینه نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی در گندم‌های دوروم را ۰/۵۱۲ عنوان کردند و اشاره کردند مقادیر بیش‌تر یا کم‌تر نسبت مذکور با کاهش عملکرد همراه خواهد بود. این امر بدین معنی است که باید یک تعادلی بین طول دوره رشد در بعد و قبل از گرده‌افشانی در گندم‌های دوروم وجود داشته باشد تا حداکثر عملکرد دانه حاصل شود.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش مزرعه‌ای در طی سال زراعی ۹۰–۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی– پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان– دانشگاه محقق اردبیلی (۳۹ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی، ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا) اجرا شد. دشت مغان جزو مناطق نیمه‌خشک بوده و دارای زمستان نیمه‌سرد و تابستان گرم و نسبتاً مرطوب است. آب‌وهوای منطقه امکان رشد و تولید عملکرد مطلوب برای اکثر ارقام گندم‌های معرفی‌شده در کشور را فراهم ساخته به‌طوری‌که این منطقه یکی از محل‌های اصلی تکثیر ارقام گندم در کشور می‌باشد. خاک محل آزمایش براساس علائم ظاهری و شکل‌پذیری آن، لومی– رسی تشخیص داده شد.

پژوهش موردنظر در شرایط فاریاب و در قالب طرح لاتیس ساده (شامل نُه بلوک ناقص) و با دو تکرار اجرا شد. تعداد ۷۵ رقم گندم نان ایرانی به‌همراه دو رقم گندم نان خارجی (کاز و مانتانا) و چهار رقم دوروم (یاواروس، سیمینه، شووامالد و استارک) موردمطالعه قرار گرفتند (جدول ۱). آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح، کودپاشی (۲۰۰ کیلوگرم فسفات دی‌آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و ایجاد جوی و پشته (با استفاده از فاروئر) در آبان‌ماه سال ۱۳۸۹ انجام شد. عرض پشته‌ها برای کشت نهایی ۲۵ سانتی‌متر بود. هر کرت شامل چهار ردیف با فواصل ۲۰ سانتی‌متر و به طول ۲ متر بود. بذور ارقام روی پشته‌ها به‌صورت دستی و با استفاده از فوکای دو دندانه مناسب کاشته شدند.

جدول ۱. لیست ارقام گندم کشت‌شده در منطقه مغان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

شماره	اسم رقم	سال معرفی	منشأ	تیپ رشد	شماره	اسم رقم	سال معرفی	منشأ	تیپ رشد
۱	آرتا	۱۳۸۵	ایران	بهاره	۴۲	شاهی	۱۳۴۶	ایران	زمستانه
۲	آزادی	۱۳۵۸	ایران	پاییزه	۴۳	شعله	۱۳۳۶	ایران	بهاره
۳	آذر	۱۳۳۵	ایران	بینابین	۴۴	شوامالد (کرخه)	۱۳۸۲	سیمیت	بهاره
۴	آذر ۲	۱۳۷۸	ایران	بینابین	۴۵	شهریار	۱۳۸۱	ایران	زمستانه
۵	اترک	۱۳۷۴	سیمیت	بهاره	۴۶	شیرودی	۱۳۷۶	سیمیت	بهاره
۶	اروند موتانت	۱۳۵۲	ایران	نیمه بهاره	۴۷	شیراز	۱۳۸۱	ایران	بهاره
۷	استار	۱۳۷۴	سیمیت	بهاره	۴۸	طبسی	۱۳۳۰	ایران	بهاره
۸	اکبری	۱۳۸۵	ایران	بهاره	۴۹	عدل	۱۳۴۱	ایران	بهاره
۹	البرز	۱۳۵۷	سیمیت	نیمه بهاره	۵۰	فرونتانا	–	برزیل	بهاره
۱۰	الوند	۱۳۷۴	ایران	بینابین	۵۱	فلات	۱۳۶۹	سیمیت	بهاره
۱۱	الموت	۱۳۷۴	ایران	زمستانه	۵۲	فونگ	–	چین	زمستانه
۱۲	امید	۱۳۳۵	ایران	زمستانه	۵۳	قدس	۱۳۶۸	ایران	بینابین
۱۳	اینیاء	۱۳۴۷	سیمیت	بینابین	۵۴	کاوه	۱۳۵۹	ایران	بینابین
۱۴	بک کراس روشن بهاره	۱۳۷۷	ایران	بهاره	۵۵	کاسکوژن	۱۳۷۳	فرانسه	زمستانه
۱۵	بک کراس روشن زمستانه	۱۳۷۷	ایران	زمستانه	۵۶	کراس البرز	–	ایران	بهاره
۱۶	بم	۱۳۸۵	ایران	بینابین	۵۷	کراس شاهی	–	ایران	زمستانه
۱۷	بولانی	–	ایران	بهاره	۵۸	کراس فلات هامون	۱۳۸۱	ایران	–
۱۸	بیات	۱۳۵۵	ایران	بهاره	۵۹	کویر	۱۳۷۶	ایران	بهاره
۱۹	بیستون	۱۳۵۹	ایران	زمستانه	۶۰	کرج ۱	۱۳۵۲	ایران	بهاره
۲۰	پیشتاز	۱۳۸۱	ایران	بهاره	۶۱	کرج ۲	۱۳۵۲	ایران	بینابین
۲۱	چمران	۱۳۷۶	سیمیت	بهاره	۶۲	کرج ۳	۱۳۵۵	ایران	زمستانه
۲۲	چناب	۱۳۵۴	ایران	–	۶۳	گاسپارد	۱۳۷۳	فرانسه	زمستانه
۲۳	خزر ۱	۱۳۵۲	ایران	بهاره	۶۴	گلستان	۱۳۶۵	سیمیت	بهاره
۲۴	خلیج	۱۳۳۹	ایران	بهاره	۶۵	مارون	۱۳۷۰	ایران	بهاره
۲۵	داراب ۲	۱۳۷۴	سیمیت	بهاره	۶۶	مرودشت	۱۳۷۸	ایران	بهاره
۲۶	دریا	۱۳۸۵	سیمیت	بهاره	۶۷	مغان ۱	۱۳۵۲	ایران	بهاره
۲۷	دز	۱۳۸۱	سیمیت	بهاره	۶۸	مغان ۲	۱۳۵۳	سیمیت	بهاره
۲۸	دوروم یاواروس	۱۳۷۵	سیمیت	بهاره	۶۹	مغان ۳	۱۳۸۵	ایران	بهاره
۲۹	رسول	۱۳۷۱	سیمیت	بهاره	۷۰	مهدوی	۱۳۷۴	ایران	بینابین
۳۰	روشن	۱۳۳۷	ایران	بینابین	۷۱	ناز	۱۳۵۷	سیمیت	بهاره
۳۱	زاکرس	۱۳۷۵	ایکاردا	بهاره	۷۲	نوید	۱۳۴۷	ایران	بینابین
۳۲	زرین	۱۳۷۴	ایران	بینابین	۷۳	نیک نژاد	۱۳۷۴	ایکاردا	بهاره
۳۳	سایسون	۱۳۷۳	فرانسه	زمستانه	۷۴	هامون	۱۳۸۱	ایران	بهاره
۳۴	سبلان	۱۳۶۰	ایران	زمستانه	۷۵	هیرمند	۱۳۷۰	ایران	بهاره
۳۵	سپاهان	۱۳۸۵	ایران	بهاره	۷۶	وری ناک	–	سیمیت	–
۳۶	سرخ تخم	۱۳۳۶	ایران	–	۷۷	DN-11	–	سیمیت	بهاره
۳۷	سرداری	۱۳۰۹	ایران	زمستانه	۷۸	استارک	۱۳۸۴	سیمیت	–
۳۸	سومای ۳	–	چین	–	۷۹	WS-82-9	–	–	بهاره
۳۹	سیستان	۱۳۸۵	ایکاردا	بهاره	۸۰	کاز	–	–	–
۴۰	سیمینه	۱۳۷۶	ایران	زمستانه	۸۱	مانتانا	–	–	–
۴۱	شاه‌پسند	۱۳۲۱	ایران	زمستانه					

