



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۱

صفحه‌های ۲۹۷-۳۰۹

DOI: 10.22059/jci.2021.320075.2525

مقاله پژوهشی:

بررسی روند تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی و زایشی ارقام مختلف گندم

مهدی جودی^{۱*}، شهرام مه‌ری^۲

۱. دانشیار، گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشگین‌شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲. استادیار، گروه کشاورزی، واحد پارس‌آباد مغان، دانشگاه آزاد اسلامی، پارس‌آباد مغان، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۴

چکیده

هدف از پژوهش حاضر مطالعه تسهیم ماده خشک به اندام‌های هوایی در زمان گرده‌افشانی، دو هفته بعد از گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک در ارقام مختلف گندم و ارتباط احتمالی آن با عملکرد دانه بود. تعداد ۱۸ رقم گندم آبی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ مورد بررسی قرار گرفتند. در زمان گرده‌افشانی، مقدار تجمع ماده خشک در کل گیاه از ۱/۹۵ گرم در رقم سومای ۳ تا ۲/۳۳ گرم در رقم الوند متغیر بود. در این زمان ارقام مختلف نسبت‌های مختلفی از ماده خشک را به ساقه (از ۳۱ تا ۴۱ درصد)، برگ (از ۳۷ تا ۵۰ درصد) و سنبله (از ۱۶ تا ۲۷ درصد) اختصاص دادند. در فاصله گرده‌افشانی تا دو هفته بعد از آن، وزن خشک ساقه و سنبله در همه ارقام افزایش اما وزن برگ عموماً ثابت ماند. بیش‌ترین افزایش در وزن ساقه و سنبله مربوط به شیرودی (۱/۵۲ گرم) و کم‌ترین آن مربوط به سرداری (۰/۵۲ گرم) بود. در فاصله دو هفته بعد از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک، سنبله مخزن غالب بود، اما اما تفاوت ارقام از نظر صدور مواد فتوسنتزی به سنبله و استفاده از ذخایر ساقه (انتقال دوباره) باعث تغییر دوباره الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی در بین ارقام گندم شد. ارتباط مشخصی بین ارتفاع ارقام و وزن سنبله در زمان گرده‌افشانی مشاهده نشد، اما اما ارقام با ارتفاع کوتاه عموماً در رسیدگی فیزیولوژیک دارای وزن و درصد سنبله بالا بودند. این نتایج نشان می‌دهد الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی بسته به مرحله نموی گیاه و رقم مورد استفاده تغییر می‌یابد. بنابراین الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی یک رقم در طی یک مرحله نموی ضرورتاً نمی‌تواند در مرحله نموی دیگر نیز دیده شود. در پایان فصل رشد، ارقام کراس البرز و پیشتاز، از نظر تسهیم ماده خشک و عملکرد دانه برتر بودند. تجزیه همبستگی نشان داد وزن برگ‌ها در زمان گرده‌افشانی، وزن ساقه در دو هفته بعد از گرده‌افشانی و مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به دانه‌ها، ارتباط مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند. بنابراین، صفات ذکر شده می‌توانند در برنامه‌های مرتبط با افزایش عملکرد گندم، مورد توجه پژوهش‌گران قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: انتقال مجدد، تسهیم، عملکرد دانه، گندم، مراحل نموی.

Dry Matter Partitioning to Vegetative and Reproductive Organs in Wheat Cultivars

Mehdi Joudi^{1*}, Shahram Mehri²

1. Associate Professor, Department of Plant Science and Medicinal Herbs, Meshgin Shahr Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabil, Ardabil, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Agriculture, ParsAbad Moghan Branch, Islamic Azad University, ParsAbad Moghan, Iran.

Received: March 4, 2021

Accepted: August 31, 2021

Abstract

The aim of this research is to study the pattern of dry matter partitioning to different above-ground plant parts during anthesis, two weeks after anthesis, and physiologic maturity among wheat cultivars and to investigate its possible relationship with grain yield. Eighteen well-watered wheat cultivars have been grown at research farm of Moghan College of Agriculture and Natural Resources based on randomized complete block design with three replications during 2014-2015 growing season. At anthesis, total dry matter accumulated in the plant, range from 1.95 (Sumay3) to 3.33 g (Alvand). At this time, depending on the cultivar, dry matter partitioned to the stem which differ from 31% to 41%, vary from 37% to 50% in the leaves, and from 16% to 27% in the spike. From anthesis to two weeks post-anthesis, dry weight of stem and spike increase, while those of leaves, generally, remain constant. The highest (1.52 g) and the lowest (0.52 g) increases in the weight of stem and spike have been observed in the case of Shirodi and Sardari, respectively. During two post-anthesis weeks to physiologic maturity, the spike has been dominant; however, the cultivar differences in the amount of allocated photoassimilates to the spike as well as stem reserves remobilization change the pattern of dry matter partitioning among wheat population again. At anthesis, there has been no clear association between cultivar height and spike weight. At physiologic maturity, however, dwarf cultivar generally has had higher weight and proportion of the spike. These results show that the pattern of dry matter partitioning is varied depending on the plant developmental stages and cultivars. Therefore, partitioning pattern of a cultivar observed at one growth stage is not necessarily similar in other growth stages. At physiologic maturity, Crossed Alborz and Pishtaz are superior with respect to dry matter partitioning and yield performance. Analysis of correlation reveals that leaves dry weight at anthesis, stem dry weight at two weeks after anthesis, and partitioned photoassimilates to the grain are correlated positively with square grain yield. Therefore, these traits deserve further attentions in wheat programs dealing with increased grain yield.

Keywords: Developmental stages, grain yield, partitioning, remobilization.

۱. مقدمه

تولید ماده خشک در گیاهان از مهم‌ترین فاکتورهای فیزیولوژیک و زراعی بوده و نشان‌دهنده میزان تولیدات فتوسنتزی و ذخیره‌سازی آن در اندام‌های مختلف گیاه می‌باشد. بالا بودن ماده خشک تولیدشده در گیاهان، نشان‌دهنده کارایی بالای گیاه در استفاده از منابع مختلف محیطی می‌باشد (Reynolds *et al.*, 2017). پژوهش‌گران بر این باورند که تولید ماده خشک در گیاهان برای تولید عملکرد اقتصادی کافی نبوده، بلکه تسهیم کارآمد ماده خشک تولیدشده به اندام‌های مختلف دارای اهمیت فراوان می‌باشد (Fischer, 2011; Joudi, 2017).

گیاهان دارای توانایی قابل توجهی برای هماهنگی رشد بین اندام‌های خود هستند، به طوری که تعادل بین میزان تجمع ماده خشک (زیست‌توده) در بین اندام‌های هوایی و زیرزمینی وجود دارد. در این راستا، مطالعه تسهیم ماده خشک تنها به اندام‌های هوایی و زیرزمینی کافی نبوده بلکه آگاهی از نحوه تسهیم کل ماده خشک به برگ‌ها، ساقه‌ها، ریشه‌ها و اندام‌های زایشی شاخص بهتری از کارکردهای متفاوت اندام‌های گیاهی را ارائه می‌کند (Poorter & Nagel, 2000). گیاهان قادر هستند تا الگوی تسهیم ماده خشک به اندام‌های مختلف را در پاسخ به شرایط محیطی تا اندازه‌ای تغییر دهند. به عبارت دیگر، تسهیم ماده خشک به اندام‌های مختلف بسته به گونه، رقم و شرایط محیطی متفاوت خواهد بود (Tyagi *et al.*, 2002).

