

واکنش وزن دانه گندم در موقعیت‌های مختلف مکانی سنبله و سنبلک به کاهش اندازه مبدأ

محسن محمدطاهری^۱، علی احمدی^{۲*} و کاظم پوستینی^۳
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۲۹ - تاریخ تصویب: ۸۹/۱/۲۵)

چکیده

پژوهش‌ها در زمینه دست ورزی روابط مبدأ-مقصد در گندم نتایج مشابهی در پی نداشته است و چنین استنتاج شده که عملکرد گندم می‌تواند محدودیت مبدأ، مقصد و یا هر دو را داشته باشد. در اغلب این مطالعات داده‌ها بر اساس میانگینی از کل دانه‌ها ثبت شده که مانع از درک میزان حساسیت دانه‌های واقع شده در قسمت‌های مختلف سنبله و سنبلک به قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی است. در این آزمایش واکنش رشد و وزن نهایی دانه‌ها در سه قسمت پایینی، وسطی و انتهایی سنبله به همراه واکنش وزن تک دانه در موقعیت‌های مختلف سنبلک، به تعدیل روابط مبدأ-مقصد در طول دوره رشد دانه مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش به صورت گلدانی در گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران (کرج)، در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵، انجام شد. تیمارها ترکیبی فاکتوریل متشکل از ۷ رقم گندم نان (ارقام جدید و قدیم گندم از مناطق سرد، معتدل و گرم ایران) و ۷ شدت حذف برگ (در دو مرحله: ساقه رفتن و ۲۰ روز پس از گلدهی) بود، که بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. به طور کلی، تیمارهای حذف برگ باعث کاهش معنی‌دار وزن ساقه اصلی نسبت به شاهد بدون حذف برگ گردید. به عبارت دیگر، کاهش قدرت مبدأ از طریق حذف برگ بهره برداری بیشتر گیاه از مواد ذخیره شده در ساقه‌ها یا کاهش ذخیره مواد فتوسنتزی در ساقه را منجر شد. حذف برگ واکنش معنی‌دار وزن دانه‌ها را در هر سه قسمت انتهایی، میانی و پایینی سنبله در پی داشت که از این نظر دانه‌های واقع شده در قسمت انتهایی سنبله واکنش محسوس تری نشان دادند. اثر متقابلی بین رقم و حذف برگ دیده نشد و واکنش ارقام مختلف به سطوح مختلف تیمار حذف برگ یکسان بود. در مقایسات گروهی اثر حذف برگ بر وزن دانه در قسمت‌های مختلف سنبله در ارقام قدیم و همچنین رقم دیم مورد استفاده در این بررسی معنی‌دار نشد. در صورتی که ارقام جدید حداقل در یکی از قسمت‌های سنبله، به خصوص در قسمت انتهایی سنبله، کاهش معنی‌دار وزن دانه را در واکنش به تیمار حذف برگ نشان دادند. وزن تک دانه تنها در موقعیت G3 سنبلک به تیمار حذف برگ واکنش نشان داد، که این واکنش تنها در شدیدترین سطوح کاهش مبدأ مشاهده شد. در صورتی که در دو موقعیت G1 و G2 واکنش محسوسی به تیمار حذف برگ دیده نشد. به دلیل عدم تشکیل دانه در موقعیت G4 سنبلک در برخی رقم‌ها امکان قضاوت آماری در این قسمت از سنبلک وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: حذف برگ، گندم، دست ورزی روابط مبدأ-مقصد، وزن ساقه اصلی، وزن دانه.

مقدمه

گندم هم از نظر مقدار تولید و هم سطح زیر کشت یکی از مهمترین محصولات کشاورزی ایران می‌باشد. با توجه به رشد روز افزون جمعیت و افزایش تقاضا برای تأمین انرژی مورد نیاز این جمعیت، افزایش در میزان تولید این گیاه زراعی از اولویت‌های تحقیقاتی کشور و در راستای سیاست قطع وابستگی کشور به مواد غذایی است (Esmail Pur, 2007).