مقدار بذر مورداستفاده ارقام براساس وزن هزاردانه آن‌ها تنظیم شد تا تراکم بوته ۳۰۰ عدد در مترمربع باشد. مزرعه آزمایشی در اول آذرماه سال ۱۳۸۹ آبیاری شد. آبیاری‌های بعدی مطابق با عرف در منطقه و در زمان‌های اول ساقه‌دهی (اواسط فروردین‌ماه)، آخر ساقه‌دهی (اوایل اردیبهشت‌ماه)، گرده‌افشانی (اواسط اردیبهشت‌ماه) و پرشدن دانه (اواخر اردیبهشت‌ماه و اوایل خردادماه) انجام گرفت. جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ و پهن‌برگ از علف‌کش‌های

گرانستار و تاپیک استفاده شد. مخلوط علف‌کش‌های مذکور با نسبت مناسب (۲۵ گرم گرانستار به‌همراه ۰/۶ لیتر تاپیک در هر هکتار) در اواخر اسفندماه بر روی مزرعه پاشیده شد. مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک دانه برای کلیه ارقام (به‌صورت جداگانه) ثبت گردید. خروج دانه‌های گرده از سنبله نشان‌دهنده گرده‌افشانی و زردشدن میانگره آخر (پدانکل) و نیز خود سنبله شاخص رسیدگی فیزیولوژیک بود (Joudi *et al*., 2014). با توجه به متغیربودن شرایط آب‌وهوایی در طی سال‌های مختلف و اثر آن روی مراحل نموی گیاه، طول مراحل نموی به‌صورت درجه روز رشد (GDD)[1] و با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (Isidro *et al*., 2011; Liang *et al*., 2019).

$$GDD = \Sigma \quad \frac{[Tmax+Tmin]}{2} \text{ -Tb}$$ رابطه ۱)

در این فرمول، Tmax و Tmin به‌ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه و Tb دمای پایه (۵ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (Mukherjee *et al*., 2019). نسبت طول دوره بعد از گرده‌افشانی به قبل از گرده‌افشانی از تقسیم مقدار درجه روز رشد گرده‌افشانی– رسیدگی فیزیولوژیک به مقدار درجه روز رشد کاشت– گرده‌افشانی تعیین شد (Akkaya *et al*., 2006).

در پایان فصل رشد و حدود یک هفته بعد از رسیدگی فیزیولوژیک، گیاهان موجود در یک مترمربع هر کرت برداشت و داخل گونی‌های نخی قرار داده شدند. گونی‌ها به‌مدت دو روز جلوی نور آفتاب قرار داده شدند تا رطوبت احتمالی موجود در گیاهان از بین رفته و کاملاً خشک شوند. گیاهان موجود در داخل هر گونی به تفکیک توزین شد و به‌عنوان عملکرد بیولوژیک (زیست‌توده کل) در نظر گرفته شد. در مرحله بعدی نمونه‌های گیاهی با کمباین مخصوص کوبیده و عملکرد دانه آن‌ها اندازه‌گیری شد. وزن هزاردانه ارقام از طریق شمارش دو نمونه صد تایی مستقل از بذور و توزین آن‌ها، میانگین‌گیری و ضرب عدد به‌دست‌آمده در ۱۰ به‌دست آمد. هم‌چنین تعداد دانه در مترمربع از طریق تقسیم عملکرد دانه در مترمربع بر متوسط وزن تک‌دانه محاسبه شد (Joudi *et al*., 2014).

تجزیه داده‌ها براساس طرح لاتیس ساده انجام و میانگین‌های اصلاح‌شده مورداستفاده قرار گرفتند. با عنایت به این‌که آزمون F برای تیمار در طرح‌های لاتیس دقیق نیست، ضروری است میانگین مربعات تیمار تصحیح‌شده محاسبه و به خطای داخل بلوک تقسیم گردد (یزدی‌صمدی و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین آزمون F هم برای تیمار تصحیح‌نشده و هم تیمار تصحیح‌شده انجام گردید (جدول ۲). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها با استفاده از حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)[2] انجام شد. ارتباط بین صفات با استفاده از همبستگی پیرسون و رگرسیون موردبررسی قرار گرفت. از نرم‌افزارهای SAS 9.3، SPSS 16.0، Excel و Word برای تجزیه داده‌ها، بررسی رابطه صفات، رسم نمودارها و جدول‌ها استفاده شد.