تعداد پژوهش‌هایی که در آن‌ها تسهیم مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف گندم مطالعه شده، اندک بوده و هم‌چنین نتایج آن‌ها نیز متفاوت از یکدیگر است. در پژوهش دو ساله Tyagi *et al.* (2002) روی پنج رقم گندم در شرایط کشت به موقع و کشت تأخیری در هندوستان مشخص شد که ارقام از نظر تجمع مواد فتوسنتزی و تسهیم آن به اندام‌های مختلف، متفاوت از یکدیگر بودند.

مقدار این تفاوت در بین ارقام، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بیش‌تر از مرحله گرده‌افشانی بود که نشان می‌دهد الگوی تجمع مواد فتوسنتزی و تسهیم آن در یک مرحله از نمو گیاه نمی‌تواند بیان‌کننده همان الگو در مرحله نموی دیگر باشد. در شرایط کشت تأخیری، مقدار تفاوت ارقام از نظر صفات مطالعه‌شده کم‌تر از کشت به‌موقع بود. آن‌ها گزارش کردند که زیست‌توده بالا در مرحله بعد از گرده‌افشانی، به دلیل تسهیم بیش‌تر مواد فتوسنتزی به سنبله و ریشه منجر به تولید عملکرد بالا در گندم خواهد شد. در پژوهشی بر روی ۸۱ رقم گندم تحت شرایط مطلوب و تنش، گزارش شد که تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی تأثیر معنی‌داری بر تسهیم ماده خشک به اندام‌های مختلف نداشت. هم‌چنین، مشخص شد که در شرایط آبی ارتباط مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی وجود داشت، اما اما بین وزن برگ، وزن ساقه و زیست‌توده کل در مرحله گرده‌افشانی، با عملکرد دانه ارتباط معنی‌داری وجود نداشت (Bayat *et al.*, 2011). نتایج مطالعه‌ای دیگر بر روی شش رقم گندم نشان داد، اگرچه ارقام از نظر وزن خشک اندام‌ها و درصد اختصاص مواد خشک به آن‌ها، تفاوت‌های معنی‌داری در هر سه مرحله نمونه‌برداری (گرده‌افشانی، ۲۰ روز اول پس از گردافشانی و از ۲۰ روز اول پس از گرده‌افشانی تا رسیدن دانه) نشان دادند، اما رابطه مشخصی بین میزان تسهیم مواد فتوسنتزی به اندام‌های خاص و عملکرد دانه در شرایط شاهد یا تنش خشکی و یا مقاومت به خشکی مشاهده نشد (Ahmadi *et al.*, 2005).

عدم رابطه مشخص بین تسهیم مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه، در مقایسه ارقام قدیمی و جدید در کنار یکدیگر^۱ هم مشاهده می‌شود. تعدادی از پژوهش‌گران،

1. Retrospective studies

طول شرقی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا اجرا شد. این منطقه از نظر تقسیم‌بندی آب‌وهوایی براساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه، جزو مناطق نیمه‌خشک با زمستان نیمه‌سرد و تابستان گرم محسوب می‌شود.

پژوهش موردنظر در شرایط فاریاب و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تعداد ۱۸ رقم گندم به شرح جدول (۱) مورد استفاده قرار گرفتند (Joudi et al., 2014). آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح، پخش کود (۲۰۰ کیلوگرم فسفات دی‌آمونیم و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و ایجاد جوی و پشته (با استفاده از فاروئر) در اوایل آبان‌ماه انجام شد. عرض پشته‌ها برای کشت نهایی ۲۵ سانتی‌متر بود. هر کرت شامل چهار ردیف با فواصل ۲۰ سانتی‌متری و به طول یک متر بود. بعد از آماده‌سازی زمین، بذور ارقام موردبررسی روی پشته‌ها به‌صورت دستی در اواخر آبان‌ماه (۲۹ آبان‌ماه) کشت و بلافاصله آبیاری شد و آبیاری‌های بعدی مطابق عرف منطقه انجام شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

در زمان گرده‌افشانی، دو هفته بعد از گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد سه ساقه اصلی به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و کف‌بر شدند. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و در داخل آون ۷۰ درجه به‌مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. سپس سنبله، ساقه و برگ‌ها (شامل پهنک و غلاف) توسط دست تفکیک شده و وزن خشک آن‌ها توسط ترازوی حساس با دقت هزارم گرم (AND GF-600) اندازه‌گیری شد. توزین وزن خشک ساقه، برگ و ساقه در کلیه نمونه‌ها (سه ساقه اصلی) انجام و سپس میانگین آن‌ها ثبت شد. هم‌چنین مجموع وزن سنبله، ساقه و برگ‌ها به‌عنوان وزن کل گیاه (بدون احتساب ریشه) در نظر گرفته شد. میزان تسهیم ماده خشک به اندام‌های مختلف براساس نسبت وزن اندام موردنظر (ساقه، برگ و سنبله) به

فرض کردند که در طی روند اصلاحی گندم و تولید ارقام جدید گندم با عملکرد بالا، تغییراتی در الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی به‌وجود آمده است. انتظار بر این بود که در گندم‌های پرمحصول جدید، مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به برگ‌ها، بیش‌تر (به‌دلیل تولید مواد فتوسنتزی بیش‌تر برای پر کردن دانه‌های زیاد در ارقام جدید) اما به ریشه‌ها، کم‌تر (به‌علت تأمین بستر مناسب و کود و کاهش رقابت با علف‌های هرز) باشد. اما زمانی‌که گونه‌های وحشی، ارقام قدیمی و جدید گندم در کنار یکدیگر مقایسه شدند، مشخص شد این گونه‌ها و ارقام هیچ تفاوت معنی‌داری از نظر درصد تخصیص ماده خشک به اندام‌های مختلف (برگ‌ها، ساقه، سنبله و ریشه) در مرحله گرده‌افشانی نداشتند (Wacker et al., 2002).

بنابراین مشاهده می‌شود ارقام مختلف گندم از نظر تسهیم مواد فتوسنتزی متفاوت عمل می‌کنند. حتی در مورد یک رقم خاص نیز الگوی تجمع و تسهیم مواد فتوسنتزی متأثر از مراحل نموی و شرایط مختلف محیطی است. هم‌چنین اشاره شد، رابطه مشخص و پایداری بین تسهیم مواد فتوسنتزی و عملکرد دانه گندم در پژوهش‌ها مشاهده نشده است. با توجه به موارد مذکور، هدف از پژوهش حاضر مطالعه الگوی توزیع مواد فتوسنتزی از طریق روش وزنی در ۱۸ رقم مختلف گندم در مراحل گرده‌افشانی، دو هفته بعد از گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک و نیز بررسی رابطه احتمالی بین توزیع مواد فتوسنتزی در این مراحل نموی با عملکرد نهایی دانه بود.

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌صورت آزمایش مزرعه‌ای در طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان-دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۳۶' ۳۹° عرض شمالی، ۵۷' ۴۷°

Word برای تجزیه همبستگی و رسم جدول‌ها استفاده شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. تولید ماده خشک و تسهیم آن در زمان گرده‌افشانی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که ارقام کشت‌شده از نظر وزن ساقه در زمان گرده‌افشانی، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۲). جدول مقایسه میانگین نشان داد که رقم الوند با ۱/۳۲ گرم بیش‌ترین و رقم شیراز با ۰/۶۸ گرم کم‌ترین وزن خشک ساقه را در زمان گرده‌افشانی داشتند (جدول ۳). تفاوت‌های مورفولوژیکی، فنولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام گندم ممکن است باعث تفاوت در وزن ساقه آن‌ها در زمان گرده‌افشانی شود (Joudi & Van den Ende, 2018).