شناخت فرآیندهای فیزیولوژیک و درون گیاهی یکی از مهمترین راهکارهای افزایش عملکرد و پتانسیل تولید است که زمینه دست ورزی و ایجاد تغییرات ساختاری- عملی در گیاه را به نحوی که بهترین نمود را در شرایط موجود داشته باشد فراهم می‌سازد. در این خصوص دانستن این نکته که آیا رشد و توسعه اندام‌های اقتصادی توسط مقدار مواد فتوسنتزی موجود محدود می‌شود (محدودیت مبدأ) و یا بوسیله ظرفیت اندامی که این مواد فتوسنتزی را دریافت می‌کند (محدودیت مقصد) بسیار مهم است (Cruz Aguado et al., 1999). برخی محققین عقیده دارند که اثرات تعدیل مبدأ-مقصد بر وزن دانه‌ها بایستی در موقعیت‌های مختلف سنبله و همچنین سنبلک جستجو شود، چراکه تنها با مطالعه میانگین وزن دانه‌ها در سنبله نمی‌توان به میزان حساسیت هر یک از دانه‌های واقع شده در قسمت‌های مختلف سنبله و سنبلک پی برد (Slafer & Savin, 1994). از طرف دیگر، در هر سنبله به طور طبیعی تنوع زیادی در وزن دانه در اجزاء مختلف سنبله وجود دارد و کاهش سطح برگ نیز ممکن است اثرات متفاوتی بر هر یک از آنها داشته باشد. به عنوان مثال، Kruk & Calderini (1997) در مرحله گلدهی کل برگ‌ها را در ارقام مدرن و قدیمی گندم قطع کردند و وزن دانه را در سنبلک‌های واقع در سه قسمت پایینی، میانی و انتهایی مورد مطالعه قرار دادند. ایشان گزارش کردند در ارقام قدیمی، وزن دانه در هر یک از قسمت‌های سنبله تأثیر معنی‌داری از حذف برگ نپذیرفت اما در ارقام جدید، حذف برگ موجب کاهش وزن دانه در موقعیت‌های مختلف در درون سنبله شد. در همین راستا، Slafer & Savin (1994) در مطالعه روی دو رقم گندم نیمه پاکوتاه و استاندارد گزارش کردند، با دو برابر شدن

ظرفیت مبدأ از طریق حذف تمام سنبلک‌های یک طرف سنبله در مرحله ۱۰ روز بعد از گلدهی، وزن دانه در قسمت‌های مختلف سنبله در هیچ یک از ارقام مورد بررسی تغییری نکرد که نشان‌دهنده کافی بودن مواد پرورده برای دستیابی به حداکثر وزن دانه‌ها در گیاهان شاهد بوده است. در تکمیل این نتایج، Cartelle et al. (2006)، در شرایط مدیترانه‌ای (اسپانیا) کل دانه‌های واقع شده در یک سمت سنبله را در دو رقم جدید و قدیم در مرحله ۱۰ روز بعد از گلدهی حذف کردند تا سهم مواد پرورده ی در دسترس برای دانه‌های باقی مانده دو برابر شود. در مطالعه ایشان نیز برخلاف آزمایش Kruk & Calderini (1997) که نتایج آن حاکی از محدودیت بیشتر مبدأ در ارقام جدید نسبت به ارقام قدیم بود، کاهش تعداد سنبلک تأثیر معنی‌داری بر سرعت و طول دوره پرشدن دانه‌های باقی مانده در هیچ یک از ارقام نداشت که این بدین معنی بود که در دوره پرشدن دانه رقابت شدیدی بین دانه‌ها وجود نداشته است.

Calderini et al. (2006) واکنش وزن دانه‌های واقع شده در موقعیت‌های G1، G2، G3، و G4 سنبلچه گندم نان، گندم دوروم و تریتیکاله به افزایش در دسترس بودن مواد پرورده از طریق تغییر رابطه مبدأ-مقصد را در دو ایستگاه تحقیقاتی مرکز بین المللی اصلاح گندم و ذرت (CIMMYT)^۱ مکزیک با شرایط محیطی متفاوت از نظر تابش خورشیدی مورد بررسی قرار دادند، بدین نحو که ۸ روز بعد از گلدهی تمام سنبلک‌های یک طرف سنبله را حذف کردند. ایشان گزارش دادند، در مقایسه موقعیت‌های دانه در تیمارهای سنبله-نصف شده و شاهد، در ایستگاه سیودد ابرگان^۲ با تشعشع خورشیدی بالا تنها یک اثر معنی‌دار در موقعیت G4 تریتیکاله دیده شد، در صورتی که در ایستگاه ای وان بتان^۳ با تشعشع خورشیدی پایین تر نسبت به سیودد ابرگان در طول پرشدن دانه، موقعیت G2 و G4 گندم نان و G1 و G4 تریتیکاله، افزایش معنی‌دار وزن دانه را در واکنش به تیمار دستکاری مبدأ-مقصد نشان دادند. در آزمایش

1. International Maize and Wheat Improvement Center
2. Ciudad Obregon
3. El Batan

از دو رقم استفاده شده است، به همین خاطر در این بررسی ارقام متنوع با پتانسیل‌های تولیدی متفاوت و از اقلیم‌های مختلف کشور انتخاب شد. و در نهایت به منظور بررسی دقیق‌تر واکنش گیاه به تیمارهای دستکاری مبدأ-مقصد، اعمال تیمارهای کاهش مبدأ از طریق حذف برگ در دو مرحله (ساقه رفتن و ۲۰ روز بعد از گلدهی) اعمال شد. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی واکنش رشد و وزن نهایی دانه‌ها در اجزاء سنبله به همراه واکنش وزن تک دانه در موقعیت‌های مختلف سنبلک به تعدیل روابط مبدأ-مقصد از طریق حذف برگ قبل و بعد از مرحله گلدهی در ارقام مختلف گندم بود.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش و شرایط رشد گیاهان