۴. یافته‌های پژوهش

ارقام موردبررسی اختلاف معنی‌داری در کلیه صفات ارزیابی شده نشان دادند (جدول ۲). عملکرد دانه در واحد سطح از ۲۹۳ تا ۷۴۶ گرم در مترمربع متغیر بود. ارقام کراس البرز، اکبری و ناز به‌ترتیب با ۷۴۶، ۷۲۷ و ۶۹۶ گرم در مترمربع بیش‌ترین و ارقام شاه‌پسند، امید و سرداری به‌ترتیب با ۲۹۳، ۳۱۸ و ۳۴۲ گرم در مترمربع کم‌ترین مقدار عملکرد را داشتند (شکل ۱). عموماً ارقامی که سال معرفی آن‌ها جدید بود در قیاس با انواع قدیمی دارای عملکرد بالایی بودند (شکل ۱ و جدول ۱). میانگین عملکرد بیولوژیک در بین ۸۱ رقم موردبررسی ۱۱۸۶ گرم در مترمربع بود که بیش از دو برابر میانگین عملکرد دانه بود. عموماً ارقامی از گندم که دارای عملکرد دانه بالا بودند، تولید ماده خشک نیز در آن‌ها بالا بود (شکل ۱ و جدول ۳).

1. Growing Degree Days
2. Least Significant Difference

جدول ۲. میانگین مربعات برای صفات اندازه‌گیری شده در ۸۱ رقم گندم کاشته شده در منطقه مغان تحت شرایط فاریاب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تعداد دانه در مترمربع	وزن هزاردانه	درجه روز رشد گرده‌افشانی	درجه روز رشد رسیدگی	درجه روز رشد پرشدن دانه	درجه روز رشد بعد به قبل از گرده‌افشانی
تکرار	۱	۳۹۶۴۰**	۳۵۶۹۱۹**	۸۳**	۴۱۸۲۷۹۶**	۸۶۳**	۳۲۷۱**	۷۷۳^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
تیمار (غیرتحصحیح‌شده)	۸۰	۱۱۸۸۴**	۴۸۰۹۶**	۴۳**	۵۶۳۴۹۸۸**	۴۹۶۴**	۳۱۴۷**	۲۸۹۶**	۰/۰۰۳۴**
تیمار (تصحیح‌شده)	۸۰	۱۱۴۵۵**	۴۱۸۸۸**	۴۲**	۵۱۹۲۶۳۷**	۴۱۳۵**	۳۰۷۵**	۲۷۸۳**	۰/۰۰۳۲**
خطای بین بلوک	۶۴	۳۴۵۸	۱۶۰۳۱	۳/۶	۲۰۳۷۸۹۷	۱۸۳	۵۳۵	۵۷۸	۰/۰۰۰۴
خطای بلوک کامل تصادفی	۸۰	۵۳۷۶	۲۲۶۶۷	۳/۹	۲۷۳۵۴۳۱	۲۶۰	۷۱۲	۸۳۵	۰/۰۰۰۵
سودمندی		۱۳۵	۱۲۵	۱۰۳	۱۱۹	۱۲۵	۱۱۸	۱۲۷	۱۲۴

ns، **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

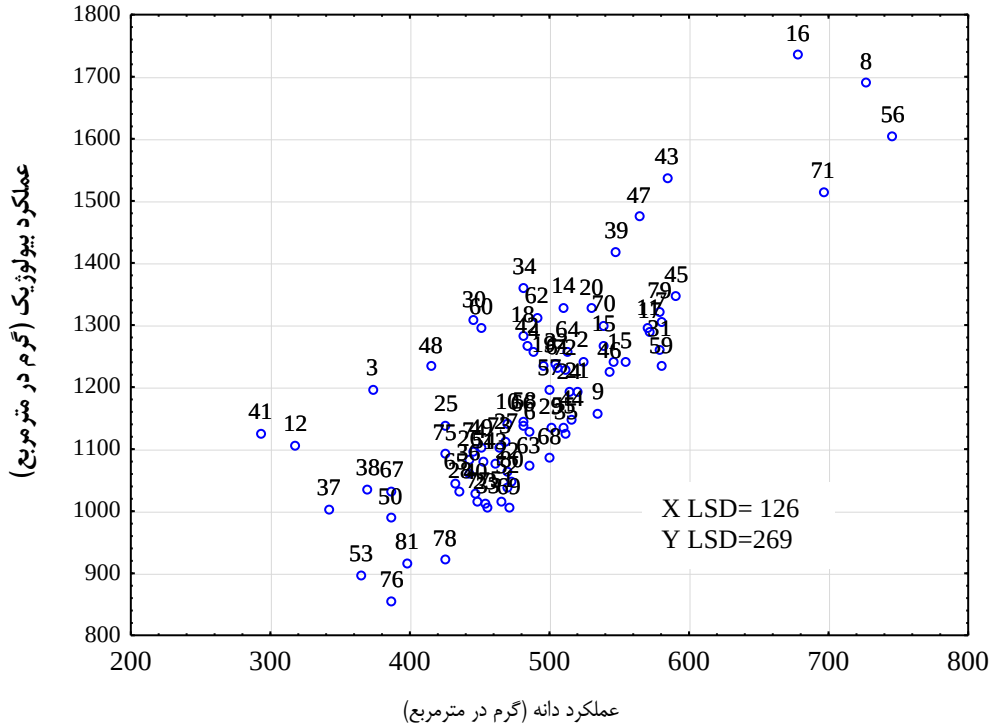
بیش‌ترین وزن هزاردانه با مقدار ۵۲/۹ گرم در رقم ناز و کم‌ترین آن با مقدار ۳۱/۱ گرم در رقم قدس مشاهده شد. هم‌چنین تعداد دانه در مترمربع که از تقسیم عملکرد دانه به وزن تک‌دانه به‌دست آمد از ۱۶۵۹۶ عدد در رقم کراس البرز تا ۷۵۷۵ عدد در رقم امید متغیر بود (شکل ۲). رابطه بین وزن هزاردانه و تعداد دانه با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود، هرچند تأثیر تعداد دانه بر روی عملکرد دانه به مراتب بیش‌تر از تأثیر وزن هزاردانه بود (جدول ۳). در پژوهش حاضر همبستگی بین وزن صددانه و تعداد دانه منفی و معنی‌دار (جدول ۳) شد.