وزن کل گیاه (مجموع وزن ساقه، برگ و سنبله) محاسبه و به‌صورت درصد بیان شد. هم‌چنین مقدار تسهیم ماده خشک به دانه‌ها (عملکرد دانه ساقه اصلی)، از تفاضل وزن خشک سنبله در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و مرحله گرده‌افشانی محاسبه شد (Ehdaie et al., 2008).

حدود یک هفته بعد از رسیدگی فیزیولوژیک و زمانی که گیاهان به‌طور کامل خشک شده بودند، گیاهان موجود در هر کرت (یک مترمربع) به‌صورت دستی و با استفاده از داس کفبر شدند. این نمونه‌ها با استفاده از خرمن‌کوب مخصوص کوبیده شده و دانه‌ها جدا و وزن شدند (عملکرد در واحد سطح). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. از نرم‌افزارهای SPSS و

جدول ۱. مشخصات ارقام گندم کشت‌شده در پژوهش حاضر

ارقام	منشأ	سال معرفی	ارتفاع	رسیدگی نسبی
آرتا	ایران	۱۳۸۵	پاکوتاه	نسبتاً زودرس
آزادی	ایران	۱۳۵۸	نیمه‌پاکوتاه	نسبتاً دیررس
الوند	ایران	۱۳۷۴	نیمه‌پاکوتاه	نسبتاً زودرس
الموت	ایران	۱۳۷۴	نیمه‌پاکوتاه	دیررس
بیستون	ایران	۱۳۵۹	نیمه‌پاکوتاه	نسبتاً دیررس
پیشناز	ایران	۱۳۸۱	پاکوتاه	نسبتاً زودرس
دوروم یاواروس	سیمیت	۱۳۷۵	پاکوتاه	دیررس
رسول	سیمیت	۱۳۷۱	نیمه‌پاکوتاه	زودرس
سرداری	ایران	۱۳۰۹	نیمه‌پاکوتاه	دیررس
سومای ۳	چین	-	پابلند	نسبتاً زودرس
شیرودی	سیمیت	۱۳۷۶	نیمه‌پاکوتاه	نسبتاً دیررس
شیراز	ایران	۱۳۸۱	پاکوتاه	نسبتاً دیررس
کاسکوژن	فرانسه	۱۳۷۳	پاکوتاه	دیررس
کراس البرز	ایران	-	پاکوتاه	زودرس
گلستان	سیمیت	۱۳۶۵	نیمه‌پاکوتاه	نسبتاً زودرس
مارون	ایران	۱۳۷۰	نیمه‌پاکوتاه	زودرس
نیک‌نژاد	ایکارد	۱۳۷۴	پاکوتاه	زودرس
هامون	ایران	۱۳۸۱	پاکوتاه	نسبتاً زودرس

۲.۳. تولید ماده خشک و تسهیم آن در دو هفته بعد از گرده‌افشانی

وزن ساقه همه ارقام از مرحله گرده‌افشانی تا دو هفته بعد از آن افزایش یافت (جدول‌های ۳ و ۴). مقدار این افزایش از ۳۸ درصد در رقم آزادی تا ۱۱۶ درصد در دوروم یاواروس متغیر بود. علت افزایش وزن ساقه تکمیل ساختار دم‌گل‌آذین (میان‌گره زیر سنبله) و نیز تجمع کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای در میان‌گره‌های مختلف ساقه عنوان شده است (Scofield *et al.*, 2009). تجمع کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای در اندام‌های رویشی گندم (میان‌گره‌های ساقه و غلاف برگ) بسته به شرایط محیطی و رقم ممکن است تا ۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی ادامه یابد. پس از آن و به دلیل کاهش فتوسنتز جاری (به دلیل پیری و زوال برگ‌ها) و نیز افزایش تقاضا از طرف دانه‌ها، قندهای ذخیره‌شده در اندام‌های رویشی تجزیه شده و به طرف دانه‌های در حال پرشدن حرکت می‌کنند (Joudi & Van den Ende, 2018).

در بیش‌تر ارقام مورد آزمایش، وزن برگ در فاصله گرده‌افشانی تا دو هفته بعد از آن کم و بیش ثابت ماند. در این مرحله، میانگین وزن برگ ارقام گندم ۱/۰۶ گرم بود که فقط ۰/۰۳ گرم کم‌تر از مرحله قبل بود. هر چند که وزن برگ در چهار رقم از ۱۸ رقم مورد آزمایش اندکی متفاوت از مرحله گرده‌افشانی بود (جدول‌های ۳ و ۴). علت افزایش وزن برگ‌ها در بعد از گرده‌افشانی تجمع مواد فتوسنتزی در غلاف برگ‌ها عنوان شده است (Zhang *et al.*, 2015). هم‌چنین علت احتمالی کاهش وزن برگ‌های برخی ارقام در فاصله گرده‌افشانی تا دو هفته بعد از آن، زردشدن و ریزش برگ‌های پایین ساقه بوده است.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، ارقام کشت‌شده از نظر وزن سنبله در دو هفته بعد از گرده‌افشانی اختلاف معنی‌دار با یکدیگر داشتند (جدول ۲). رتبه ارقام گندم از نظر وزن سنبله در دو هفته بعد از گرده‌افشانی (در مقایسه

طبق جدول تجزیه واریانس، وزن برگ (مجموع پهنک و غلاف) در ساقه اصلی ارقام در زمان گرده‌افشانی، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشت (جدول ۲). حداکثر و حداقل وزن برگ در ساقه اصلی به ترتیب ۱/۳۳ و ۰/۸ گرم بود. همانند ساقه و برگ، وزن سنبله ارقام در زمان گرده‌افشانی متفاوت از یکدیگر بود (جدول ۲). هامون با ۰/۷۵ گرم بیش‌ترین و سوما با ۰/۳۷ گرم کم‌ترین وزن سنبله را در این زمان داشت (جدول ۳). بیش‌تر، وزن سنبله ارقام مختلف گندم در زمان گرده‌افشانی از ۰/۳۴ تا ۰/۷۰ گرم در شرایط آبی و از ۰/۳۸ تا ۰/۹۱ گرم در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Bayat *et al.*, 2011). ارتباط مشخصی بین ارتفاع ارقام و وزن سنبله در زمان گرده‌افشانی مشاهده نشد (جدول‌های ۱ و ۳) که مغایر با گزارش سایر پژوهش‌گران می‌باشد (Kumakov *et al.*, 2001).

در زمان گرده‌افشانی، درصد تسهیم ماده خشک به ساقه از ۳۱ تا ۴۱ درصد، برگ از ۳۷ تا ۵۰ درصد و سنبله از ۱۶ تا ۲۷ درصد متفاوت بود (جدول ۳). میانگین ارقام گندم نشان داد که توانایی برگ‌ها در جذب مواد فتوسنتزی بیش‌تر از ساقه و آن هم بیش‌تر از سنبله بود. اما این الگو در کلیه ارقام مورد آزمایش صادق نبود. در ارقام الوند، رسول و مارون، توانایی ساقه در جذب مواد فتوسنتزی بیش‌تر از برگ و آن هم بیش‌تر از سنبله بود. هم‌چنین در رقم بیستون توانایی ساقه و برگ در جذب ماده خشک یکسان بود (جدول ۳). در پژوهشی که در روسیه و بر روی گندم‌های بهاره انجام شد، مشخص شد در زمان گرده‌افشانی میانگین تسهیم ماده خشک به ساقه ۵۸ درصد، برگ ۲۰ درصد و سنبله ۲۲ درصد بود (Kumakov *et al.*, 2001). این نتایج نشان‌دهنده تفاوت بین ارقام و اندام‌های مختلف در جذب مواد فتوسنتزی و نیز متأثر شدن تسهیم مواد فتوسنتزی از شرایط آب‌وهوایی می‌باشد.

