نشریه علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲ (ص۵۶۲-۵۴۹)

مطالعهٔ صفات فنولوژیک و ارتباط آنها با پتانسیل عملکرد در گندم

نسرین زیلوئی[۱]، علی احمدی[۲*]، مهدی جودی[۳]، محسن باقری ده‌آبادی[۴] و هاله محمد مراد طارم[۵]
۱، ۲، ۴ و ۵، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و دانشجویان کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳، استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی
(تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۱۰ - تاریخ تصویب: ۹۲/۹/۱۳)

چکیده

تناسب زمان هر یک از مراحل فنولوژیک با شرایط محیط رشد گیاه از فاکتورهای مهم برای تطابق، سازگاری و افزایش عملکرد یک رقم در محیطی خاص است. هدف از تحقیق حاضر، شناخت فنولوژی (مراحل رشد و نمو) دامنهٔ گسترده‌ای از ارقام و لاین‌های گندم زراعی ایران و ارتباط آن با سازگاری و پتانسیل تولید گیاه در شرایط اقلیمی معین (نیمه‌خشک وسرد) بود. بدین منظور ۳۶ ژنوتیپ گندم در قالب طرح لاتیس ساده با سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران (کرج) طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ بررسی شد. مراحل مختلف رشد و نمو شامل سبز شدن، ساقه‌روی، غلاف رفتن (بوتینگ)، سنبله‌دهی و گرده‌افشانی و صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و مقدار تولید زیست‌توده در پایان فصل سرد برای کلیهٔ ژنوتیپ‌ها ثبت شد. در این آزمایش، مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت و رابطهٔ بین صفات مختلف توسط همبستگی مشخص شد. نتایج این آزمایش نشان داد در ارقامی با زمان گلدهی مشابه، افزایش طول دورهٔ ساقه‌روی (ساقه‌روی-گلدهی)، در اثر کاهش طول مدت مراحل قبلی، سبب افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شود. علاوه بر طول دورهٔ ساقه‌روی، طول دورهٔ سقط گلچه (غلاف رفتن تا گلدهی) نیز در تعیین تعداد دانه اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا تعداد دانه در گندم به‌طور مستقیم براساس تعداد گلچه‌های بارور در مرحلهٔ گلدهی تعیین می‌شود. در آزمایش حاضر، تأخیر گلدهی در ارقام گندم تحت بررسی به‌طور معناداری سبب افت عملکرد دانه شد. علاوه‌بر این، مشاهده شد ارقام گندم دارای مقادیر بیشتر تولید بیوماس در پایان فصل سرد، سریع‌تر وارد فاز زایشی شدند و پنجهٔ بارور بیشتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: ساقه‌روی، سقط گلچه، عملکرد دانه، فنولوژی، گلدهی، گندم.

مقدمه

گندم به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیر کشت و مقدار تولید در جهان، نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری دارد. شناخت مراحل رشد و نمو این گیاه زراعی می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی زراعت گندم و فعالیت‌های به‌نژادی، اهمیت ویژه‌ای داشته باشد.

به‌طور کلی، چرخهٔ زندگی گیاه گندم شامل دو دورهٔ رویشی و زایشی است. دورهٔ رویشی شامل مراحل جوانه‌زنی، سبز شدن و پنجه‌زنی، و دورهٔ زایشی شامل مراحل گل‌انگیزی، ساقه‌روی، غلاف رفتن، سنبله‌دهی، گلدهی و رسیدگی است (Acevedo *et al.*, 2006). تناسب مراحل رشد و نمو گندم با شرایط محیط رشد گیاه، از عوامل مهم برای تطابق، سازگاری و افزایش

* نویسنده مسئول: علی احمدی تلفن: ۰۹۳۳۷۹۴۴۹۱۱ E-mail: ahmadia@ut.ac.ir

عملکرد گندم در محیطی خاص است (Richards, 1991). علاوه بر این، تاکنون محققان زیادی ارتباط بین طول مدت مراحل رشد و نمو و بقای اجزای عملکرد شامل تعداد پنجه، تعداد سنبله، تعداد سنبلچه، تعداد گلچه و تعداد دانه در متر مربع را به‌طور کامل اثبات کرده‌اند (González *et al*., 2005؛ Slafer & Whitechurch, 2001).

گرچه اجزای عملکرد گندم طی مراحل مختلف رشد و نمو گیاه تشکیل می‌شوند، یک ماه قبل از گلدهی دورهٔ بسیار مهمی در تعیین عملکرد دانهٔ گندم است. در طول این دوره، ساقه و سنبله، حداکثر سرعت رشد خود را دارند (Siddique *et al*., 1989) و برای دریافت کربوهیدرات‌ها با یکدیگر رقابت می‌کنند که این رقابت تعیین‌کنندهٔ میزان مرگ گلچه‌های بارور در مرحلهٔ گلدهی است (Kirby, 1988).تعداد دانه در گندم به‌طور مستقیم براساس تعداد گلچه‌های بارور در مرحلهٔ گلدهی تعیین می‌شود. بسیاری از محققان گزارش کردند که تعداد گلچه‌های بارور در مرحلهٔ گلدهی با وزن خشک سنبله در مرحلهٔ گلدهی همبستگی مثبت دارد (Reynolds Miralles & Slafer, 2007; Fischer, 2007 *et al*.,2009;). از سوی دیگر محققان متعددی گزارش کردند یک راه افزایش وزن خشک سنبله در مرحلهٔ گلدهی، افزایش طول دورهٔ ساقه‌روی است (Araus et al., 2002; Whitechurch *et al*., 2007). به‌عبارت دیگر، با افزایش دورهٔ ساقه‌روی و افزایش وزن خشک سنبله، مقدار آسمیلات‌هایی که در اختیار گلچه‌ها قرار می‌گیرد، افزایش می‌یابد و این امر سبب افت سقط گلچه و در نهایت افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شود (Miralles & Whitechurch *et al*., 2007; Richards, 2000). دورهٔ ساقه‌روی در گندم با ظهور اولین گره بر روی ساقهٔ اصلی آغاز می‌شود و تا گلدهی ادامه می‌یابد (Whitechurch *et al*., 2007). افزایش طول این دورهٔ رشدی باید همراه با کوتاه‌تر شدن مدت مراحل قبلی باشد تا مجموع زمان تا گلدهی ثابت بماند (Fischer, 2011).

علاوه بر این، تناسب زمان گلدهی ارقام مختلف گندم با شرایط محیط رشد سبب دستیابی به سازگاری زیاد با محیط و در نهایت افزایش عملکرد گندم می‌شود (Giunta *et al*., 2001). در عرض‌های جغرافیایی پایین (کمتر از °۳۰) با تنظیم تاریخ کاشت و گلدهی گیاه در اوایل بهار، بیشترین تعداد دانه در سنبله حاصل می‌شود. اما در بالاترین عرض‌های جغرافیایی که امکان کشت گندم وجود دارد مانند کانادا (اغلب ارقام تحت کشت در این مناطق روز بی‌تفاوت هستند)، به‌محض گرم شدن خاک در فصل بهار، کشت صورت می‌گیرد و گلدهی پس از فراهم شدن روز درجهٔ مورد نیاز آغاز می‌شود و تا زمانی که سرمای پاییزه اجازه دهد ادامه می‌یابد. با توجه به فصل رشد کوتاه در عرض‌های جغرافیایی بالا، به‌نظر می‌رسد گلدهی دیرهنگام ارقام گندم بهاره در این شرایط رشدی، سبب افزایش رشد رویشی گیاه، تولید بیوماس بیشتر و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (Iqbal *et al*., 2007). با وجود این Fischer (1985) با بررسی ارقام گندم بهارهٔ آبی در مکزیک (عرض °۲۷ شمالی) گزارش کرد گلدهی دیرهنگام تنها سبب افزایش تولید برگ، پنجه و مجموع مادهٔ خشک در گلدهی می‌شود، ولی هیچ تغییری در وزن خشک سنبله به‌وجود نمی‌آید. علاوه بر این، افزایش طول مدت مراحل اولیهٔ رشد همراه با چرخهٔ زندگی طولانی‌تر، سبب افزایش خطر خوابیدگی گندم و افزایش تلفات تنفسی در مراحل انتهایی رشد گیاه می‌شود، بنابراین اهمیت طول دورهٔ قبل از گلدهی در تعیین عملکرد هنوز به‌عنوان یک چالش مطرح می‌شود.

در هر منطقه باید ارقام جدیدی که دارای الگوهای رشدی مناسبی برای آن منطقه باشند انتخاب شود. با بررسی ظرفیت بالقوهٔ تنوع فنولوژیکی ارقام مختلف در یک منطقه می‌توان به این مهم دست یافت. در واقع هر یک از مراحل فنولوژیک، یک چارچوب زمانی برای رشد و نمو گیاه به‌شمار می‌آید و تناسب آنها با شرایط محیط رشد، سبب ارتقای توان تولید عملکرد گیاه می‌شود. هدف این مطالعه نیز شناخت فنولوژی (مراحل رشد و نمو) دامنهٔ گسترده‌ای از ارقام و لاین‌های گندم زراعی ایران و بررسی ارتباط فنولوژی با سازگاری و پتانسیل تولید گیاه در شرایط اقلیمی معین (نیمه‌خشک و سرد) بود.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به‌صورت آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی و

منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج (طول جغرافیایی ´۰ °۵۱ ، عرض جغرافیایی ´۴۹ °۳۵ شمالی و ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا) اجرا شد. این منطقه از نظر دسته‌بندی اقلیمی بر اساس سیستم طبقه‌بندی دومارتن گسترش‌یافته جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد محسوب می‌شود (مشخصات آب‌وهوایی منطقهٔ آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در جدول ۱ ذکر شده است). خاک محل آزمایش نیز دارای بافت لومی – رسی است.