کوتاهترین زمان کاشت تا گرده‌افشانی مربوط به رقم وری‌ناک بود. این رقم پس از کاشت با تجمع ۱۲۸۷ درجه روز رشد وارد مرحله گرده‌افشانی شد. در حالی‌که رقم امید با تجمع ۱۵۸۴ درجه روز رشد دیرتر از همه ارقام مرحله گرده‌افشانی را نشان داد که اختلاف ۲۹۷ درجه روز رشد با رقم وری‌ناک داشت (شکل ۳). دامنه تغییرات (فاصله بین بیش‌ترین و کم‌ترین) درجه روز رشد در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک ۱۸۹ بود که به مراتب کم‌تر از مرحله گرده‌افشانی است (شکل ۳). هنگامی‌که مقدار تجمع حرارت در فاصله کاشت-گرده‌افشانی به‌صورت درصد بیان شد مشخص گردید ارقام به‌طور میانگین ۶۵ درصد از تجمع حرارتی کل دوره رشد را در فاصله کاشت-گرده‌افشانی کسب کرده‌اند. مابقی تجمع حرارتی کل دوره رشد (۳۵ درصد) در فاصله گرده‌افشانی-رسیدگی فیزیولوژیک جذب شده است.

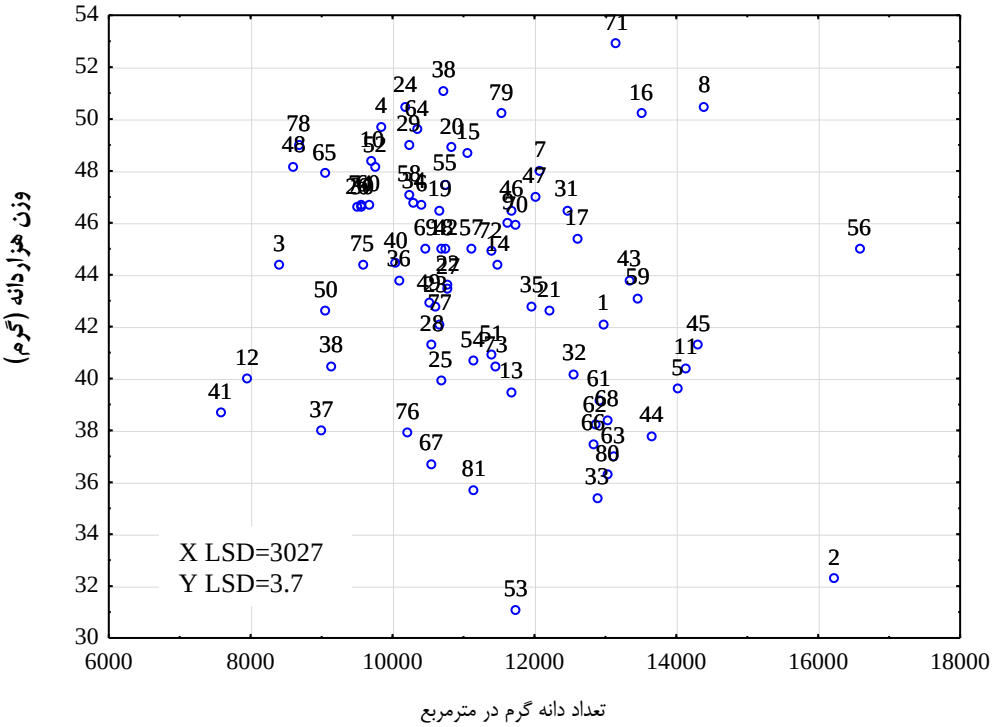
جدول ۳. همبستگی بین صفات ارزیابی‌شده در ۸۱ رقم گندم کاشته‌شده در منطقه مغان تحت شرایط فاریاب در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزاردانه	تعداد دانه در مترمربع	درجه روز رشد گرده‌افشانی	درجه روز رشد رسیدگی	درجه روز رشد پرشدن دانه	درجه روز رشد بعد به قبل از گرده‌افشانی
عملکرد دانه	۱							
عملکرد بیولوژیک	۰/۷۹**	۱						
وزن هزاردانه	۰/۴۲**	۰/۴۸**	۱					
تعداد دانه در مترمربع	۰/۷۴**	۰/۴۹**	-۰/۲۷*	۱				
درجه روز رشد گرده‌افشانی	-۰/۰۲۱^{ns}	۰/۱۴^{ns}	-۰/۱۹^{ns}	-۰/۰۹^{ns}	۱			
درجه روز رشد رسیدگی	۰/۱۰^{ns}	۰/۳۶**	-۰/۰۲^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۰/۶۵**	۱		
درجه روز رشد پرشدن دانه	۰/۳۸**	۰/۲۰^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۰/۲۵*	-۰/۵۸**	۰/۲۴*	۱	
درجه روز رشد بعد به قبل از گرده‌افشانی	۰/۳۳**	۰/۰۵^{ns}	۰/۲۳*	۰/۱۹^{ns}	-۰/۸۳**	-۰/۱۲^{ns}	۰/۹۳**	۱

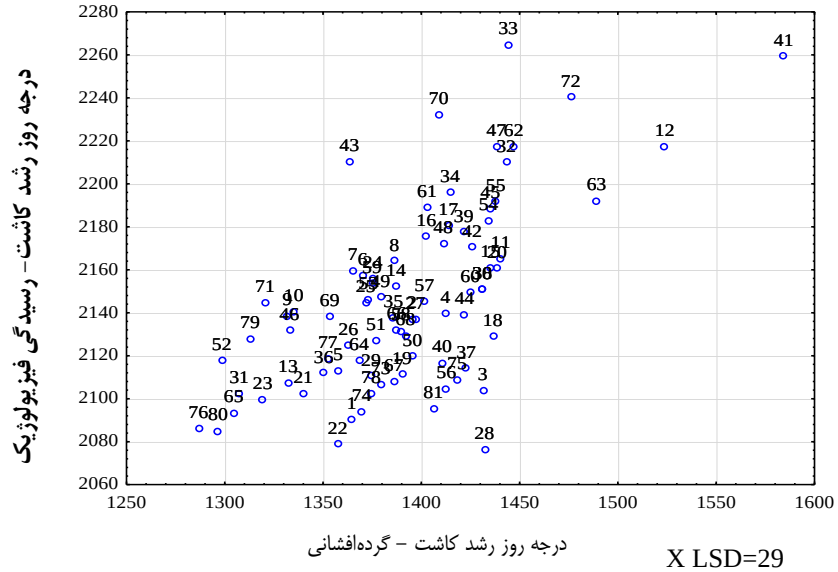
ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.