گرده‌افشانی دارای وزن سنبله نسبتاً پایین بود، در دو هفته بعد از آن دارای وزن سنبله نسبتاً بالا بود. این نتایج نشان می‌دهد که دوروم یاواروس در فاصله زمانی گرده‌افشانی تا دو هفته بعد از آن مواد فتوسنتزی بیشتری را به سنبله خود اختصاص داده است.

با مرحله گرده‌افشانی) برای تعدادی از ارقام حفظ و برای تعدادی دیگر تغییر یافت (جدول‌های ۳ و ۴). در این راستا، رقم شیرودی که در مرحله گرده‌افشانی دارای وزن سنبله بالایی بود در دو هفته بعد از گرده‌افشانی نیز دارای وزن سنبله بالا بود. در مقابل دوروم یاواروس که در زمان

جدول ۲. تجزیه واریانس وزن ساقه، برگ، سنبله و کل گیاه ارقام مختلف گندم در زمان گرده‌افشانی، دو هفته بعد از گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانه ساقه اصلی و عملکرد نهایی دانه در واحد سطح

عملکرد دانه	عملکرد دانه ساقه اصلی	میانگین مربعات												ضریب تغییرات (CV)	
		رسیدگی فیزیولوژیک				دو هفته بعد از گرده‌افشانی				مرحله گرده‌افشانی					
		زیست‌توده	سنبله	برگ	ساقه	زیست‌توده	سنبله	برگ	ساقه	زیست‌توده	سنبله	برگ	ساقه		
۳۴۲۳۴**	۰/۰۱۸ns	۰/۱۶۵ns	۰/۰۳۲ns	۰/۰۱۲ns	۰/۰۵۳ns	۱/۰۸**	۰/۰۴۵ns	۰/۰۵۳**	۰/۴۴۲**	۰/۱۰۳ns	۰/۰۲۱*	۰/۰۰۷ns	۰/۰۱۷ns	۲	بلوک
۳۶۹۰۸**	۰/۳۴۸**	۰/۱۵ns	۰/۳۱۳*	۰/۰۴۶**	۰/۰۶۰ns	۰/۶۷**	۰/۱۵۴**	۰/۰۵۵**	۰/۱۲۹**	۰/۳۸۱**	۰/۰۴۲**	۰/۰۵۹**	۰/۰۸۲**	۱۷	تیمار
۲۴۰۷	۰/۱۲۳	۰/۳۲۶	۰/۱۳۱	۰/۰۰۹	۰/۰۳۶	۰/۱۴۹	۰/۰۲۲	۰/۰۱۳	۰/۰۴۳	۰/۰۳۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۱۲	۳۴	اشتباه
۱۰/۵	۲۰/۲	۱۴/۴	۱۵/۶	۱۴/۹	۱۹/۵	۱۰/۴	۱۳/۱	۱۱/۱	۱۳/۶	۷/۱	۱۲/۶	۶	۱۱/۸		ضریب تغییرات (CV)

ns, *, **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های وزن ساقه، برگ، سنبله و کل گیاه در زمان گرده‌افشانی ارقام گندم

ارقام	وزن ساقه (gr)	درصد از وزن کل	وزن برگ (gr)	درصد از وزن کل	وزن سنبله (gr)	درصد از وزن کل	وزن کل گیاه (gr)
آرتا	۱/۰۶ bc	۳۹	۱/۱۷ b-d	۴۳	۰/۵۱ e-g	۱۹	۲/۷۴ c-e
آزادی	۱/۰۳ b-d	۳۶	۱/۱۵ b-e	۴۰	۰/۶۸ a-c	۲۴	۲/۸۷ bc
الوند	۱/۳۲ a	۴۰	۱/۲۶ ab	۳۸	۰/۷۴ ab	۲۲	۳/۳۳ a
الموت	۰/۹۰ c-f	۳۴	۱/۱۱ c-f	۴۲	۰/۶۱ b-f	۲۳	۲/۶۲ c-f
بیستون	۰/۸۷ c-g	۳۹	۰/۸۷ hi	۳۹	۰/۴۹ e-h	۲۲	۲/۲۲ gh
پیش‌تاز	۰/۹۲ c-f	۳۷	۰/۹۸ gh	۳۹	۰/۵۹ c-f	۲۴	۲/۴۹ d-g
دوروم یاواروس	۰/۷۳ fg	۳۱	۱/۱۴ b-f	۴۹	۰/۴۷ f-h	۲۰	۲/۳۴ fg
رسول	۱/۱۹ ab	۴۱	۱/۱۴ b-f	۳۹	۰/۵۸ c-f	۲۰	۲/۹۲ bc
سرداری	۰/۸۱ e-g	۳۷	۰/۸۹ hi	۴۱	۰/۴۸ e-h	۲۲	۲/۱۸ gh
سومای ۳	۰/۷۹ e-g	۴۰	۰/۸۰ i	۴۱	۰/۳۷ h	۱۹	۱/۹۵ h
شیرودی	۱/۰۳ b-d	۳۶	۱/۰۹ d-g	۳۸	۰/۷۲ a-c	۲۵	۲/۸۴ b-d
شیراز	۰/۶۸ g	۳۱	۱/۰۲ fg	۴۶	۰/۵۳ e-g	۲۴	۲/۲۳ gh
کاسکوژن	۰/۸۱ d-g	۳۳	۱/۲۳ a-c	۵۰	۰/۳۹ gh	۱۶	۲/۴۴ e-g
کراس البرز	۰/۸۷ c-g	۳۲	۱/۱۶ b-d	۴۳	۰/۶۶ a-d	۲۵	۲/۶۹ c-e
گلستان	۱/۰۷ bc	۳۷	۱/۱۹ b-d	۴۱	۰/۶۲ a-e	۲۲	۲/۸۷ bc
مارون	۱/۰۵ bc	۳۸	۱/۰۲ fg	۳۷	۰/۷۰ a-c	۲۵	۲/۷۷ b-e
نیک‌نژاد	۱/۰۸ bc	۳۵	۱/۳۳ a	۴۳	۰/۷۱ a-c	۲۳	۳/۱۲ ab
هامون	۰/۹۸ b-e	۳۵	۱/۰۳ e-g	۳۷	۰/۷۵ a	۲۷	۲/۷۷ b-e
میانگین	۰/۹۶	۳۶	۱/۰۹	۴۱	۰/۵۹	۲۲	۲/۶۳

میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

بررسی روند تجمع ماده خشک در اندام‌های رویشی و زایشی ارقام مختلف گندم

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های وزن ساقه، برگ، سنبله و کل گیاه در دو هفته بعد از گرده‌افشانی ارقام گندم