جدول ۱. مشخصات آب‌وهوایی منطقهٔ آزمایش در سال زراعی ۹۰ – ۱۳۸۹

تاریخ	حداکثر دما (°C)	حداقل دما (°C)	میانگین دما (°C)	حداکثر رطوبت (٪)	حداقل رطوبت (٪)	میانگین رطوبت (٪)	مقدار بارش (mm)
مهر	۳۲/۸	۱۰/۲	۲۱/۶	۸۹	۱۷	۳۹	۱۳
آبان	۲۶/۶	۱/۶	۱۲/۹	۱۰۰	۲۱	۵۱	۳۱/۲
آذر	۲۰	- ۳/۴	۹/۸	۹۴	۱۲	۴۳	۴/۱
دی	۱۳/۸	- ۱۲/۶	۱/۹	۱۰۰	۲۱	۶۵	۴۱/۵
بهمن	۱۱/۶	- ۱۰/۶	۲/۴	۹۹	۲۳	۶۴	۲۸/۹
اسفند	۲۱/۲	- ۵/۸	۶/۴	۱۰۰	۱۷	۵۷	۶۷/۷
فروردین	۲۶/۴	۲/۲	۱۳/۹	۹۷	۱۳	۳۷	۳۱
اردیبهشت	۳۱	۳/۶	۱۸/۶	۹۸	۱۳	۴۷	۳۴/۹
خرداد	۳۸	۱۰/۶	۲۴/۹	۸۲	۸	۳۴	۱/۶
تیر	۴۰/۶	۱۴	۲۷/۹	۸۹	۸	۳۲	۲

این پژوهش در شرایط فاریاب و در قالب طرح لاتیس مربع (۶×۶) با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش ۳۶ ژنوتیپ زراعی گندم ایران با ویژگی‌های متفاوت زراعی، فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، فنولوژیکی و ژنتیکی که برای کشت در مناطق گرم و مرطوب، گرم و خشک، معتدل و سرد، در سال های ۸۵-۱۳۰۹ معرفی شده‌اند، بررسی شدند (جدول ۲). ارقام این آزمایش از میان ۸۱ ژنوتیپ مختلف گندم که طی دو سال زراعی اخیر در همین مزرعهٔ تحقیقاتی مطالعه و بررسی شده بودند، انتخاب شدند. عملیات کاشت در دوم آذر ۱۳۸۹ به‌صورت دستی و با استفاده از فوکا انجام گرفت. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف با فواصل ۲۰ سانتی‌متر و به طول سه متر بود. بر اساس توصیهٔ متداول کودی برای مزرعهٔ آزمایشی، کود اوره به مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در مراحل پنجه‌زنی و ساقه‌روی به‌صورت سرک به خاک داده شد. در این آزمایش تعداد روز و روز درجهٔ رشدی مراحل مختلف رشدونمو شامل سبز شدن، ساقه‌روی، غلاف رفتن، سنبله‌دهی، گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک برای همهٔ ارقام ثبت شد. برای محاسبهٔ روز درجهٔ رشدی از فرمول زیر استفاده شد :

[۱]

$$GDD = \sum_{1}^{n} \frac{T\max + T\min}{2} - T_b$$

Tmax : حداکثر دمای روزانه؛ Tmin : حداقل دمای روزانه؛ Tb : دمای پایه.

خروج دو سانتی‌متر برگ اول از درون کلئوپتیل بر روی خاک، معیاری برای مرحلهٔ سبز شدن؛ ظهور اولین گره روی ساقهٔ اصلی، معیاری برای ورود گیاه به مرحلهٔ ساقه‌روی؛ تورم غلاف برگ پرچم و خروج ریشک‌های سنبله از غلاف برگ پرچم، معیاری برای مرحلهٔ غلاف رفتن؛ خروج کامل سنبله از غلاف برگ پرچم، معیاری برای تکمیل مرحلهٔ سنبله‌دهی؛ خروج بساک‌ها از سنبله، معیاری برای آغاز مرحلهٔ گرده‌افشانی؛ و زرد شدن میانگره آخر (پدانکل) و نیز خود سنبله (لما، پالئا و ریشک‌ها)، معیاری برای مرحلهٔ رسیدگی فیزیولوژیک ارقام مختلف بود (Zadoks *et al.*, 1974). با ورود ۵۰ درصد گیاهان یک کرت آزمایشی به هر یک از مراحل مورد نظر، آن مرحلهٔ نموی برای آن رقم ثبت شد. همچنین با توجه به دامنهٔ گستردهٔ تنوع فنولوژیکی ارقام تحت بررسی، برای بررسی دامنهٔ تنوع ژنتیکی طول

دوره‌های رشدی، ارقام مختلف بر اساس تاریخ گلدهی مشابه در شش گروه طبقه‌بندی شدند (جدول ۳).

جدول ۲ . اسامی ارقام گندم استفاده‌شده در آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۰ – ۱۳۸۹

رقم	مناطق مورد کشت	رقم	مناطق زیر کشت
آذر ۲	مناطق سردسیر	شهریار	کل مناطق سردسیر کشور
آزادی	مناطق معتدل مثل کرج، ورامین، فارس، خراسان، اصفهان و مناطقی با آب‌وهوای مشابه	فرونتانا	مناطق معتدل کشور
اکبری	مناطق شور کشور (یزد،کرمان و سیستان و بلوچستان)	فونگ	مناطق شمال کشور
الموت	مناطق سرد کشور به‌خصوص استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، شمال خراسان، کردستان، همدان، زنجان و چهارمحال و بختیاری	قدس	مناطق معتدل کشور
بک کراسروشن بهاره	مناطق معتدل	کاسکوژن	مناطق سردسیر
بک کراسروشن زمستانه	مناطق سردسیر مانند آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل (به استثنای دشت مغان)، کردستان، همدان، قسمتی از زنجان، چهارمحال و بختیاری، مرکزی، کرمانشاه، قزوین، کهگیلویه و بویراحمد و شمال خراسان	کراس فلات هامون	سیستان و بلوچستان
بم	مناطق شور کشور	کرج ۳	اقلیم معتدل
بولانی	سیستان و بلوچستان	مارون	مناطق گرمسیر کهگیلویه و بویراحمد، مناطق مرتفع شمال، شمال شرقی و شرق خوزستان (به‌صورت دیم)، فارس و لرستان
چناب	مناطق گرم جنوبی کشور	مرودشت	مناطق معتدل استان‌های فارس، خراسان، اصفهان، یزد، تهران، مرکزی، کرمان و سمنان
دریا	مازندران و گلستان	مغان ۱	مناطق آبی دشت مغان
زاگرس	مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر مانند دشت‌های گرگان، مغان، خوزستان، بوشهر و ...	مغان ۳	دشت مغان
سایسون	مناطق سرد کشور	نوید	مناطق سردسیر کشور شامل استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، خراسان، همدان و کردستان
سرداری	مناطق دیم سردسیر و کوهستانی کشور	نیک نژاد	مناطق معتدل کشور و با محدودیت آب آبیاری از جمله لرستان، کرمانشاه، فارس، یزد و دیمزارهای معتدل گرم و پرباران مانند بوشهر، گچساران و کوهدشت لرستان
سیستان	سیستان و بلوچستان و مناطق جنوب کشور	وری ناک	مناطق گرمسیر و نیمه‌گرمسیر
سیمینه	آذربایجان غربی و همدان	DN -11	یک لاین گندم است. ازاین‌رو منطقهٔ خاصی برای کشت آن تعیین نشده است.
شاهپسند	مناطق آبی اقلیم سرد فلات مرکزی ایران	M-73-18(سپاهان)	کرج، اصفهان، بروجرد، ورامین و مناطق معتدل کشور
شاهی	مناطق آبی فلات مرکزی ایران	Montana	مناطق معتدل کشور
شعله	اراضی لب‌شور خوزستان	Stork	اغلب مناطق کشور

جدول ۳. گروه‌بندی ارقام گندم بر اساس تاریخ گلدهی مشابه

گروه	اسامی ارقام گندم	متوسط روز درجه از کاشت تا گرده‌افشانی
۱	شاهپسند، کرج۳، نوید	۱۵۸۶
۲	بک کراس روشن زمستانه، سایسون، شاهی	۱۴۲۵
۳	کاسکوژن، آزادی، الموت، شهریار، مرودشت، نیک‌نژاد، سرداری، مغان۱، مونتانا، شعله، اکبری، قدس، سپاهان، سیستان، آذر۲، بولانی، بم	۱۳۸۷
۴	بک کراس روشن بهاره، استورک، دریا، سیمینه، چناب، دی ان-۱۱، کراس فلات هامون، فرونتانا	۱۳۴۸
۵	مغان۳، مارون، فونگ، وری ناک	۱۳۰۹
۶	زاگرس	۱۲۲۷

برای بررسی تأثیر مقدار تولید زیست‌توده در پایان فصل سرد در تسریع مراحل رشدونمو پس از فصل سرما، در اواسط فروردین، همزمان با پایان فصل سرد در محل اجرای آزمایش (در این زمان اغلب ارقام تحت بررسی در انتهای مرحلهٔ گل‌انگیزی بودند)، ۷ بوته از هر کرت (با احتساب ۰/۵ متر حاشیه) برداشت و پس از خشک کردن توزین شدند. علاوه‌براین، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، گیاهان یک متر مربع از هر کرت، با احتساب ۰/۵ متر حاشیه برداشت و برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و اجزای آن (وزن هزاردانه و تعداد دانه در سنبله)، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک ضرب‌در صد) استفاده شد. با استفاده از نرم‌افزار MSTATC آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه‌های آماری و مقایسهٔ میانگین داده‌ها

به‌روش دانکن انجام گرفت. همچنین روابط بین عملکرد و اجزای آن با فنولوژی ارقام مختلف با استفاده از روش آماری همبستگی ساده و به‌کمک نرم‌افزار SAS محاسبه شد.