شکل ۱. عملکرد دانه (گرم در مترمربع) و عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) در ۸۱ رقم گندم رشدیافته در منطقه مغان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

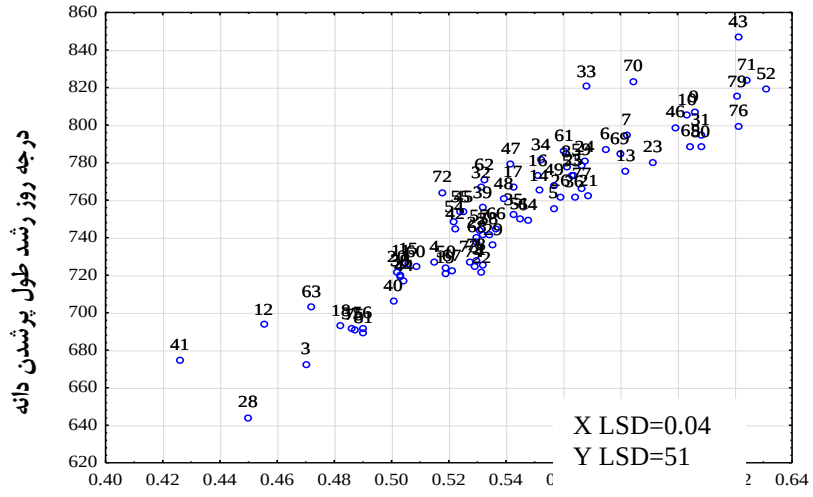


شکل ۲. تعداد دانه (در مترمربع) و وزن هزاردانه (گرم) در ۸۱ رقم گندم رشد یافته در منطقه مغان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹



شکل ۳. درجه روز رشد کاشت- رسیدگی فیزیولوژیک در ۸۱ رقم گندم رشد یافته در منطقه مغان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

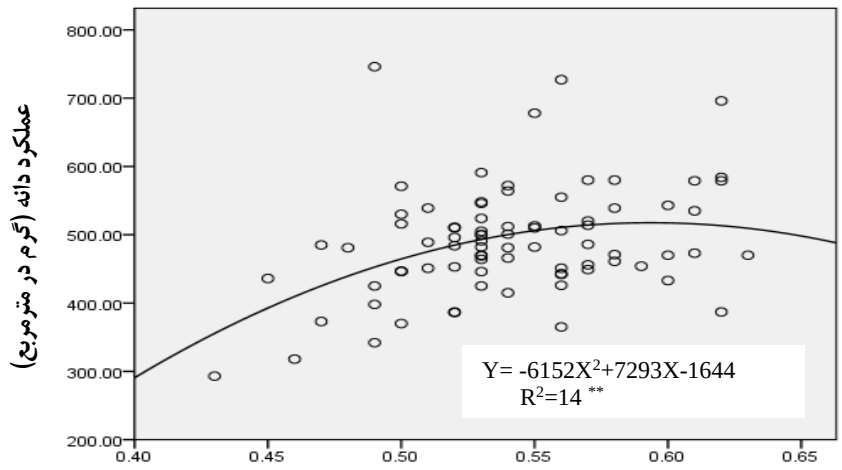
میانگین نسبت طول دوره بعد از گرده‌افشانی به قبل از گرده‌افشانی در بین ۸۱ رقم مورداستفاده ۰/۵۴ بود. به‌عبارتی دیگر مقدار درجه روز رشد جذب‌شده در بعد از گرده‌افشانی ۵۴ درصد درجه روز رشد جذب‌شده در قبل از گرده‌افشانی بوده است. تنوع قابل‌توجهی بین ارقام از نظر نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی مشاهده شد. مقدار این نسبت از ۰/۴۳ در رقم شاه‌پسند تا ۰/۶۳ در رقم فونگ متغیر بود (شکل ۴). مقدار این نسبت در چهار رقم دوروم یعنی یاواروس، سیمینه، شوامالد و استارک به‌ترتیب ۰/۴۵، ۰/۵۰، ۰/۵۰ و ۰/۵۳ بود. این نتایج نشان می‌دهد عموماً نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی در گندم‌های نان بیش‌تر از دوروم می‌باشد.



شکل ٤. طول دوره پرشدن دانه و نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی برحسب درجه روز رشد در ۸۱ رقم گندم رشدیافته در منطقه مغان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