ارقام	وزن ساقه (gr)	درصد از وزن کل	وزن برگ (gr)	درصد از وزن کل	وزن سنبله (gr)	درصد از وزن کل	وزن کل گیاه (gr)
آرتا	۱/۵۸ a-d	۴۰	۱/۱۶ bc	۳۰	۱/۱۸ cd	۳۰	۳/۹۲ b-d
آزادی	۱/۴۳ de	۳۶	۱/۱۰ b-d	۲۷	۱/۴۸ ab	۳۷	۴/۰۰ a-d
الوند	۱/۸۵ a-c	۴۵	۱/۱۴ b-d	۲۷	۱/۱۵ c-e	۲۸	۴/۱۳ a-c
الموت	۱/۳۰ de	۳۸	۱/۰۵ c-e	۳۱	۱/۰۶ d-f	۳۱	۳/۴۱ c-e
بیستون	۱/۴۶ c-e	۴۴	۰/۹۴ c-e	۲۹	۰/۸۹ e-h	۲۷	۳/۲۹ d-f
پیشناز	۱/۵۱ b-e	۴۱	۰/۹۷ c-e	۲۶	۱/۲۰ cd	۳۳	۳/۶۸ b-e
دوروم یاواروس	۱/۵۸ a-d	۴۱	۱/۱۴ b-d	۲۹	۱/۱۴ c-f	۳۰	۳/۸۶ b-d
رسول	۱/۹۱ a	۴۴	۱/۱۳ b-d	۲۶	۱/۳۱ a-d	۳۰	۴/۳۶ ab
سرداری	۱/۱۵ e	۴۴	۰/۸۳ e	۳۱	۰/۶۶ h	۲۵	۲/۶۴ f
سومای ۳	۱/۳۵ de	۴۳	۰/۹۸ c-e	۳۲	۰/۷۸ gh	۲۵	۳/۱۰ ef
شیرودی	۱/۸۹ ab	۴۱	۱/۳۸ a	۳۰	۱/۳۸ a-c	۳۰	۴/۶۴ a
شیراز	۱/۳۱ de	۳۹	۰/۹۷ c-e	۲۹	۱/۰۴ d-g	۳۱	۳/۳۳ d-f
کاسکوژن	۱/۴۲ de	۴۰	۱/۲۸ ab	۳۶	۰/۸۶ f-h	۲۴	۳/۵۶ c-e
کراس البرز	۱/۶۳ a-d	۴۲	۰/۹۷ c-e	۲۵	۱/۲۳ b-d	۳۲	۳/۸۳ b-e
گلستان	۱/۵۲ a-e	۴۰	۱/۱۲ b-d	۳۰	۱/۱۲ c-f	۳۰	۳/۷۶ b-e
مارون	۱/۵۷ a-d	۳۸	۱/۰۴ c-e	۲۵	۱/۵۱ a	۳۷	۴/۱۲ a-c
نیک‌نژاد	۱/۶۳ a-d	۴۵	۰/۹۵ c-e	۲۶	۱/۰۶ d-f	۲۹	۳/۶۴ b-e
هامون	۱/۳۷ de	۳۹	۰/۹۲ de	۲۶	۱/۲۱ b-d	۳۵	۳/۵۰ c-e
میانگین	۱/۵۲	۴۱	۱/۰۶	۲۹	۱/۱۳	۳۰	۳/۷۱

میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

۳.۳. تولید ماده خشک و تسهیم آن در زمان رسیدگی فیزیولوژیک

میانگین وزن ساقه ارقام در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، ۰/۹۷ گرم بود که نسبت به مرحله گرده‌افشانی ۰/۰۱ گرم بیشتر اما در مقایسه با دو هفته بعد از گرده‌افشانی ۰/۵۵ گرم کمتر بود (جدول‌های ۳، ۴ و ۵). این امر نشان می‌دهد مواد فتوسنتزی که در بعد از گرده‌افشانی در میان‌گره‌های مختلف ساقه ذخیره شده‌اند، تجزیه و به دانه‌ها انتقال یافته و آن بخش از مواد فتوسنتزی که در قبل از گرده‌افشانی در ساقه انباشته شده بود، مورد استفاده مجدد قرار نگرفته است. به عبارت دیگر، مقدار انتقال مجدد بعد از گرده‌افشانی نسبت به انتقال دوباره قبل از گرده‌افشانی بیشتر بوده که مطابق با

تفاوت بین وزن اندام‌های مختلف ارقام گندم در دو هفته بعد از گرده‌افشانی، منجر به اختلاف معنی‌دار آن‌ها در وزن کل گیاه شد (جدول‌های ۲ و ۴). در این زمان، رقم شیرودی با ۴/۶۴ گرم بیش‌ترین و سرداری با ۲/۶۴ کم‌ترین وزن زیست‌توده را داشتند. در دو هفته بعد از گرده‌افشانی نیز اندام‌های مختلف درصد متفاوتی از وزن کل گیاه را تشکیل دادند (جدول ۴). میانگین ارقام گندم نشان داد درصد مشارکت ساقه، برگ و سنبله در تعیین وزن نهایی گیاه به ترتیب ۴۱، ۲۹ و ۳۰ درصد بود. در این زمان و بسته به رقم، میزان مشارکت وزن اندام‌های مختلف در تشکیل وزن کل گیاه متغیر بود (جدول ۴).

حال پرشدن انتقال می‌یابند (Joudi *et al.*, 2012). پیری و زوال برگ‌ها نیز در مراحل انتهایی رشد گیاه و پرشدن دانه‌ها باعث تجزیه رنگدانه‌ها، پروتئین‌ها و سایر درشت مولکول‌ها و انتقال مواد معدنی مختلف به دانه‌ها می‌شود (Saini & Westgate, 1999). هم‌چنین تعدادی از برگ‌های گیاه به‌ویژه برگ‌های پایینی در فاصله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک ریزش می‌یابند. مجموع این عوامل سبب می‌شود که وزن برگ‌ها در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در حداقل مقدار خود قرار داشته و تفاوت بین ارقام کاهش یابد.

گزارش سایر پژوهش‌گران می‌باشد (Joudi & Van den Ende, 2018).

هم‌چنان که انتظار می‌رفت وزن برگ در زمان رسیدگی فیزیولوژیک در حداقل مقدار خود قرار داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین وزن برگ به‌ترتیب ۱/۳۵ و ۰/۷۴ گرم بود (جدول ۵). پس از تشکیل ساختار نهایی دانه در ۱۵ روز بعد از گرده‌افشانی و آغاز پرشدن سریع دانه، تجمع مواد فتوسنتزی مازاد بر نیاز گیاه در غلاف برگ‌ها و ساقه متوقف شده و کربوهیدرات‌های غیرساختاری ذخیره‌شده در آن‌ها به طرف دانه‌های در

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های وزن ساقه، برگ، سنبله و کل گیاه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، عملکرد دانه ساقه اصلی و عملکرد نهایی دانه