نتایج و بحث

در این آزمایش مشاهده شد در بین ارقام مختلف گندم از حیث عملکرد دانه، تفاوت بسیار معناداری وجود دارد (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین عملکرد دانهٔ ارقام مختلف (جدول ۵) نشان داد در این آزمایش ارقام قدس و مغان۱، بیشترین (به‌ترتیب ۸۰۶ و ۷۴۴ گرم در متر مربع)؛ و ارقام شاهپسند و مونتانا، کمترین (به‌ترتیب ۳۴۱ و ۳۴۷ گرم بر متر مربع) مقدار تولید عملکرد دانه را داشتند.

تعداد دانه در سنبله و وزن هزاردانه دو جزء مهم در تعیین عملکرد دانهٔ گندم است. ارقام مختلف گندم در آزمایش حاضر از حیث تعداد دانه در سنبله تفاوت معناداری را نشان دادند (جدول ۴). در این آزمایش، متوسط تعداد دانه در سنبله در همهٔ ارقام تحت بررسی، ۴۴/۸ دانه و دامنهٔ تغییرات این صفت در بین ارقام مختلف، ۲۷/۳ دانه بود. همچنین مقایسهٔ میانگین ارقام مختلف (جدول ۵) نشان داد رقم چناب بیشترین (۵۷ دانه در سنبله) و ارقام آذر۲، سیمینه و کرج۳ کمترین (به‌ترتیب ۲۹/۷، ۳۴/۲ و ۳۶/۱ دانه در سنبله) مقدار تولید تعداد دانه در سنبله را داشتند. تعداد دانهٔ تولیدی در گندم از مؤلفه‌های مهم در تعیین اندازهٔ مخزن در این گیاه است. از طرفی برخی محققان بر این باورند که محدودیت مخزن، از دلایل اصلی افت عملکرد دانه در اغلب ارقام گندم ایرانی است (Ahmadi *et al*., 2009)، بنابراین ارقامی که پتانسیل تولید تعداد دانهٔ زیادی دارند، می‌توانند در مطالعات اصلاحی مورد توجه قرار گیرند. در این آزمایش، ارتباط عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، باوجود مثبت بودن، معنادار نبود (r=۰/۰۳، P>۰/۰۵، n=۳۶). اگرچه برخی ارقام مانند قدس، سیستان و بک کراس روشن زمستانه با تولید عملکرد زیاد بالا، از مقادیر زیاد تعداد دانه در سنبله نیز برخوردار بودند، این ارتباط در بیشتر ارقام تحت بررسی مشاهده نشد. برای مثال ارقام سپاهان، کاسکوژن، زاگرس و مغان۳ درحالی‌که جزء ارقام برتر در تولید عملکرد دانه بودند، تعداد دانه در سنبلهٔ کمی داشتند.

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای آن و شاخص برداشت

صفات تحت بررسی	DF	مجموع مربعات(SS)	میانگین مربعات(MS)	F
عملکرد بیولوژیک	۳۵	۵۷۵۸۲۴۳/۵۸	۱۶۴۵۲۱/۲۴۵	۱/۶۷*
عملکرد دانه	۳۵	۱۲۷۷۸۲۹/۵۲	۳۶۵۰۹/۴۱۵	۲/۶۸**
شاخص برداشت	۳۵	۲۹۷۹/۰۷	۸۵/۱۱۶	۴/۷۱**
وزن هزاردانه	۳۵	۲۲۱۶/۳۱	۶۳/۳۲۳	۷/۰۸**
تعداد دانه در سنبله	۳۵	۴۱۶۶/۹۳	۱۱۹/۰۵۵	۱/۹۲*

* و ** به‌ترتیب بیانگر معنادار بودن در سطح ۵ درصد و ۱ درصد است.

در مقابل همبستگی مثبت و معناداری بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه مشاهده شد (r=۰/۳۳، P<۰/۰۱، n=۳۶) که این ارتباط بیانگر تأثیر مثبت وزن هزاردانه در افزایش عملکرد دانه است. اما تعداد کمی از ارقام از این قاعده مستثنا بودند. برای مثال ارقام قدس، مغان۱ و سپاهان، جزء برترین ارقام در تولید عملکرد دانه بودند، اما از نظر وزن هزاردانه به‌ترتیب در رتبه‌های ۲۷، ۲۱ و ۲۶ جدول رتبه‌بندی ارقام قرار داشتند. با بررسی تعداد دانه در سنبله در این ارقام مشاهده شد زیاد بودن تولید عملکرد دانه در این ارقام، تحت تأثیر تولید تعداد دانه زیاد بوده است.

صفت وزن هزاردانه باوجود همبستگی مثبت با عملکرد دانه، با تعداد دانه در سنبله همبستگی منفی نشان داد (r =-۰/۱۵۳، P<۰/۰۵، n=۳۶)، به این ترتیب با افزایش وزن هزاردانه، تعداد دانه در سنبله کاهش می‌یابد و برعکس. در واقع گیاه گندم دارای نوعی سازوکار خودتنظیمی و جبرانی است که روابط اجزای عملکرد با یکدیگر و با عملکرد دانه را کنترل می‌کند و

همچنین سبب تطابق بهتر گیاه با امکانات و شرایط محیط رشد می‌شود. به‌عبارت دیگر اجزای عملکرد گندم روابط معکوسی با یکدیگر دارند، به‌طوری‌که افزایش یک جزء، موجب کاهش جزء یا اجزای دیگر شده و درنتیجه، ثبات عملکرد گندم حفظ می‌شود. البته حالت مطلوب آن است که تمام اجزای عملکرد در حد بهینه باشند. در غیر این صورت افزایش یک عامل بدون توجه به عوامل دیگر، کاهش چشمگیر عوامل دیگر و حتی عملکرد دانه را به‌همراه خواهد داشت. مقایسهٔ میانگین وزن هزاردانهٔ ارقام مختلف نشان داد (جدول ۵) ارقام آذر۲، فونگ و اکبری به‌ترتیب با میانگین ۴۵/۵، ۴۳/۱ و ۴۲/۶ گرم، دارای بیشترین مقدار وزن هزاردانه بودند و در مقابل، ارقام کرج۳ و نوید به‌ترتیب با میانگین ۲۷/۴ و ۲۷/۷ گرم، کمترین مقدار را داشتند. تفاوت در طول دورهٔ پر شدن دانه، تعداد سلول‌های آندوسپرمی و قدرت این سلول‌ها در جذب مواد فتوسنتزی، می‌تواند از جمله دلایل تفاوت وزن هزاردانه در ارقام مختلف باشد.

جدول ۵- عملکرد دانه (گرم در متر مربع)، وزن هزاردانه (گرم) و تعداد دانه در سنبله در ارقام گندم. رتبه‌بندی ارقام در این جدول بر اساس تولید عملکرد دانه است. حروف انگلیسی در بالای اعداد بیانگر مقایسهٔ میانگین ارقام مختلف از حیث صفت مربوط با استفاده از روش دانکن است.

رتبه	رقم	سال معرفی	عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه	رتبه	رقم	سال معرفی	عملکرد دانه	تعداد دانه در سنبله	وزن هزاردانه
۱	دس	۱۳۶۸	۸۰۶ a	۵۲/۳ abc	۳۲/۹ ijklmn	۱۹	نوید	۱۳۶۹	۵۵۸ abcdefghi	۴۴/۵ abcdef	۲۷/۷ mn
۲	مغان ۱	۱۳۵۲	۷۴۴ a	۴۶/۲ abcde	۳۶/۲ cdefghijk	۲۰	آزادی	۱۳۵۸	۵۳۷ abcdefghi	۵۲/۴ abc	۳۱/۹ klmn
۳	کاسکوژن	–	۷۱۱ ab	۴۳/۳ abcdef	۴۰/۷ abcde	۲۱	آذر ۲	۱۳۷۸	۵۲۴ bcdefghi	۲۹/۷ f	۴۵/۵ a
٤	استورک	۱۳۸۴	۶۸۵ abc	۴۴/۵ abcdef	۳۶/۵ cdefghijk	۲۲	شاهی	۱۳۴۶	۵۱۹ bcdefghi	۴۱/۵ abcdef	۴۰/۱ abcdef
۵	بک کراس روشن زمستانه	۱۳۷۷	۶۷۵ abcd	۵۲/۴ abc	۳۹/۴ bcdefgh	۲۳	بولانی	–	۴۹۷ bcdefghi	۴۳/۱ abcdef	۳۷/۷ cdefghij
۶	مغان ۳	۱۳۸۵	۶۵۲ abcde	۳۸/۲ bcdef	۳۸/۴ bcdefghi	۲۴	چناب	۱۳۵۴	۴۹۵ bcdefghi	۵۷ a	۳۴/۶ fghijkl
۷	سیستان	۱۳۸۵	۶۳۳ abcdef	۵۱/۱ abcd	۴۰/۶ abcde	۲۵	مرودشت	۱۳۷۸	۴۹۳ cdefghi	۵۲/۳ abc	۳۲/۱ ijklmn
۸	سپاهان	۱۳۸۵	۶۲۹ abcdef	۴۲/۶ abcdef	۳۳/۲ ghijkl	۲۶	الموت	۱۳۷۴	۴۶۰ cdefghi	۵۰/۸ abcd	۳۶/۴ defghijk
۹	فونگ	–	۶۲۳ abcdefg	۴۵/۲ abcdef	۴۳/۱ ab	۲۷	شهریار	۱۳۸۱	۴۵۸ defghi	۵۳/۸ ab	۳۲/۳ ijklmn
۱۰	زاگرس	۱۳۷۵	۶۲۲ abcdefg	۴۲ abcdef	۳۹/۵ bcdefgh	۲۸	بم	۱۳۸۵	۴۴۸ defghi	۴۲/۸ abcdef	۴۰/۹ abcde
۱۱	وری ناک	–	۶۱۳ abcdefg	۳۶/۷ cdef	۳۰/۹ klmn	۲۹	نیک نژاد	۱۳۷۴	۴۴۵ defghi	۴۳ abcdef	۳۲/۵ ijklmn
۱۲	دریا	۱۳۸۵	۶۱۲ abcdefg	۴۷/۸ abcde	۳۹/۷ abcdefg	۳۰	شعله	۱۳۳۶	۴۴۴ efghi	۴۲/۹ abcdef	۳۵/۴ efghijk
۱۳	کراس فلات هامون	۱۳۸۱	۶۱۱ abcdefg	۴۱/۶ abcdef	۴۱/۷ abcd	۳۱	سرداری	۱۳۰۹	۴۳۲ fghi	۳۹/۴ bcdef	۴۱/۴ abcd
۱۴	اکبری	۱۳۸۵	۵۸۴ abcdefg	۴۶/۱ abcde	۴۲/۶ abc	۳۲	فرونتانا	–	۴۲۵ fghi	۳۷/۲ cdef	۳۶/۹ cdefghij
۱۵	سیمینه	۱۳۷۶	۵۸۱ abcdefg	۳۴/۲ ef	۴۰/۲ abcdef	۳۳	مارون	۱۳۷۰	۴۱۸ fghi	۴۵ abcdef	۳۶/۳ defghijk
۱۶	بک کراس روشن بهاره	۱۳۷۷	۵۷۶ abcdefgh	۳۶/۶ cdef	۴۰/۶ abcde	۳۴	کرج ۳	۱۳۵۵	۴۰۲ ghi	۳۶/۱ def	۲۷/۴ n
۱۷	DN -11	–	۵۶۳ abcdefgh	۵۰/۸ abcd	۳۴/۷ efghijk	۳۵	مونتانا	–	۳۴۷ hi	۴۹/۷ abcde	۲۸/۶ lmn
۱۸	سایسون	–	۵۶۲ abcdefghi	۵۰ abcde	۳۱/۵ jklmn	۳۶	شاهپسند	۱۳۲۱	۳۴۱ i	۵۰/۱ abcde	۳۳/۵ hijklm
	میانگین کل		۵۴۸	۴۴/۸	۳۶/۵						