تجزیه همبستگی نشان داد عموماً ارقامی که زودتر وارد گرده‌افشانی شده بودند دارای نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی بالا و برعکس ارقام گندم با گرده‌افشانی دیرهنگام دارای نسبت پایینی بودند (جدول ۳). میانگین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی در پنج رقم گندم با کم‌ترین درجه روز رشد تا گرده‌افشانی ۰/۶۱ و در ۵ رقم گندم با بیش‌ترین درجه روز رشد تا گرده‌افشانی ۰/۴۸ بود. اگرچه همبستگی بین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود، اما مقدار عددی آن نسبتاً پایین بود (جدول ۳). این امر مبین این واقعیت است بالابودن نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی لزوماً در همه ارقام با عملکرد بالای دانه مشاهده نمی‌شود. زمانی‌که نسبت بعد به قبل از گرده‌افشانی در ۱۵ رقم برتر از نظر عملکرد بررسی شد، مشخص گردید که در ۵ رقم (ناز، شعله، WS-82-9، زاکرس و استار با میانگین ۰/۶۱) این نسبت بالا، در چهار رقم (کویر، اکبری، اترک و بم با میانگین ۰/۵۵) نسبتاً بالا، در دو رقم (بولانی و شیراز با میانگین ۰/۵۴) متوسط، در دو رقم (سیستان و شهریار با میانگین ۰/۵۳) نسبتاً پایین و در دو رقم (الموت و کراس‌البرز با میانگین۰/۵۰) پایین بود. نکته جالب توجه مربوط به رقم کراس‌البرز بود که با بالاترین عملکرد دانه رتبه ۷۳ نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی را داشت. هم‌چنین در بررسی ۱۵ رقم گندم با پایین‌ترین عملکرد دانه مشخص شد که نسبت بعد به قبل از گرده‌افشانی در نُه رقم (شاه‌پسند، امید، آذر۱، سرداری، هیرمند، مونتانا، سومای۳، فرونتانا و مغان۱ با میانگین ۰/۴۸) بسیار پایین، در دو رقم (طبسی و استارک با میانگین ۰/۵۳) متوسط، در دو رقم (داراب۲ و قدس با میانگین ۰/۵۶) نسبتاً بالا و در دو رقم (مارون و وری‌ناک با میانگین ۰/۶۱) بالا بود (شکل‌های ۱ و ۴).

به‌منظور روشن‌شدن رابطه مشخص‌تر بین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی و عملکرد دانه، از تجزیه رگرسیونی استفاده گردید. نتایج نشان داد که بهترین خط برازش‌شده، مربوط به منحنی درجه ۲ (Quadratic) بود که در شکل (۵) نشان داده شده است. چنانچه مشخص است در ابتدا و با افزایش نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی مقدار عملکرد دانه به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. سپس با رسیدن نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی به عدد ۰/۵۷ منحنی رشد عملکرد صاف شده و این روند تا نسبت ۰/۶۱ همچنان حفظ می‌شود. زمانی که نسبت بعد به قبل از گرده‌افشانی بیش‌تر از ۰/۶۱ شد، عملکرد دانه کاهش می‌یابد (شکل ۵).



شکل ۵. رابطه رگرسیونی بین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی برحسب درجه روز رشد و عملکرد دانه در ۸۱ رقم گندم رشدیافته در منطقه مغان در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹. هر نقطه نشان‌دهنده میانگین یک رقم می‌باشد.

۵. بحث

نتایج نشان داد ارتباط مستقیمی بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک وجود داشت (جدول ۳). البته این امر به این معنا نیست که همیشه عملکرد بیولوژیک بالا منجر به عملکرد بالای دانه خواهد شد. چون مدارک زیادی در خصوص محدودشدن عملکرد دانه (محدودیت قدرت مخزن) وجود دارد (Borras *et al*., 2004; Acreche & Slafer 2006; Miralles & Slafer, 2007). این بدین معنی است که در صورتی‌که تعداد کافی مخزن برای انتقال مواد فتوسنتزی وجود نداشته باشد زیست‌توده تولیدشده یا افزایش یافته با کارایی بالا مورداستفاده قرار نخواهد گرفت. بنابراین به‌منظور افزایش تأثیر عملکرد بیولوژیک بر روی عملکرد دانه ضروری است که زیست‌توده مازاد بر نیاز به سنبله‌های در حال نمو تسهیم بهتری یابند تا از طریق افزایش در تعداد دانه و نیز اندازه دانه مواد فتوسنتزی تولیدشده به عملکرد دانه تبدیل شوند (Foulkes *et al*., 2011).

تأثیر تعداد دانه در افزایش عملکرد به مراتب بیش‌تر از وزن هزاردانه بود (جدول ۳). در پژوهش جامعی که طی آن روند تغییرات وزن هزاردانه و تعداد دانه مطالعه شد، اشاره گردید در طی سال‌های اصلاح گندم وزن هزاردانه تغییرات اندکی پیدا کرده اما در مقابل تعداد دانه در مترمربع افزایش داشته است (Sadras, 2007). در پژوهشی دیگر که بر روی ۱۸ رقم گندم در مغان انجام شد مشخص گردید تأثیر مستقیم تعداد دانه بر روی عملکرد دانه بیش‌تر از تأثیر مستقیم وزن هزاردانه بود (جودی و مهری، ۱۳۹۶).

در مطالعه حاضر، تفاوت معنی‌داری بین ارقام گندم از نظر مقدار درجه روز رشد گرده‌افشانی مشاهده شد، اما مقدار این تفاوت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک به مراتب کم‌تر از گرده‌افشانی بود (شکل ۳). علت این امر افزایش فشار حرارتی در مراحل انتهایی رشد گیاه است که باعث می‌گردد کلیه ارقام در مدت زمان کوتاهی علایم رسیدگی فیزیولوژیک را نشان دهند. این مسئله باعث می‌گردد تأثیر زمان گرده‌افشانی در تعیین طول دوره پرشدن دانه (فاصله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک) به مراتب بیش‌تر از تأثیر زمان رسیدگی فیزیولوژیک شود. به‌عبارت دیگر طول دوره پرشدن دانه در ارقامی از گندم که زودتر وارد مرحله گرده‌افشانی شوند به احتمال زیاد بیش‌تر خواهد بود. چون افزایش دما در ارقام با گرده‌افشانی دیرهنگام اجازه رسیدگی فیزیولوژیک دیرهنگام و طولانی‌بودن طول دوره پرشدن دانه را نخواهد داد.