ارقام	وزن ساقه (g)	وزن برگ (g)	درصد از وزن کل (g)	وزن سنبله (g)	درصد از وزن کل (g)	وزن برگ (g)	درصد از وزن کل (g)	عملکرد دانه (g.m ²)
آرنا	۱/۰۳ ab	۰/۶۷ b-e	۱۶	۲/۴۲ ab	۵۹	۲/۴۲ ab	۵۹	۵۶۶ ab
آزادی	۰/۸۹ b	۰/۸۷ a	۲۶	۱/۶۶ c	۴۸	۰/۸۷ a	۲۶	۲۸۰ i
الوند	۱/۰۹ ab	۰/۸۰ ab	۱۹	۲/۳۰ a-c	۵۵	۰/۸۰ ab	۲۶	۵۸۴ ab
الموت	۰/۹۶ b	۰/۶۱ c-e	۱۵	۲/۴۵ ab	۶۱	۰/۶۱ c-e	۲۴	۵۴۹ a-c
بیستون	۱/۱۱ ab	۰/۵۱ e	۱۲	۲/۶۲ ab	۶۲	۰/۵۱ e	۲۶	۴۰۳ e-g
پیش‌تاز	۰/۸۸ b	۰/۶۴ b-e	۱۶	۲/۴۸ ab	۶۲	۰/۶۴ b-e	۲۲	۶۱۱ a
دوروم یاواروس	۰/۷۴ b	۰/۵۵ de	۲۰	۲/۳۹ ab	۶۵	۰/۵۵ de	۲۰	۳۹۲ e-h
رسول	۱/۳۵ a	۰/۷۳ a-d	۱۵	۲/۸۶ a	۵۸	۰/۷۳ a-d	۲۷	۴۵۲ d-f
سرداری	۰/۸۹ b	۰/۵۰ e	۱۶	۱/۶۴ c	۵۴	۰/۵۰ e	۲۹	۳۳۷ g-i
سومای ۳	۰/۸۷ b	۰/۶۱ c-e	۱۷	۲/۰۵ bc	۵۸	۰/۶۱ c-e	۲۵	۳۱۰ hi
شیرودی	۱/۱۲ ab	۰/۷۷ a-c	۱۷	۲/۵۳ ab	۵۷	۰/۷۷ a-c	۲۵	۵۶۶ ab
شیراز	۰/۸۷ b	۰/۶۵ b-e	۱۷	۲/۲۵ a-c	۶۰	۰/۶۵ b-e	۲۳	۳۷۲ f-h
کاسکوژن	۰/۹۵ b	۰/۸۷ a	۲۰	۲/۴۸ ab	۵۸	۰/۸۷ a	۲۲	۵۰۴ b-d
کراس البرز	۰/۹۴ b	۰/۷۶ a-c	۱۷	۲/۷۹ a	۶۲	۰/۷۶ a-c	۲۱	۶۳۶ a
گلستان	۱/۱۱ ab	۰/۷۱ a-d	۱۸	۲/۱۵ a-c	۵۴	۰/۷۱ a-d	۲۸	۵۵۳ a-c
مارون	۰/۹۶ b	۰/۵۹ c-e	۱۶	۲/۲۴ a-c	۵۹	۰/۵۹ c-e	۲۵	۴۲۲ d-g
نیک‌نژاد	۰/۹۲ b	۰/۴۸ e	۱۳	۲/۳۵ ab	۶۳	۰/۴۸ e	۲۵	۴۶۸ c-e
هامون	۰/۸۳ b	۰/۵۰ e	۱۴	۲/۱۶ a-c	۶۲	۰/۵۰ e	۲۴	۳۴۹ g-i
میانگین	۰/۹۷	۰/۶۶	۱۷	۲/۳۲	۵۹	۰/۶۶	۲۵	۴۶۴

میانگین‌های با حروف مشابه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

۳. ۴. تسهیم ماده خشک به دانه (عملکرد دانه در ساقه اصلی)، عملکرد دانه در واحد سطح و ارتباط آن‌ها با صفات اندازه‌گیری شده

با توجه به این‌که ساختار سنبله در زمان گرده‌افشانی تکمیل می‌شود، لذا تسهیم ماده خشک به دانه (عملکرد دانه ساقه اصلی) از تفاضل وزن سنبله در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و مرحله گرده‌افشانی محاسبه و در جدول (۵) ارائه شد. عملکرد دانه ساقه اصلی از ۲/۲۸ گرم در رقم رسول تا ۰/۹۷ گرم در رقم آزادی متفاوت بود. زمانی‌که عملکرد دانه در واحد سطح مورد بررسی قرار گرفت مشخص شد ارقام کراس البرز، پیشناز و الوند به ترتیب با ۶۳۶، ۶۱۱ و ۵۸۴ گرم در مترمربع بیش‌ترین و ارقام آزادی، سومای ۳ و سرداری به ترتیب با ۲۸۰، ۳۱۰ و ۳۳۷ گرم در مترمربع کم‌ترین مقدار عملکرد را داشتند.

بررسی همبستگی صفات نشان داد ارتباط مشخصی بین وزن خشک ساقه و عملکرد دانه (در واحد سطح) در زمان گرده‌افشانی وجود ندارد (جدول ۶). در مقابل همبستگی این دو صفت در دو هفته بعد از گرده‌افشانی مثبت و معنی‌دار شد (جدول ۶). ساقه به‌عنوان اندام اصلی ذخیره‌کننده مواد فتوسنتزی مازاد بر نیاز گیاه بوده و در منابع مختلف اشاره شده است که میان‌گره‌های مختلف ساقه با ذخیره مواد فتوسنتزی و انتقال دوباره آن‌ها به دانه نقش مهمی در تعیین عملکرد گیاه به‌ویژه در شرایط تنش انتهایی فصل رشد دارد (Joudi & Van den Ende, 2018; Joudi et al., 2012). تجمع مواد فتوسنتزی در ساقه گندم در بعد از گرده‌افشانی ادامه پیدا کرده و بسته به رقم و شرایط محیطی در ۱۰ تا ۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی به حداکثر مقدار خود می‌رسد (Ehdaie et al., 2006 a,b). حداکثر تجمع مواد فتوسنتزی در ساقه (پتانسیل ذخیره‌سازی ساقه) یکی از فاکتورهای مهم تعیین‌کننده مقدار انتقال دوباره قندهای ذخیره‌شده به دانه‌ها می‌باشد

ارقام گندم از نظر وزن سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیک تفاوت معنی‌داری داشتند. رقم رسول با ۲/۸۶ گرم بیش‌ترین و سرداری با ۱/۶۴ گرم کم‌ترین وزن سنبله را داشتند (جدول ۵). روند مشخصی درخصوص گروه‌های رسیدگی ارقام و تسهیم وزن خشک به سنبله دیده نشد (جدول‌های ۱ و ۵). به‌استثنای رقم سرداری (دیررس) که دارای وزن سنبله پایین بود، سایر ارقام زودرس (رسول، کراس البرز، مارون و نیک‌نژاد) و دیررس (الموت، کاسکوژن و دوروم یاواروس) از نظر وزن سنبله در یک گروه قرار داشتند (جدول ۵). علت این امر احتمالاً دمای بالا و فشار حرارتی در طی پرشدن دانه و رسیدگی هم‌زمان و یا با فاصله کوتاه ارقام می‌تواند مطرح شود.

در پژوهش حاضر ارقام با ارتفاع کوتاه عموماً در رسیدگی فیزیولوژیک دارای وزن و درصد سنبله بالا بودند که مغایر با مرحله گرده‌افشانی است (جدول‌های ۱، ۳ و ۵). این بدین معنی است که ارقام مذکور در طی پرشدن دانه (گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک) مواد فتوسنتزی (جاری و ذخیره‌شده) را با کارایی بالایی به سنبله‌های خود صادر کرده‌اند. جدول (۵) نشان می‌دهد به‌استثنای ارقام آرتا و نیک‌نژاد که درصد ماده خشک ساقه در آن‌ها برابر میانگین ارقام بود (۲۵ درصد)، در بقیه ارقام پاکوتاه درصد تسهیم مواد فتوسنتزی به ساقه در زمان رسیدگی فیزیولوژیک پایین بود. این امر پیشنهاد می‌کند ارقام پاکوتاه، کارایی بالایی در استفاده از ذخایر ساقه برای پرکردن دانه نشان می‌دهند. هم‌چنین اشاره شده است کارایی مصرف نور و تولید مواد فتوسنتزی در بعد از گرده‌افشانی در ارقام پاکوتاه بیش‌تر از ارقام پابلند بوده که به‌نوبه خود باعث عرضه بیش‌تر مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال پرشدن می‌شود (Araus et al., 2008).