علاوه بر این، در این آزمایش ارقام مختلف از حیث عملکرد بیولوژیک نیز تفاوت معناداری را نشان دادند (جدول ۴) و ارقام قدس (میانگین عملکرد بیولوژیک : ۲۳۴۹ گرم در متر مربع) و بم (میانگین عملکرد بیولوژیک : ۱۴۱۰ گرم در متر مربع) به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک بودند (جدول۶). در این آزمایش همبستگی مثبت و بسیار معناداری بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک مشاهده شد ($r = ۰/۶۱۹$، $P<۰/۰۱$، $n=۳۶$). بنابراین برای تولید عملکرد دانهٔ زیاد به رشد سبزینه‌ای خوب و گیاهانی با قدرت رویشی مناسب نیاز است. برای مثال ارقام قدس، مغان۱، کاسکوژن، استورک، بک کراس روشن زمستانه و سپاهان با بیشترین مقادیر عملکرد بیولوژیک در بین ارقام مختلف، به‌ترتیب صاحب رتبه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۸ در تولید عملکرد دانه بودند و در مقابل ارقام سرداری، بم و شهریار با مقادیر کم عملکرد بیولوژیک در انتهای جدول رتبه‌بندی ارقام بر اساس عملکرد دانه قرار داشتند. البته این ارتباط در تعداد محدودی از ارقام صادق نبود. برای

مثال ارقام شعله و الموت درحالی‌که مقادیر زیادی از عملکرد بیولوژیک را تولید کردند، عملکرد دانهٔ اندکی داشتند و برعکس، رقم فونگ که جزء ارقام برتر در تولید عملکرد دانه بود، در رتبهٔ ۳۱ تولید عملکرد بیولوژیک قرار گرفت. عوامل متعددی مانند حساسیت به خوابیدگی، ریزش دانه و ... ممکن است از دلایل افت عملکرد دانه در این ارقام باشد. اگر چه نتایج مطالعات محدودی همبستگی مثبت تولید زیست‌توده با عملکرد گندم را نشان می‌دهد (Donmez *et al*., 2001)، اهداف بسیاری از برنامه‌های اخیر اصلاح ارقام گندم، ارتقای سطح ظرفیت بالقوهٔ تولید، کاهش ارتباط ظرفیت بالقوهٔ تولید عملکرد صرفاً با شاخص برداشت، افزایش ارتباط ظرفیت بالقوهٔ تولید عملکرد با شاخص برداشت و تولید زیست‌توده یا حتی افزایش ارتباط ظرفیت بالقوهٔ تولید صرفاً با زیست‌توده است (Shearman *et al*., 2005; Aisawi *et al*. 2010). به گزارش Berry *et al*., (2007) کاهش مقدار مادهٔ خشک ساقه سبب افزایش خطر ورس در ارقام گندم پرتولید می‌شود که این امر شاخص برداشت را در سطح ۵۰ درصد محدود می‌کند. بدون شک در آینده، بخش عمدهٔ افزایش ظرفیت بالقوهٔ تولید عملکرد ارقام مختلف گندم به افزایش تولید زیست‌توده وابسته خواهد بود و این امر الزاماً باید با شاخص برداشت بیشتر همراه باشد. یکی دیگر از فاکتورهای تحت بررسی در این آزمایش، شاخص برداشت است. این فاکتور برابر با نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک (به‌صورت درصد) است و توانایی گیاه را برای انتقال و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها (اندام اقتصادی گیاه) نشان می‌دهد. ارقام تحت بررسی از حیث شاخص برداشت تفاوت بسیار معناداری را نشان دادند (جدول ۴). مقایسهٔ میانگین شاخص برداشت ارقام مختلف نیز نشان داد در این آزمایش، دو رقم فونگ و زاگرس بیشترین (به‌ترتیب ۳۸/۷۶ و ۳۸/۱۴ درصد)، و رقم شاهپسند کمترین (۱۹/۷۱ درصد) شاخص برداشت را داشتند (جدول ۶).

جدول ۶ . شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) در ارقام مختلف گندم. رتبه‌بندی ارقام در این جدول بر اساس شاخص برداشت است. حروف انگلیسی بیانگر مقایسهٔ میانگین ارقام مختلف از حیث صفت مربوط با استفاده از روش دانکن است.

رتبه	رقم	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	رتبه	رقم	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	رتبه	رقم	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک
۱	فونگ	۳۸/۷۶ ^{a}	۱۶۰۶ ^{bcdef}	۱۳	آزادی	۳۳/۷۰ ^{abcdef}	۱۵۹۴ ^{cdef}	۲۵	سرداری	۲۸/۵۸ ^{defghij}	۱۵۱۰ ^{ef}
۲	زاگرس	۳۸/۱۴ ^{a}	۱۶۳۱ ^{bcdef}	۱۴	بولانی	۳۲/۷۷ ^{abcdefg}	۱۵۱۶ ^{ef}	۲۶	شهریار	۲۸/۳۶ ^{defghijk}	۱۶۱۵ ^{bcdef}
۳	مغان ۳	۳۷/۸۲ ^{ab}	۱۷۲۵ ^{abcdef}	۱۵	بک کراس روشن بهاره	۳۲/۵۹ ^{abcdefgh}	۱۷۶۶ ^{abcdef}	۲۷	نیک‌نژاد	۲۷/۲۹ ^{efghijk}	۱۶۳۲ ^{bcdef}
۴	سیمینه	۳۷/۸۱ ^{ab}	۱۵۳۶ ^{def}	۱۶	سایسون	۳۲/۱۸ ^{abcdefgh}	۱۷۴۵ ^{abcdef}	۲۸	فرونتانا	۲۶/۱۶ ^{fghijk}	۱۶۲۶ ^{bcdef}
۵	کاسکوژن	۳۷/۵۱ ^{ab}	۱۸۹۵ ^{abcdef}	۱۷	اکبری	۳۱/۸۴ ^{abcdefgh}	۱۸۳۵ ^{abcdef}	۲۹	مارون	۲۵/۱۹ ^{fghijk}	۱۶۵۹ ^{bcdef}
۶	وری ناک	۳۷/۰۵ ^{abc}	۱۶۵۵ ^{bcdef}	۱۸	بم	۳۱/۷۹ ^{abcdefgh}	۱۴۱۰ ^{f}	۳۰	نوید	۲۴/۸۸ ^{ghijk}	۲۲۴۱ ^{ab}
۷	دریا	۳۶/۴۶ ^{abcd}	۱۶۷۹ ^{bcdef}	۱۹	بک کراس روشن زمستانه	۳۰/۷۶ ^{abcdefghi}	۲۱۹۵ ^{abc}	۳۱	شاهی	۲۳/۹۴ ^{hijk}	۲۱۶۷ ^{abcd}
۸	سیستان	۳۵/۵۷ ^{abcde}	۱۷۸۰ ^{abcdef}	۲۰	آذر ۲	۳۰/۶۳ ^{abcdefghi}	۱۷۱۲ ^{bcdef}	۳۲	کرج ۳	۲۲/۹۸ ^{ijk}	۱۷۴۹ ^{abcdef}
۹	کراس فلات هامون	۳۵/۳۴ ^{abcde}	۱۷۲۸ ^{abcdef}	۲۱	چناب	۳۰/۵۱ ^{abcdefghi}	۱۶۲۲ ^{bcdef}	۳۳	شعله	۲۲/۷۹ ^{ijk}	۱۹۴۷ ^{abcdef}
۱۰	قدس	۳۴/۳۰ ^{abcde}	۲۳۴۹ ^{a}	۲۲	DN-11	۳۰/۴۹ ^{abcdefghi}	۱۸۴۵ ^{abcdef}	۳۴	الموت	۲۲/۶۳ ^{ijk}	۲۰۳۱ ^{abcdef}
۱۱	مغان ۱	۳۴/۰۳ ^{abcdef}	۲۱۸۷ ^{abc}	۲۳	سپاهان	۲۹/۳۰ ^{bcdefghi}	۲۱۴۶ ^{abcde}	۳۵	مونتانا	۲۰/۴۴ ^{jk}	۱۶۹۶ ^{bcdef}
۱۲	استورک	۳۳/۸۵ ^{abcdef}	۲۰۲۸ ^{abcdef}	۲۴	مرودشت	۲۹/۰۶ ^{cdefghij}	۱۶۹۵ ^{bcdef}	۳۶	شاهپسند	۱۹/۷۱ ^{k}	۱۷۲۹ ^{abcdef}
میانگین کل		۳۱	۱۷۹۱								