چنانچه انتظار می‌رفت تنوع قابل ملاحظه‌ای بین ارقام از نظر نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی مشاهده شد (شکل ۳). در پژوهش سه ساله‌ای که بر روی گندم‌های دوروم در ترکیه انجام شد، مقدار نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی از ۰/۴۵ تا ۰/۵۳ گزارش گردید (Akkaya *et al*., 2006). عموماً گرده‌افشانی زودهنگام باعث افزایش و گرده‌افشانی دیرهنگام باعث کاهش نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی شد (جدول ۳). در ارقام با گرده‌افشانی دیرهنگام، دوره بعد از گرده‌افشانی (پرشدن دانه) به‌دلیل افزایش دمای آخر فصل رشد کوتاه شده و در نتیجه نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی در آن‌ها کم‌تر می‌گردد.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که ارتباط بین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی و عملکرد دانه به‌صورت خطی نبوده بلکه به شکل تابع درجه دوم بود (شکل ۵). بیش‌ترین مقدار نسبت مذکور برای حصول حداکثر عملکرد دانه در محدوده ۰/۵۷ تا ۰/۶۱ قرار داشت. مقادیر بالاتر یا پایین‌تر از این محدوده، باعث کاهش عملکرد دانه می‌شد. پژوهش‌گران با اشاره به همبستگی مثبت بین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی و عملکرد دانه بیان کردند افزایش این نسبت تا مقدار مشخصی باعث افزایش عملکرد دانه شده و پس از این مقدار، افزایش بیش‌تر نسبت مذکور باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Akkaya *et al*., 2006).

از لحاظ تئوریکی افزایش در نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی از طریق تغییر در زمان گرده‌افشانی و زمان

رسیدگی فیزیولوژیک امکان‌پذیر است. چنانچه گرده‌افشانی یک رقم گندم در زمان مناسبی اتفاق افتد، تاخیر در رسیدگی فیزیولوژیک باعث افزایش طول دوره پرشدن و افزایش نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی خواهد شد. به احتمال زیاد تأخیر در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (بدون تغییر در زمان گرده‌افشانی) با محدودیت همراه خواهد بود، چون فشار حرارتی در زمان پرشدن دانه باعث اتمام زودتر چرخه رشد گیاهان می‌گردد. جدول همبستگی نیز نشان می‌دهد ارتباط معنی‌داری بین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی و زمان رسیدگی فیزیولوژیک وجود ندارد (جدول ۳). هم‌چنین گرده‌افشانی زودهنگام (بدون تغییر زمان رسیدگی فیزیولوژیک) گیاهان نیز باعث افزایش طول دوره پرشدن دانه و افزایش نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی می‌گردد (جدول ۳). در این حالت پرشدن دانه‌ها در شرایط نسبتاً مطلوب محیطی صورت گرفته و احتمالاً وزن هزاردانه افزایش خواهد یافت. اما چنین تغییری در گندم احتمالاً با عملکرد دانه بالا در واحد سطح همراه نباشد. چون گرده‌افشانی زودهنگام به هزینه کاهش طول دوره ساقه‌دهی- گرده‌افشانی تمام می‌شود. در طی ساقه‌دهی- گرده‌افشانی، سنبله رشد کرده و تعداد دانه در آن مشخص می‌گردد. کاهش طول دوره ساقه‌دهی- گرده‌افشانی باعث تولید سنبله‌های کوچک‌تر شده و بنابراین تعداد دانه که جزء اصلی تعیین عملکرد در گندم است کاهش می‌یابد (Miralles & Slafer, 2007; Slafer *et al*., 2005). این عوامل باعث می‌گردد افزایش بیش از حد در نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی (چه از طریق تأخیر در رسیدگی فیزیولوژیک و چه از طریق تعجیل در زمان گرده‌افشانی) باعث افت عملکرد در گندم گردد (شکل ۵).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تجمع حرارتی در فاصله کاشت-گرده‌افشانی و گرده‌افشانی-رسیدگی و نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی در ۸۱ رقم از گندم‌های ایرانی مطالعه شد. میانگین ارقام گندم نشان داد که از کل درجه روز رشد در فاصله کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، ۶۵ درصد آن در طی کاشت تا گرده‌افشانی و ۳۵ درصد آن در طی گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک تجمع یافته است. یعنی میانگین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی ۰/۵۴ بود. مطالعه ارقام به‌صورت جداگانه نشان داد که تنوع قابل‌ملاحظه‌ای از نظر نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی وجود دارد (این نسبت بین ۰/۶۳-۰/۴۳ متغیر بود). علت این تنوع مربوط به تنوع در زمان گرده‌افشانی ارقام بود و عموماً زمان رسیدگی فیزیولوژیک تأثیر محسوسی بر روی نسبت مذکور نداشت. بررسی رگرسیونی نشان داد رابطه بین نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی و عملکرد دانه به‌صورت تابع درجه دوم می‌باشد. بدین‌گونه که افزایش این نسبت تا مقدار ۰/۵۷ باعث افزایش عملکرد دانه شد. در نسبت‌های بین ۰/۶۱-۰/۵۷ عملکرد دانه ثابت و در نسبت‌های بالاتر از ۰/۶۱ عملکرد دانه کاهش یافت. این امر نشان می‌دهد که باید یک تعادلی بین دوره قبل از گرده‌افشانی و بعد از گرده‌افشانی در گندم وجود داشته باشد تا حداکثر عملکرد دانه حاصل شود.

به‌نظر می‌رسد نسبت طول دوره بعد از گرده‌افشانی به قبل از گرده‌افشانی می‌تواند به‌عنوان شاخصی در گزینش ارقام مورداستفاده قرار بگیرد. ارقام با نسبت‌های بالا و پایین طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی به‌دلیل پایین‌بودن عملکرد دانه می‌توانند از داخل جمعیت اصلاحی خارج شوند. با عنایت به این‌که رابطه بین عملکرد دانه و مراحل مختلف نموی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد، بنابراین مقدار بهینه نسبت طول دوره بعد به قبل از گرده‌افشانی گندم در مناطق با آب‌وهوای متفاوت، تغییر خواهد کرد.

۷. تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از حمایت مالی دانشگاه محقق اردبیلی تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

جودی، مهدی و مهری، شهرام (۱۳۹۶). بررسی رابطه منبع و مخزن در گندم از طریق مقایسه وزن و تعداد دانه در ارقام قدیم و جدید. *اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی*. ۴۳ (۳)، ۴۶۹-۴۸۴.

علی پور، هادی؛ عبدی، حسین و بی همتا، محمدرضا (۱۳۹۹). بررسی مقادیر درجه روز-رشد مراحل فنولوژیک در تعدادی از ارقام زراعی و توده‌های بومی گندم های نان ایران. *پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی*. ۳۴، ۷۱-۸۲.