گیاه (سنبله و قسمت‌های بالایی ساقه) نقش مهمی در تأمین فتوسنتز جاری و شکل‌گیری تعداد دانه‌ها (اندازه مخزن) در زمان گرده‌افشانی گیاه دارند. عرضه بیش‌تر مواد فتوسنتزی در زمان گرده‌افشانی منجر به تشکیل بیش‌تر دانه‌ها و برعکس کمبود مواد فتوسنتزی و رقابت بر سر قندها باعث سقط دانه‌ها و کاهش تعداد دانه در سنبله خواهد شد (Joudi, 2017). پس از گرده‌افشانی، مواد فتوسنتزی تولیدشده در برگ‌ها و سایر اندام‌های سبز به‌همراه ذخایر ساقه در پرکردن دانه‌ها و تعیین وزن دانه نقش دارند (Dias & Lidon, 2009). یافته‌های پژوهش‌گران نشان داده است تأثیر تعداد دانه در تعیین عملکرد دانه به مراتب بیش‌تر از وزن دانه می‌باشد (Foulkes *et al.*, 2014; Fischer, 2007). بنابراین به‌نظر می‌رسد برگ‌ها و فتوسنتز جاری گیاه از طریق تعیین تعداد دانه در زمان گرده‌افشانی تأثیر بیش‌تری در عملکرد نهایی دانه داشته‌اند.

(Ehdaie *et al.*, 2006 a,b). این بدین معنی است ذخایر ساقه در دو هفته بعد از گرده‌افشانی تأثیری بیش‌تری بر روی عملکرد دانه خواهند داشت. در زمان گرده‌افشانی، همبستگی بین وزن خشک برگ‌ها و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). هر چند در دو هفته بعد از گرده‌افشانی از مقدار اثر مثبت وزن برگ بر عملکرد دانه کاسته شد (جدول ۶). در پژوهشی که بر روی گندم‌های دوروم و نان انجام گرفت، مشخص شد بین وزن برگ در زمان‌های چکمه‌پوشی (بوتینگ)، مرحله شیری و خمیری رشد دانه و عملکرد نهایی دانه همبستگی منفی وجود دارد (Allahverdiyev & Huseynova, 2017). هم‌چنین مطالعه الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی در هفت ژنوتیپ گندم در شرایط دیم نشان داد که همبستگی فنوتیپی بین وزن برگ در زمان گرده‌افشانی و عملکرد نهایی دانه معنی‌دار نبود (Alavi sini *et al.*, 2010). برگ‌ها و اندام‌های سبز

جدول ۶. همبستگی بین وزن اندام‌های مختلف گیاه در زمان گرده‌افشانی، دو هفته بعد از گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک با عملکرد دانه ارقام گندم

عملکرد دانه (gr.m ⁻²)	اندازه گیری شده در مرحله	صفت
۰/۳۵ ^{ns}	گرده‌افشانی	وزن ساقه
۰/۵۰ [*]	دو هفته بعد از گرده‌افشانی	
۰/۳۶ ^{ns}	رسیدگی فیزیولوژیک	
۰/۴۷ [*]	گرده‌افشانی	وزن برگ
۰/۳۷ ^{ns}	دو هفته بعد از گرده‌افشانی	
۰/۳۳ ^{ns}	رسیدگی فیزیولوژیک	
۰/۲۷ ^{ns}	گرده‌افشانی	وزن سنبله
۰/۲۰ ^{ns}	دو هفته بعد از گرده‌افشانی	
۰/۶۳ [*]	رسیدگی فیزیولوژیک	
۰/۴۴ ^{ns}	گرده‌افشانی	وزن کل گیاه
۰/۴۲ ^{ns}	دو هفته بعد از گرده‌افشانی	
۰/۶۵ ^{**}	رسیدگی فیزیولوژیک	
۰/۵۱ [*]	رسیدگی فیزیولوژیک	عملکرد دانه ساقه اصلی

ns, *, **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ارقام افزایش داشت اما وزن برگ عموماً ثابت ماند. در این زمان، درصد تسهیم ماده خشک به ساقه از ۳۶ تا ۴۵ درصد، برگ از ۲۵ تا ۳۶ درصد و سنبله از ۲۴ تا ۳۷ درصد بین ارقام گندم متغیر بود. در فاصله دو هفته بعد از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک، تفاوت ارقام از نظر صدور مواد فتوسنتزی به سنبله و استفاده از ذخایر ساقه (انتقال دوباره) باعث تغییر مجدد الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی شد. ارتباط مشخصی بین ارتفاع ارقام و وزن سنبله در زمان گرده‌افشانی مشاهده نشد. اما ارقام با ارتفاع کوتاه عموماً در رسیدگی فیزیولوژیک دارای وزن و نسبت سنبله بالا بودند. این نتایج نشان می‌دهد الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی بسته به مرحله نموی گیاه و رقم مورد استفاده، تغییر می‌یابد. بنابراین الگوی تسهیم مواد فتوسنتزی یک رقم در طی یک مرحله نموی ضرورتاً نمی‌تواند در مرحله نموی دیگر نیز دیده شود. در پایان فصل رشد، ارقام کراس البرز و پیشناز، هم از نظر تسهیم ماده خشک (صدور مواد فتوسنتزی به سنبله و استفاده از ذخایر ساقه و برگ) و هم عملکرد دانه در واحد سطح برتر بودند. وزن برگ‌ها در گرده‌افشانی، وزن ساقه در دو هفته بعد از گرده‌افشانی و مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به دانه‌ها ارتباط مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در واحد سطح داشتند که پیشنهاد می‌کند این صفات می‌توانند در برنامه‌های مرتبط با افزایش عملکرد در گندم مورد توجه پژوهش‌گران قرار گیرند.

۵. تشکر و قدردانی

از دانشگاه محقق اردبیلی جهت فراهم آوردن شرایط لازم برای اجرای پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

ارتباط معنی‌داری بین وزن سنبله در زمان گرده‌افشانی و دو هفته بعد از آن با عملکرد دانه دیده نشد. در مقابل عملکرد دانه ساقه اصلی یا مقدار تسهیم مواد فتوسنتزی به دانه‌ها (که از تفاضل وزن سنبله در رسیدگی فیزیولوژیک و گرده‌افشانی به دست آمد) ارتباط مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در واحد سطح داشت (جدول ۶). درحالی‌که برخی گزارش‌ها حاکی از عدم رابطه مشخص بین وزن سنبله و عملکرد دانه می‌باشد، تعدادی دیگر به ارتباط مثبت و معنی‌دار بین وزن سنبله در گرده‌افشانی با عملکرد دانه گندم اشاره کرده‌اند (Ahmadi et al., 2005; Bayat et al., 2010). پژوهش‌گران بر این باورند که وزن سنبله از طریق تأثیر بر کارایی باردهی^۱ (نسبت تعداد دانه در سنبله در زمان رسیدگی فیزیولوژیک به وزن خشک سنبله در مرحله گرده‌افشانی) عملکرد دانه را تغییر می‌دهد (Slafer et al., 2015). در این راستا پیشنهاد شده است که تسهیم کارآمد مواد فتوسنتزی به گلچه‌های در حال رشد به جای ساختار سنبله (و به‌ویژه محور سنبله) و یا اختصاص مواد فتوسنتزی پیش‌تر به گلچه‌های با اندازه کوچک باعث افزایش کارایی باردهی و در نتیجه بهبود تعداد دانه و عملکرد دانه خواهد شد (Rivera-Amado et al., 2019).