در آزمایش موجود، همبستگی مثبت و بسیار نزدیکی میان شاخص برداشت و عملکرد دانه مشاهده شد (n=۳۶ ،P<۰/۰۱ ،r=۰/۷۱۹). بدین ترتیب ارقام دارای بیشترین مقادیر تولید عملکرد دانه، صاحب برترین رتبه‌های شاخص برداشت بودند، مانند ارقام قدس، مغان۱، کاسکوژن، استورک، سیستان، زاگرس، مغان۳ و فونگ. تاکنون در مطالعات متعددی همبستگی مثبت و بسیار معنادار بین شاخص برداشت با عملکرد دانه گزارش شده است (Austin *et al*., 1980; Slafer *et al*., 1994; Royo *et al*., 2007). این همبستگی نشان

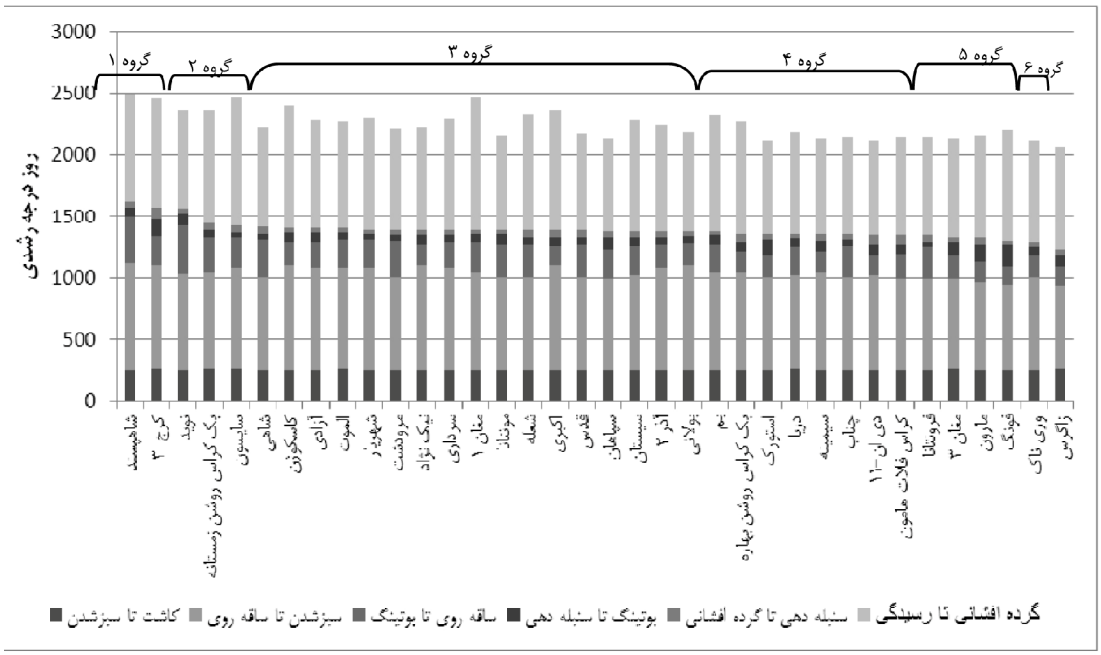
می‌دهد چگونگی توزیع مواد فتوسنتزی در گیاه، برای دستیابی به مقادیر زیاد عملکرد دانه اهمیت ویژه‌ای دارد. در واقع در یک گیاه با شاخص برداشت بالا، مقادیر بیشتری مادهٔ خشک به اندام‌های اقتصادی اختصاص می‌یابد. به‌این‌ترتیب عملکرد دانه نیز افزایش پیدا می‌کند. اما در این آزمایش مشاهده شد ارقام سپاهان و بک کراس روشن زمستانه، گرچه جزء ارقام برتر در تولید عملکرد دانه بودند، شاخص برداشت پایینی داشتند (جدول‌های ۵ و ۶). یکی از دلایل این وضعیت، زیاد بودن تولید عملکرد بیولوژیک (مخرج نسبت شاخص برداشت) در این ارقام است. در واقع در آزمایش حاضر رابطهٔ عملکرد بیولوژیک با شاخص برداشت منفی بود (r=-۰/۰۷۹، P<۰/۰۵، n=۳۶). بدین ترتیب افزایش عملکرد بیولوژیک سبب افت شاخص برداشت، و در مقابل کاهش عملکرد بیولوژیک سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود.

همچنین ارتباط مثبت و بسیار معناداری میان شاخص برداشت با وزن هزاردانه مشاهده شد (r=۰/۴۸۵، P<۰/۰۱، n=۳۶)، اما همبستگی شاخص برداشت با تعداد دانه منفی و بی‌معنا بود (r=-۰/۰۴۹، P>۰/۰۵، n=۳۶). افزایش هر یک از اجزای عملکرد دانه می‌تواند سبب افزایش شاخص برداشت شود. در برخی ارقام تأخیر پیری و افزایش طول دورهٔ پر شدن دانه‌ها، از طریق افزایش وزن هزاردانه سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود و از سوی دیگر تولید سنبله‌های بزرگ‌تر و با قدرت رقابتی بیشتر در برخی ارقام، می‌تواند سبب افزایش تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه و شاخص برداشت شود (Fischer, 2011). Austin *et al.*, (1980)پیش از این بیان کردند که بیشترین مقدار تئوریکی شاخص برداشت دانه در گندم می‌تواند ۶۲ درصد باشد. با توجه به مقادیر کم شاخص برداشت در ارقام تحت بررسی می‌توان گفت در ارقام ایرانی، شاخص برداشت به سقف خود نرسیده است و هنوز امکان افزایش شاخص برداشت و در نتیجه عملکرد دانه وجود دارد.

با توجه به اینکه اجزای عملکرد گندم طی مراحل مختلف رشد و نمو گیاه تشکیل می‌شود، تناسب چرخهٔ زندگی گیاه گندم با شرایط محیطی که در آن رشد می‌کند، می‌تواند یک راهکار کاربردی و شایان توجه برای افزایش عملکرد و بهبود نمو گیاه باشد. دورهٔ ساقه‌روی که همزمان با ظهور اولین گره بر روی ساقهٔ اصلی آغاز می‌شود و تا گلدهی ادامه می‌یابد، در گندم و جو نقشی حساس در تعیین عملکرد دانه دارد. در آزمایش حاضر، تنوع گسترده‌ای در طول دورهٔ ساقه‌روی در ارقام مختلف گندم مشاهده شد (دامنهٔ ۵۵۵-۲۸۹ روز درجهٔ رشدی) و متوسط طول این دورهٔ رشدی در ارقام تحت بررسی ۳۷۰ روز درجهٔ رشدی بود. در تحقیق دیگری در همین راستا، متوسط طول دورهٔ ساقه‌روی در ارقام تجاری گندم آرژانتینی ۷±۴۰۱ روز درجهٔ رشدی گزارش شد، اما در این تحقیق، طول دورهٔ ساقه‌روی در ارقام جو آرژانتینی کوتاه‌تر و کم‌تنوع‌تر بود (۳±۲۹۰) (Whitechurch *et al.*, 2007).

در آزمایش حاضر مشاهده شد عمده تفاوت سرعت رشد پیش از مرحلهٔ گرده‌افشانی در بین ارقام مختلف، به مراحل اولیهٔ رشد رویشی گیاه (سبز شدن تا ساقه‌روی) مربوط می‌شود (شکل ۱)، با وجود این Whitechurch *et al.*, (2007) و Bancal (2008) بیان کردند ارقام گندمی که تاریخ گلدهی متفاوتی دارند، نه تنها از نظر طول مدت مراحل اولیهٔ رشد رویشی با یکدیگر متفاوتند، بلکه از نظر طول دورهٔ ساقه‌روی تا گلدهی نیز تفاوت زیادی دارند. حتی در آزمایش حاضر مشاهده شد برخی ارقام با تاریخ گلدهی مشابه نیز، در طول دورهٔ ساقه‌روی با یکدیگر اختلاف داشتند (شکل ۱). برای مثال تاریخ گلدهی ارقام مرودشت، شهریار و نیک‌نژاد مشابه بود (جدول ۳)، اما طول دورهٔ ساقه‌روی در این ارقام به‌ترتیب ۳۸۷، ۳۱۰ و ۲۸۹ روز درجهٔ رشدی بود. گزارش‌های متعددی مؤید تنوع طول دورهٔ ساقه‌روی در ارقام دارای تاریخ گلدهی مشابه است (Whitechurch & Slafer, 2001; Gonzalez *et al.*, 2002, 2003). همچنین بررسی ارتباط دو بازهٔ رشدی سبز شدن تا ساقه‌روی و ساقه‌روی تا گلدهی نشان داد طول مدت بازهٔ ساقه‌روی تا گلدهی لزوماً تحت تأثیر طول مدت بازهٔ رشدی سبز شدن تا ساقه‌روی نیست (r=۰/۰۸، P>۰/۰۵، n=۳۶). پیش از این نیز استقلال مراحل یا عدم تأثیرگذاری شرایطی که در یک مرحله وجود دارد، بر طول مدت مرحلهٔ بعدی، در تحقیقات

متعددی مشاهده شده بود (Pennell & Halloran, 1982; Whitechurch *et al*., 2007). در این مطالعه تنوع تاریخ گلدهی ارقام مختلف تفسیر روابط بین فنولوژی با عملکرد و اجزای عملکرد را بسیار پیچیده می‌ساخت. ازاین‌رو، همهٔ این روابط در ارقام دارای زمان گلدهی مشابه مطالعه شد.