یزدی صمدی، بهمن؛ رضائی، عبدالمجید و ولی‌زاده، مصطفی (۱۳۸۵). *طرحهای آماری در پژوهش‌های کشاورزی*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

References

Acreche, M. M., & Slafer, G. A. (2006). Grain weight response to increases in number of grains in wheat in a Mediterranean area. *Field Crops Research*, *98*, 52-59. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.12.005.

Akkaya, A., Dokuyucu, T., Kara, R., & Akcura, M. (2006). Harmoniuzation ratio of post– to pre–anthesis durations by thermal time for durum wheat cultivars in a Mediteranean environment. *European Journal of Agronomy*, *24*, 404-408. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.005.

Al-Karaki, G. N. (2012). Phonological development-yield relationships in durum wheat cultivars under late season high temperature stress in semi-arid environment. *International Scholarly Research Notices*, 456856. https://doi.org/10.5402/2012/456856.

Alipour, H., Abdi, H., & Bihamta, M. R. (2020). Assessment of growing degree-days values of phonological stages in some Iranian bread wheat cultivars and landraces. *Journal of Crop Breeding*, *12(34)*, 81-82. (In Persian).

Borras, L., Slafer, G. A., & Otegui, M. E. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, *86*, 131-146. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.08.002.

De Vita, P., Nicosia, O. L. D., Nigro, F., Platani, C., Reifolo, C., Di Fonzo, N., & Cattivelli, L. (2007). Breeding progress in morphophysiological, agronomical and qualitative traits of durum wheat cultivars released in Italy during the 20th century. *European Journal of Agronomy*, *26*, 39-53. https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.08.009.

Dias, A. S., & Lidon, F. C. (2009). Evaluation of grain filling rate and duration in beard and durum wheat, under heat stress after anthesis. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *195*, 137-147. https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2008.00347.x.

Dreccer, M. F., Fainges, J., Whish, J., Ogbonnaya, F. C., & Sadras, V. O. (2018). Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*, *248*, 275–294. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.006.

Fischer, R. A. (2011). Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop and Pasture Science*, *62*, 95-114. https://doi.org/10.1071/CP10344.

Flohr, B. M., Hunt, J. R., Kirkegaard, J. A., & Evans, J. R. (2017). Water and temperature stress define the optimal flowering period for wheat in south-eastern Australia. *Field Crops Research*, *209*,108–119. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.04.012.

Foulkes, M. J., Slafer, G.A., Davies, W. J., Berry, P. M., Sylvester–Bradley, R., Martre, P., Calderini, D. F., Griffiths, S., & Reynolds, M. (2011). Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *Journal of Experimental Botany*, *69*, 469-486. https://doi.org/10.1093/jxb/erq300.

Garofalo, P., & Rinaldi, M. (2013). Modeling phenotypical traits to adapt durum wheat to climate change in a Mediterranean environment. *Italian Journal of Agrometrology*, *2*, 25-38.

Hyles, J., Bloomfield, M. T., Hunt, J. R., Trethowan, R. M., & Trevaskis, B. (2020). Phenology and related traits for wheat adaptation. *Heredity*, *125*, 417-430. https://doi.org/10.1038/s41437-020-0320-1

Isidro, J., Alvaro, F., Conxita, R., Villegas, D., Miralles, D. J., & Del Moral, L. F. G. (2011). Changes in duration of developmental phases of durum wheat caused by breeding in Spain and Italy during the 20th century and its impact on yield. *Annals of Botany*, *107*, 1355-1366. https://doi.org/10.1093/aob/mcr063.

Joudi, M. (2017). Genotypic variations for photoassimilates partitioning to the grain during early development of endosperm in wheat: association with grain weight. *Genetika*, *49(1)*, 313-328. https://doi.org/10.2298/GENSR1701313J.

Joudi, M., Ahmadi, A., Mohammadi, V., Abasi, A. R., & Mohammadi, H. (2014). Genetic changes in agronomic and phenologic traits of Iranian wheat cultivars grown in different environmental conditions. *Euphytica*, *196*, 237-249. https://doi.org/10.1007/s10681-013-1027-7.

Joudi, M., & Mehri, S. (2017). The study of source-sink relations by comparison of weight and grain in the modern and old wheat cultivars. *Journal of crop ecophysiology*, *11(3)*, 469-484. (In Persian).

Liang, Y. F., Khan, S., Ren A.X., Lin, W., Anwar, S., Sun, M. & Gao, Z. Q. (2019). Subsoiling and sowing time influence soil water content, nitrogen translocation and yield of dry land winter wheat. *Agronomy*, *9*, 37. https://doi.org/10.3390/agronomy9010037.

Miralles, D. J., & Slafer, G. A. (2007). Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *Journal of Agricultural Science*, *145(2)*, 139 -149. https://doi.org/10.1017/S0021859607006752.

Mukherjee, A., Wang, S. Y. S., & Promchote, P. (2019). Examination of the climate factors that reduced wheat yield in Northwest India during the 2000s. *Water*, *11*, 43. https://doi.org/10.3390/w11020343.

Sadras, V.O. (2007). Evolutionary aspects of the trade-off between seed size and number in crop. *Field Crops Research*, *100*, 125-138. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.07.004.

Shavrukov, Y., Kurishbayev, A., Jatayev, S., Shvidchenko, V., Zotova, L., Koekemoer, F., de Groot, S., Soole, K., & Langridge, P. (2017). Early Flowering as a Drought Escape Mechanism in Plants: How Can It Aid Wheat Production? *Frontiers in Plant Science*, 01950. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01950.

Slafer, G. A., Araus, J. L., Royo, C., & Del Moral, L. F. G. (2005). Promising eco-physiological traits for genetic improvement of cereal yields in Mediterranean environments. *Annals Applied Biology*, *146*, 61-70. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.04048.x.

Trethowan, R. M. (2014). Defining a genetic ideotype for crop improvement. *Methods in Molecular Biology*, *1145*, 1-20. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0446-4_1.

Van Dijk, M., Morley, T., Luise Raul, M., & Saghai, Y. (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010-2050. *Nature Food*, *2*, 494-501. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00322-9.

Yazdi samadi, B., Rezaei, A., & Valyzadeh, M. (2007). *Statistical designs in agricultural research*. Tehran: Tehran University publication. (In Persian).