۴. نتیجه‌گیری

از دیدگاه فیزیولوژیک، عملکرد دانه گندم محصول تولید ماده خشک (زیست‌توده) و شاخص برداشت می‌باشد. به منظور افزایش هرچه بیشتر شاخص برداشت و در نتیجه عملکرد دانه ضروری است که تسهیم ماده خشک به اندام‌های مختلف گیاه بهینه شود. در زمان گرده‌افشانی، ارقام مختلف گندم از نظر تولید ماده خشک و تسهیم آن به اندام‌های مختلف متفاوت بودند. در فاصله گرده‌افشانی تا دو هفته بعد از آن، وزن خشک سنبله و ساقه در همه

1. Fruiting efficiency

۷. منابع

- Ahmadi, A., Saeidi, M., & Jahansouz, M. R. (2005). Pattern of photoassimilates partitioning and grain filling in wheat cultivars grown under irrigated and drought stress conditions. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36(6), 1333-1343. (In Persian)
- Alavi Sini, M., Saba, J., Jabbari, F., Soleimani, K., & Nasiri, J. (2010). Pattern of photoassimilates partitioning to above-ground parts of bread wheat grown under rain-fed conditions and its association with grain yield. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41(2), 281-289. (In Persian)
- Allahverdiyev, T., & Huseynova, I. (2017). Influence of water deficit on photosynthetic activity, dry matter partitioning and grain yield of different durum and bread wheat genotypes. *Cereal Research Communications*, 45, 432-441. <https://doi.org/10.1556/0806.45.2017.029>
- Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C., & Serreat, M. D. (2008). Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. *Critical Review in Plant Science*, 27, 377-412. <https://doi.org/10.1080/07352680802467736>
- Bayat, Z., Ahmadi, A., Sabokdast, M., & Joudi, M. (2011). The Pattern of photoassimilates partitioning in wheat genotypes under irrigated and drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 42(4), 821-832. (In Persian)
- 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>
- Ehdaie, B., Alloush, G. A., & Waines, J. G. (2008). Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat. *Field Crops Research*, 106, 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.012>
- Ehdaie, B., Alloush, G. A., Madore, M. A., & Waines, J. G. (2006a). Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. postanthesis changes in internode dry matter. *Crop Science*, 46, 735-746. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.04-0033>
- Ehdaie, B., Alloush, G. A., Madore, M. A., & Waines, J. G. (2006b). Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: II. Postanthesis changes in internode water-soluble carbohydrates. *Crop Science*, 46, 2093-2103. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.01.0013>
- Fischer, R. A. (2007). Understanding the physiological basis of yield potential in wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 145, 99-113. <https://doi.org/10.1017/S0021859607006843>
- Fischer, R. A. (2011). Wheat physiology: a review of recent developments. *Crop and Pasture Science*, 62, 95-114. <https://doi.org/10.1071/CP10344>
- 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>
- Joudi, M. (2017). Genotypic variations for photoassimilates partitioning to the grains during early development of endosperm in wheat: association with grain weight. *Genetika*, 49(1), 313-328. <https://doi.org/10.2298/GENSR1701313J>
- Joudi, M., & Van den Ende, W. (2018). Genotypic variation in Pre- and Post-anthesis dry matter remobilization in Iranian wheat cultivars: Associations with stem characters and grain yield. *Czech Journal of Genetic and Plant Breeding*, 54(3), 123-134. <https://doi.org/10.17221/93/2017-CJGPB>
- Joudi, M., Ahmadi, A., & Mohammadi, V. (2017). Changes in stem and spike related traits resulting from breeding in Iranian wheat cultivars: associations with grain yield. *Czech Journal of Genetic and Plant Breeding*, 53(3), 107-113. <https://doi.org/10.17221/178/2016-CJGPB>
- Joudi, M., Ahmadi, A., Mohamadi, V., Abbasi, A., & 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., Ahmadi, A., Mohamadi, V., Abbasi, A., Vergauwen, R., Mohamadi, H., & Van den Ende, W. (2012). Comparison of fructan dynamics in two wheat cultivars with different capacities of accumulation and remobilization under drought stress. *Physiolgia Plantarum*, 144, 1-12. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2011.01517.x>
- Kumakov, V. A., Evdokimova, O. A., & Buyanova, M. A. (2001). Dry matter partitioning between plant organs in wheat cultivars differing in productivity and drought resistance. *Russian Journal of Plant Physiology*, 48(3), 421-426. <https://doi.org/10.1023/A:1016670501685>
- Poorter, H., & Nagel, O. (2000). The role of biomass allocation in the growth response of plants to defoliation levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27, 595-601. https://doi.org/10.1071/PP99173_CO

- Reynolds, M. P., Pask, A. J. D., [...] & Joshi, A. K. (2017). Strategic crossing of biomass and harvest index-source and sink-achieves genetic gains in wheat. *Euphytica*, 213, 257. <https://doi.org/10.1007/s10681-017-2040-z>
- Rivera-Amado, C., Trujillo-Negrellos, E., Molerob, G., Reynolds, M. P., Sylvester-Bradley, R., & Foulkes, M. J. (2019). Optimizing dry-matter partitioning for increased spike growth, grain number and harvest index in spring wheat. *Field Crops Research*, 240, 154-167. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.04.016>
- Saini, H. S., & Westgate, M. E. (1999). Reproductive development in grain crops during drought. *Advance in Agronomy*, 68, 59-96. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60843-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60843-3)
- Scofield, G. N., Ruuska, S. A., Aoki, N., Lewis, D. C., Tabe, L. M., & Jenkins, C. L. D. (2009). Starch storage in the stems of wheat plants: localization and temporal changes. *Annals of Botany*, 103, 859-868. <https://doi.org/10.1093/aob/mcp010>
- Slafer, G. A., Elia, M., Savin, R., García, G.A., Terrile, I. I., Ferrante, A., Miralles, D. J., & González, F. G. (2015). Fruiting efficiency: an alternative trait to further rise wheat yield. *Food and Energy Security*, 4(2), 92-109. <https://doi.org/10.1002/fes3.59>
- Tyagi, P. K., Pannu, R. K., Sharma, K. D., Chaudhary, B. D., & Singh, D. P. (2002). Post-anthesis dry-matter accumulation and its partitioning in different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under varying growing environments. *Indian Journal of Agronomy*, 49(3), 163-167.
- Wacker, L., Jacomet, S., & Körner, C. (2002). Trends in biomass fractionation in wheat and barley from wild ancestors to modern cultivars. *Plant Biology*, 4(2), 258-265. <https://doi.org/10.1055/s-2002-25735>
- Zhang, J., Chen, W., Dell, B., Vergauwen, R., Zhang, X., Mayer, J. E., & Van den Ende, W. (2015). Wheat genotypic variation in dynamic fluxes of WSC components in different stem segments under drought during grain filling. *Frontiers in Plant Science*, 6, 624. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00624>