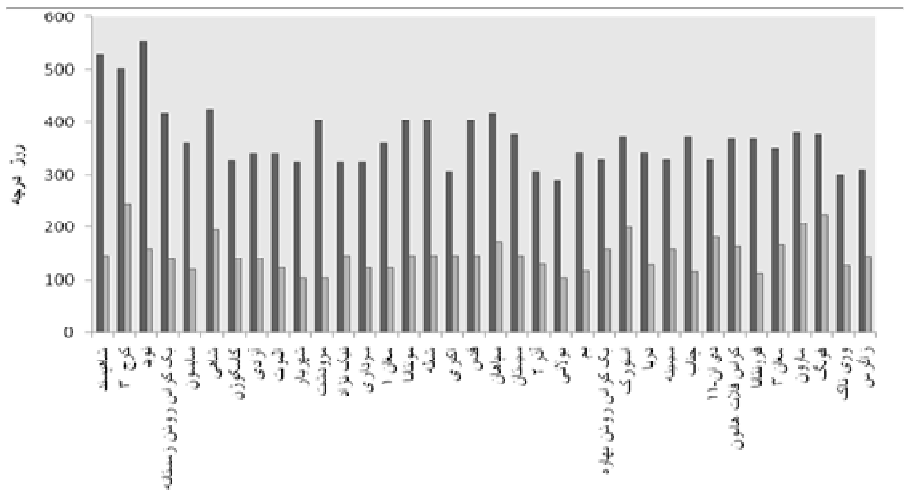


شکل ۱. روز درجه از کاشت تا سبز شدن، سبز شدن تا ساقه‌روی، ساقه‌روی تا بوتینگ، بوتینگ تا سنبله‌دهی، سنبله‌دهی تا گرده‌افشانی و گرده‌افشانی تا رسیدگی در ارقام مختلف که بر اساس تاریخ گلدهی مشابه گروه‌بندی شده‌اند.

با بررسی ارتباط طول دورهٔ ساقه‌روی با عملکرد و اجزای آن در ارقام دارای زمان گلدهی مشابه، مشاهده شد اغلب ارقام با دورهٔ ساقه‌روی طولانی، دارای برترین رتبه‌های تولید تعداد دانه در سنبله بودند ($r = ۰/۴۲$، $P<۰/۰۵$، $n=۳۶$). علاوه بر این، در این آزمایش مشاهده شد که در ارقام دارای زمان گلدهی مشابه، طویل شدن دورهٔ ساقه‌روی، اغلب در اثر کاهش طول مدت مراحل قبلی، سبب افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شود. برای مثال در گروه ۲، درحالی‌که تاریخ گلدهی ارقام مرودشت، مغان۱، مونتانا، قدس و سیستان مشابه سایر اعضای گروه است، دورهٔ ساقه‌روی این ارقام با کوتاه‌تر شدن بازهٔ کاشت تا ساقه‌روی، طولانی‌تر شده است و این ارقام به‌ترتیب در رتبه‌های ۵، ۶، ۷، ۱۲ و ۱۴ جدول رتبه‌بندی ارقام بر اساس تعداد دانه قرار گرفته‌اند. در گروه ۳ نیز رقم چناب با دورهٔ ساقه‌روی طولانی و بازهٔ کاشت تا ساقه‌روی کوتاه‌تر نسبت به سایر ارقام گروه ۳، صاحب رتبهٔ ۱ تولید تعداد دانه در سنبله در بین ارقام مختلف شد. برخی محققان نیز گزارش‌های مشابهی بیان کرده‌اند که مؤید این مشاهده است (Slafer *et al*., 1996; Araus *et al*., 2002). اما برخی ارقام از این قاعده مستثنا بودند، برای مثال ارقام شاهی (گروه ۲)، سپاهان (گروه ۳)، بک کراس روشن بهاره و کراس فلات هامون (گروه ۴) باوجود دارا بودن دورهٔ ساقه‌روی طولانی، در قسمت انتهایی جدول رتبه‌بندی ارقام بر اساس تعداد دانه در سنبله قرار داشتند.

بررسی همزمان طول دورهٔ ساقه‌روی و دورهٔ سقط گلچه (که همزمان با مرحلهٔ غلاف رفتن آغاز می‌شود و تا مرحلهٔ گرده‌افشانی ادامه می‌یابد) نشان داد در این ارقام دورهٔ سقط گلچه طولانی است و این موضوع، علت احتمالی افت تولید تعداد دانه در سنبله در این ارقام است (شکل ۲). از سوی دیگر مشاهده شد در ارقام سایسون (گروه ۲) و شهریار (گروه ۳) علاوه بر کوتاهی دورهٔ ساقه‌روی نسبت به سایر ارقام گروه، دورهٔ سقط گلچه بسیار کوتاه است و این ارقام به‌ترتیب حائز

رتبه‌های ۱۱ و ۲ در تولید تعداد دانه در سنبله شدند. این مشاهدات نشان می‌دهد علاوه بر طول دورهٔ ساقه‌روی، طول دورهٔ سقط گلچه نیز در تعیین تعداد دانه در سنبله تأثیر مستقیم دارد. در این آزمایش تنوع گسترده‌ای در طول دورهٔ سقط گلچه ارقام مختلف مشاهده شد (دامنهٔ ۲۴۴-۱۰۴ روز درجهٔ رشدی) و متوسط طول این دوره در ارقام تحت بررسی ۱۴۹ روز درجهٔ رشدی بود.



شکل ۲. روز درجهٔ مراحل ساقه‌روی تا گرده‌افشانی (رنگ سیاه) و بوتینگ تا گرده‌افشانی (رنگ طوسی) در ارقام مختلف که بر اساس تاریخ گلدهی مشابه گروه‌بندی شده‌اند.

البته برخی ارقام رفتار متفاوتی نشان دادند، برای مثال در رقم دی ان-۱۱ در حالی‌که طول دورهٔ سقط گلچه طولانی است، این رقم حائز رتبهٔ ۹ در تولید تعداد دانه در سنبله است و در مقابل، رقم فرونتانا که طول دورهٔ سقط گلچه کوتاهی دارد، در رتبهٔ ۳۱ تولید تعداد دانه در سنبله قرار گرفت. Arisnabarreta & Miralles (2006) با بررسی ارقام جو دوردیفه و شش‌ردیفه بیان کردند اگرچه ارقام جو شش‌ردیفه نسبت به ارقام جو دوردیفه، پریموردیای گلچهٔ بیشتری تولید می‌کنند، زودرسی ارقام جو شش‌ردیفه سبب می‌شود تعداد بسیار زیادی از گلچه‌ها سقط شود. با وجود این، در ارقام جو شش‌ردیفه تعداد دانه در سنبله بیشتر از ارقام جو دوردیفه است. بر این اساس نامبردگان نتیجه گرفتند سقط گلچه‌ها نمی‌تواند تنها عامل تعیین‌کنندهٔ تعداد دانه در سنبله باشد. با این حال، رفتار اغلب ارقام در آزمایش حاضر نشان‌دهندهٔ تأثیر مستقیم طول دورهٔ سقط گلچه علاوه بر طول دورهٔ ساقه‌روی در تعیین تعداد دانه در سنبله بود.

علاوه بر این در این آزمایش مشاهده شد برخی ارقام با دورهٔ ساقه‌روی طولانی مانند کاسکوژن، آزادی، بولانی، سایسون، اکبری و آذر۲ دارای شاخص برداشت بالایی بودند. پیش از این، Richards *et al.*, (2001) بیان کردند اصلاح ارقام گندم برای تولید پنجه‌های محدود و بارور (این امر سبب می‌شود طول ساقه و سنبله افزایش یابد) و افزایش ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی در ساقه‌ها از طریق افزایش طول دورهٔ ساقه‌روی سبب افزایش شاخص برداشت می‌شود. البته افزایش طول ساقه و ذخیره‌سازی مواد فتوسنتزی بیشتر در ساقه، باید لزوماً همراه با توانایی زیاد ژنوتیپ در انتقال مواد ذخیره‌ای ساقه به سنبله باشد؛ در غیر این صورت، شاخص برداشت افزایش نخواهد یافت.

گذر از مرحلهٔ رویشی به زایشی یکی دیگر از مراحل نموی بسیار مهم و حساس در چرخهٔ زندگی گیاه گندم است. تناسب این مرحلهٔ رشدی با شرایط محیط رشد سبب بهبود گلدهی، تلقیح و تولید بذر در گیاه می‌شود. Cockram et al., (2007) گزارش کردند در نواحی معتدل با فصل رشد طولانی، غلات با تأخیر وارد مرحلهٔ گلدهی می‌شوند و در نتیجه کربن بیشتری را در طول دورهٔ رویشی ذخیره می‌کنند، اما در نواحی با فصل رشد کوتاه، ورود زودهنگام به مرحلهٔ زایشی یکی از عوامل

اصلی سازگاری گیاه با شرایط محیطی است. در گزارش دیگری Loss & Siddique (1994) بیان کردند زودگلدهی بر عملکرد دانه در ارقام گندم دوروم و نان تأثیر مثبتی دارد. Motzo & Giunta (2007) نیز گزارش کردند در نواحی مدیترانه‌ای با تنش‌های انتهای فصل، ورود زودهنگام گندم به مرحلهٔ گلدهی موجب بهبود گرده‌افشانی و لقاح و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود. در آزمایش حاضر ارقام مختلف گندم از نظر تاریخ گلدهی با یکدیگر متفاوت بودند (جدول ۷).

جدول ۷. روز درجه از کاشت تا گلدهی در ارقام گندم تحت استفاده در آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹

آذر ۲	۱۳۷۷	دریا	۱۳۵۵	شهریار	۱۳۸۸	مغان ۱	۱۳۸۸
آزادی	۱۴۰۰	زاگرس	۱۲۲۷	فرونتانا	۱۳۳۹	مغان ۳	۱۳۲۳
اکبری	۱۳۸۸	سایسون	۱۴۲۶	فونگ	۱۲۹۸	نوید	۱۵۶۶
الموت	۱۴۰۰	سرداری	۱۳۸۸	قدس	۱۳۸۸	نیک نژاد	۱۳۸۸
بک کراس روشن بهاره	۱۳۵۵	سیستان	۱۳۸۲	کاسکوژن	۱۴۰۰	وری ناک	۱۲۹۱
بک کراس روشن‌زمستانه	۱۴۳۷	سیمینه	۱۳۵۰	کراس فلات هامون	۱۳۳۹	DN -11	۱۳۳۹
بم	۱۳۷۷	شاهپسند	۱۶۲۰	کرج ۳	۱۵۷۲	سپاهان	۱۳۸۲
بولانی	۱۳۷۷	شاهی	۱۴۱۳	مارون	۱۳۲۳	مونتانا	۱۳۸۸
چناب	۱۳۵۰	شعله	۱۳۸۸	مرودشت	۱۳۸۸	استورک	۱۳۵۵

در این آزمایش ارتباط منفی و معناداری بین طول دورهٔ کاشت تا گلدهی با عملکرد دانه مشاهده شد ($n=۳۶$ ،$P<۰/۰۵$ ،$r=-۰/۳۷$). یعنی تأخیر گلدهی به‌طور معناداری سبب افت عملکرد دانه شد. برای مثال ارقام شاهپسند، کرج۳ و نوید با گلدهی دیرهنگام نسبت به سایر ارقام به‌ترتیب در رتبه‌های ۳۶، ۳۴ و ۱۹ تولید عملکرد دانه قرار گرفتند و در مقابل ارقام فونگ، زاگرس و وری ناک که به‌ترتیب حائز رتبه‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ در تولید عملکرد دانه بودند، زودتر از سایر ارقام وارد مرحلهٔ گلدهی شدند. افزایش خوابیدگی و تنفس زیاد در مراحل انتهایی رشد که دمای هوا زیاد است، ممکن است از دلایل احتمالی تولید عملکرد کم در ارقام دارای گلدهی دیرهنگام باشد (Fischer, 2011).

علاوه بر این، با دسته‌بندی ارقام بر اساس شرایط آب‌وهوایی متداول برای کشت، در سه زیرگروه : ۱. ارقام مناطق سرد؛ ۲. ارقام مناطق معتدل؛ ۳. ارقام مناطق گرم و نیمه‌گرم، مشاهده شد ارقام مناطق گرم و نیمه‌گرم حائز بیشترین میانگین تولید عملکرد در این آزمایش شدند (میانگین گروه ۱: ۵۲۶، میانگین گروه ۲: ۵۴۳ و میانگین گروه ۳: ۵۸۲ گرم در متر مربع). یکی از دلایل تفاوت تولید عملکرد دانه در گروه‌های مختلف و نمود بهتر ارقام مناطق گرم و نیمه‌گرم می‌تواند سازگاری فنولوژیکی این ارقام با شرایط آب‌وهوایی منطقه در سال اجرای آزمایش باشد. بررسی فنولوژی ارقام مناطق گرم و نیمه‌گرم نیز نشان داد اغلب ارقام این گروه، از ارقام دارای گلدهی زودهنگام هستند. پیش از این نیز Motzo & Giunta (2007) گزارش کردند که در نواحی مدیترانه‌ای با تنش‌های انتهای فصل، ورود زودهنگام گندم به مرحلهٔ گلدهی سبب بهبود گرده‌افشانی و لقاح و در نتیجه، افزایش عملکرد می‌شود.

همچنین در آزمایش حاضر مشاهده شد ارقامی با گلدهی زودهنگام دارای شاخص برداشت بالایی بودند. برای مثال ارقام زاگرس، وری ناک، فونگ، مغان۳ و کراس فلات هامون (به‌ترتیب دارای ۱۲۲۷، ۱۲۹۱، ۱۲۹۸، ۱۳۲۳ ۱۳۳۹ روز درجه از کاشت تا گلدهی) صاحب برترین رتبه‌های شاخص برداشت بودند. در تحقیق دیگری، Miralles *et al.*, (2000) گزارش کردند که استفاده از ژن‌های مؤثر در کاهش ارتفاع ساقه (Rht) و گلدهی زودهنگام، دو راه ساده و مؤثر برای افزایش شاخص برداشت گندم است. در واقع با استفاده از این دو ژن که از توارث‌پذیری زیادی برخوردارند، رشد اندام‌های رویشی و رقابت ساقه و سنبله برای دریافت مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد و این عوامل سبب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های اقتصادی و افزایش شاخص برداشت می‌شود.

در این آزمایش بررسی طول مدت مراحل پیش از گلدهی در ارقام دارای گلدهی زودهنگام نشان داد که کوتاه‌تر شدن طول دورهٔ کاشت تا گلدهی با کاهش

یکنواخت در کلیهٔ مراحل پیش از گلدهی حاصل نمی‌شود. برای مثال در رقم فونگ، دورهٔ بوتینگ تا سنبله‌دهی بسیار طولانی است، اما دورهٔ سبز شدن تا ساقه‌روی و سنبله‌دهی تا گرده‌افشانی بسیار کوتاه است.

غلات پاییزه مانند گندم برای گذر از دورهٔ رویشی به زایشی به یک دورهٔ سرما یا بهاره‌سازی نیاز دارند. طی فصل سرد، رشد گیاه به‌شدت کند می‌شود و به‌این‌ترتیب گیاه از خطر سرما در طول فصل یخبندان مصون می‌ماند. در این آزمایش مشاهده شد که اگر گیاه بتواند در پایان فصل سرد، تولید بیوماس مطلوبی داشته باشد، با سرعت بیشتری مراحل رشد و نمو پس از فصل سرما را سپری می‌کند و وارد دورهٔ زایشی می‌شود. ارقام گندم تحت بررسی در این آزمایش از نظر مقدار تولید زیست‌توده در پایان فصل سرد تفاوت معناداری را نشان دادند (F=۲/۴۳، P<۰/۰۵). ارقام مارون، مغان۳ و کراس فلات هامون به‌ترتیب با ۳/۹۲، ۳/۳۱ و ۳/۲۱ گرم در بوته بیشترین؛ و ارقام آزادی، چناب و اکبری به‌ترتیب با ۰/۴۶، ۰/۸۷ و ۰/۸۹ گرم در بوته کمترین مقدار تولید زیست‌توده در پایان فصل سرد را داشتند و میانگین این صفت در ارقام مختلف ۰/۱۳۹ گرم در بوته بود. در آزمایش حاضر، بررسی ارتباط بین مقدار تولید زیست‌توده در پایان فصل سرما و مراحل رشد و نمو پس از فصل سرما نشان داد که رابطهٔ منفی و معناداری بین مقدار تولید زیست‌توده و طول دورهٔ کاشت تا ساقه‌روی وجود دارد (r=-۰/۵۳، P<۰/۰۱، n=۳۶). بدین معنا که ارقام با مقدار بیشینهٔ تولید زیست‌توده، سریع‌تر وارد مرحلهٔ ساقه‌روی می‌شوند، برای مثال ارقام مارون، مغان۳، کراس فلات هامون و سپاهان که دارای بیشترین میزان تولید زیست‌توده بودند با حداقل تعداد روز از کاشت تا ساقه‌روی وارد این مرحلهٔ رشدی شدند (به‌ترتیب ۱۳۷، ۱۳۹، ۱۳۹ و ۱۳۹ روز)، در حالی‌که ارقام اکبری، بولانی و آزادی با حداقل تولید زیست‌توده، دارای فاصلهٔ کاشت تا ساقه‌روی طولانی‌تری بودند (به‌ترتیب ۱۴۷، ۱۴۷ و ۱۴۶ روز). چنین رابطه‌ای بین مقدار تولید زیست‌توده در پایان فصل سرد و طول دورهٔ کاشت تا بوتینگ نیز صادق بود (r=-۰/۳۳، P<۰/۰۵، n=۳۶). رابطهٔ بین مقدار تولید زیست‌توده با طول دورهٔ کاشت تا سنبله‌دهی (r= -۰/۰۳ ، P>۰/۰۵، n=۳۶)، کاشت تا گلدهی (r= -۰/۰۱، P>۰/۰۵) و کاشت تا رسیدگی (r =-۰/۰۷، P>۰/۰۵، n=۳۶) با وجود معنادار نبودن، منفی بود و این رابطهٔ منفی بیانگر وجود رابطه‌ای معکوس بین تولید زیست‌توده با طول دورهٔ کاشت تا سنبله‌دهی، گلدهی و رسیدگی است. علاوه‌بر این، در این آزمایش ارتباط مثبت و بسیار معناداری بین تولید زیست‌توده در پایان فصل سرد با تعداد پنجهٔ بارور در گیاه مشاهده شد (r=۰/۴۲، P<۰/۰۱، n=۳۶). بنابراین عمدتاً ارقامی با مقادیر بیشتر زیست‌توده در پایان فصل سرد، دارای تعداد پنجهٔ بارور بیشتری هستند. برای مثال ارقام مارون، مغان۳، شعله، سپاهان، استورک، نوید و مرودشت که جزء ارقام برتر در تولید زیست‌توده بودند، بیشترین تعداد پنجهٔ بارور را داشتند و در مقابل ارقام آزادی، بولانی، چناب، اکبری، وری ناک و بم که در انتهای جدول رتبه‌بندی ارقام بر اساس تولید زیست‌توده در پایان فصل سرد بودند، کمترین تعداد پنجهٔ بارور را داشتند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه بیانگر همبستگی بسیار معنادار بین طول مدت برخی از مراحل رشدی با عملکرد و اجزای عملکرد بود. در این بین، طول مدت دوره‌های رشدی کاشت تا گلدهی، ساقه‌روی تا گلدهی و غلاف رفتن تا گلدهی نقشی حساس در تعیین عملکرد داشتند. طویل شدن دورهٔ کاشت تا گلدهی و به‌عبارت دیگر، تأخیر گلدهی سبب افت چشمگیر عملکرد دانه شد، اما در مقابل طویل شدن دورهٔ ساقه‌روی تا گلدهی همراه با کوتاه‌تر شدن دورهٔ غلاف رفتن تا گلدهی، سبب افزایش عملکرد دانه شد. نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها در این مطالعه نشان داد تنوع فنولوژیکی گسترده‌ای در ارقام تحت بررسی وجود دارد و از آنجا که وجود تنوع، پایه و اساس گزینش ارقام برتر و مطلوب است، ارقام گندم تحت مطالعه می‌توانند تنوع مورد نظر را برای انتخاب برترین‌ها تأمین کنند.

سپاسگزاری

با توجه به اینکه این تحقیق در قالب طرح پژوهشی شمارهٔ ۷۱۰۱۰۱۹/۶/۱۶ با استفاده از اعتبارات پژوهشی

دانشگاه تهران انجام گرفته است، از حمایت‌های این دانشگاه سپاسگزاریم.

REFERENCES

1. Acevedo, E. Paola S. & Herman, S. (2006). Growth and wheat physiology, development. Laboratory of Soil-Plant-Water Relations. Faculty of Agronomy and Forestry Sciences. University of Chile. Casilla 1004. Santiago, Chile.47pp.
2. Ahmadi A., Jodi M., Tavakoli A. & Ranjbar M. (2009). Investigation of Yield and Its Related Morphological Traits Responses in Wheat Genotypes under Drought Stress and Irrigation Conditions. *JWSS - Isfahan University of Technology*, 12(46), 155-165. (In Farsi)
3. Aisawi, K., Foukes, J., Reynolds, M. & Mayes, S. (2010). The physiological basis of genetic progress in yield potential of CIMMYT wheat varieties from 1966 to 2009. In 'Abstracts 8th International Wheat Conference'. 1–4 June 2010, St Petersburg, Russia, 349–350 pp.
4. Araus, J. L., Slafer G. A., Reynolds M. P. & Royo, C. (2002). Plant breeding and water relations in C3 cereals :what to breed for? *Ann. Bot*, 89, 925-940.
5. Arisnabarreta, S. & Miralles D.J. (2006). Floret development and grain setting in near isogenic two- and six-rowed barley lines Austin, R.B. 1989. Genetic variation in photosynthesis. *J.Agric.Sci*, 132, 287-294.
6. Austin, R. B. Bingham, J. Blackwall, R. D. Evans, L. T. Ford, M. A. Morgan, C. L. & Taylor, M. (1980). Genetic improvement in winter wheat yield sine 1900 and associated physiological changes. *Journal of Agricultural Science*, 94, 675-689.
7. Bancal P. (2008). Positive contribution of stem growth to grain number per spike in wheat. *Field Crops Research*, 105, 27–39.
8. Berry, P. M., Sylvester-Bradley, R. & Berry, S. (2007). Ideo type design for lodging resistant wheat. *Euphytica*, 154, 165–179.
9. Cockram, J., Jones, H., Leigh, F. L., Osullivan, D., Powell, W., Laurie D. A. & Greenland, A. J. (2007). Control of flowering time in temperate cereal: genes, domestication and sustainable productivity. *Journal of Experimental Botany*, 58, 1231-1244.
10. Donmez, E., Sears, R.G., Shroyer, J. P. & Paulsen, G. M. (2001). Genetic gain in yield attributes ofwinter wheat in the Great Plains. *Crop Science*, 41, 1412–1419.
11. Fischer R. A. (1985). Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge 105, 447–461.
12. Fischer, R. A (2007). Understanding the physiological basis of yield potential in wheat. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge 145, 99–113.
13. Fischer, R. A. (2008). The importance of grain or kernel in wheat: a reply to sinclair and jamieson. *Field Crops Research*, 105, 15-21.
14. Fischer, R. A.(2011). Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop & Pasture Scienc*, 62, 95–114.
15. Giunta, F., Motzo, R. & Virdis, A. (2001). Development of durum wheat and triticale cultivars as affected by thermo-photoperiodic condition. *Agric*, 52, 387-396.
16. Gonzalez, F. G., Slafer, G. A. &Miralles, D. J. (2002). Vernalization and photoperiod responses in wheatpre-flowering reproductive phases. *Field Crops Res*, 74, 183-195.
17. Gonzalez, F. G. , Slafer G. A. & Miralles, D. J. (2003). Grain and floret number in response to photoperiod during stem elongation in fully and slightly vernalized wheats. *Field Crops Research*, 81, 17-27.
18. González F. G., Slafer, G. A. & Miralles, D. J. (2005). Pre-anthesis development and number of fertile florets in wheat as affected by photoperiod sensitivity genes Ppd-D1 and Ppd-B1. *Euphytica*, 146, 253-269.
19. Halloran, G. M. & Pennell, A. L. (1982). Duration andrate of development phases in wheat in two environments. *Ann Bot*, 49, 115-121.
20. Iqbal M., Navabi, A., Yang, R-C, Salmon, D. F. & Spaner, D. (2007). The effect of vernalization genes on earliness and related agronomic traits of spring wheat in northern growing regions. *Crop Science*, 47, 1031–1039.
21. Kirby, E. J. M. (1988). Analysis of leaf stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. *Field Crop Res*, 18, 127-140.
22. Loss, S. P. & Siddique, K. H. M. (1994). Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Advances in Agronomy*, 52, 229-276.

23. Miralles, D. J. & Richards, R. H. (2000). Responses of leaf and tiller emergence and primordium initiation in wheat and barley to interchanged photoperiod. *Ann.Bot*, 85, 655-663.
24. Miralles D. J. & Slafer G. A. (2007). Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *The Journal of Agricultural Science*, 145, 139–149.
25. Motzo, R. & Giunta, F. (2007). The effect of breeding on the phenology of Italian durum wheats: From landraces to modern cultivars.*Agronomy*, 26, 462–470.
26. Richards, R. A. (1991) Crop improvement for temperate Australia: future opportunities. *Field Crops Res*, 26, 141–169.
27. Richards, R. A., Condon, A. G., Rebetzke, G. J., Reynolds, M. P., Ortiz-Monasterio, J. I. & McNab, A. (2001). Application of Physiology in Wheat Breeding. 240 pages.
28. Reynolds, M., Foulkes, J. M., Slafer, G. A., Berry, P., Snape, J. W. & Angus, W. J. (2009). Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60, 1899-1918.
29. Royo, C., Alvaro, F., Martos, V., Ramdani, A., Isidro, J., Villegas D. & Garcia del Moral, L. F. (2007). Genetic changes in durum wheat yield components and associated traits in Italian and Spanish varieties during the 20th century. *Euphytica*, 155, 259-270.
30. Shearman, V. J., Sylvester-Bradley, R., Scott, R. K. & Foulkes, M. J. (2005). Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Science*, 45, 175-185.
31. Slafer, G. A., Satorre, E. H. & Andrade, F. H. (1994). Increases in grain yield in bread wheat from breeding and associated physiological changes. In: Genetic improvement of field crops. G.A. Slafer.(Ed.). P: 1-68. Marcel Dekker. New York.
32. Slafer, G. A., Calderini, D. F. & Miralles, D. J. (1996). In M.P. Reynolds, S. Rajaram, A. McNab (Eds)., Increasing Yield Potential inWheat: *Breaking the Barriers*, pp.101-133.
33. Slafer G. A. & Whitechurch E. M. (2001). In M. P. Reynolds, J. I. Ortiz-Monasterio, A. McNab (Eds)., Manipulating wheat development to improve adaptation *:Application of physiology in wheat breeding*, pp.160–170.(CIMMYT: Mexico, DF).
34. Siddique, K. H. M., Kirby, E. J. M. & Perry, M. W. (1989). Ear:stem ratio in old and modern wheat varieties : Relationship with improvement in number of grains per ear and yield. *Field Crops Res*, 21, 59-78.
35. Whitechurch, E. M. & Slafer, G. A. (2001). Responses to photoperiod before and after jointing in wheat substitution lines. *Euphytica*, 118, 47-51.
36. Whitechurch, E. M., Slafer, G. A. & Miralles, D. J. (2007). Variability in the Duration of Stem Elongation in Wheat Genotypes and Sensitivity to Photoperiod and Vernalization. *Agronomy & Crop Science*, 193,131-137.
37. Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res*, 14, 415-421.