پژوهش حاضر در فصل زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در محوطه گلخانه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج اجرا شد. هر واحد آزمایشی کیسه ای پلاستیکی به ارتفاع ۶۰ و قطر ۲۵ سانتی‌متر انتخاب گردید، که تا ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری از خاک مزرعه (سیلتی-رسی) پر شد و سپس ۲۵ سانتی‌متر فوقانی آن با مخلوطی از همان خاک و کود دامی پوسیده به ترتیب به نسبت حجمی ۵ به ۱ پر شد. در ته هر پلاستیک سوراخ‌هایی به منظور زه‌کشی تعبیه شد. به منظور حفاظت بدنه گلدان‌ها از یخبندان زمستانه و نیز تابش مستقیم خورشید و نزدیک شدن قلمرو ریشه‌ها به شرایط مزرعه، فضای بیرونی و بین کرت‌ها با خاک و کلش تا ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری پوشیده شد. در هنگام آماده سازی بستر کشت، مقادیر کود شیمیایی لازم بر اساس محاسبات به هر واحد آزمایشی داده شد. در داخل هر واحد آزمایشی ۵ بوته گندم هر یک با دو ساقه اصلی باقی گذاشته شد و بقیه پنجه‌ها در مرحله ساقه رفتن از محل طوقه حذف شدند. به علاوه در همین زمان علف‌های هرز نیز با وجین دستی از میان برداشته شدند. آبیاری محصول به صورت نرمال انجام شد.

تیمارها

تیمارها ترکیبی فاکتوریل متشکل از هفت رقم گندم نان و هفت شدت حذف برگ بود که بر پایه طرح بلوک

دیگری در این زمینه Acreche & Slafer (2006) نتایج متفاوتی را گزارش دادند و با حذف دانه‌های G1 و G2 درون یک سنبلک، وزن دانه‌های G3 و G4 افزایش نیافت. بنابراین نتیجه گرفتند که وزن کمتر دانه‌های G3 و G4 به خاطر رقابت آنها با دانه‌های G1 و G2 نیست، بلکه احتمالاً به علت نمو دیرتر گلچه آنها و کوچکی ژنتیکی تخمدان آنها می‌باشد و افزایش تعداد دانه در واحد سطح با افزایش درصد دانه‌هایی که ذاتاً کوچک هستند (دانه‌های G3 و G4) همراه خواهد بود.

در ایران نیز مطالعات محدودی در زمینه دستکاری روابط مبدأ-مقصد انجام شده است (Janmohamadi, 2006; Esmail Pur, 2007; Ahmadi & Judi, 2007) که عمدتاً بر روی یک رقم بوده و واکنش کل سنبله مد نظر بوده است و فقط در یک بررسی (Esmail Pur, 2007) واکنش وزن دانه در قسمت‌های مختلف سنبله مورد مطالعه قرار گرفته است. در مطالعه مذکور اثر رقم (سرداری و قدس بترتیب با عملکرد پایین و بالا) و حذف برگ بر میانگین وزن دانه در سنبلک در قسمت‌های مختلف سنبله مورد بررسی قرار گرفته است. ایشان گزارش کردند، در هر دو رقم وزن سنبلک در تمام قسمت‌های سنبله در پاسخ به حذف کل برگ‌ها در مرحله گرده‌افشانی کاهش یافت، اما قسمت پایینی حساسیت بیشتری به تیمارهای حذف برگ داشت و این حساسیت با حرکت به سمت نوک سنبله کاهش یافت. به طور کلی، در رقم سرداری قسمت بالایی و در قدس قسمت پایینی کمترین حساسیت را به تیمار حذف برگ داشتند.

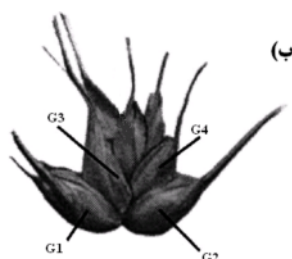
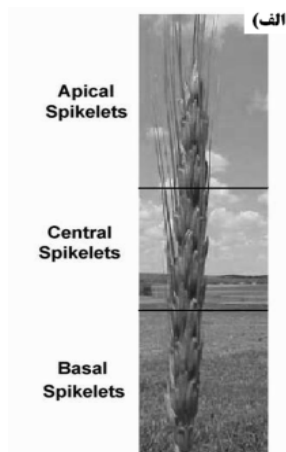
در مطالعات انجام شده قبلی در ایران و سایر کشورها تیمارهای دستکاری مبدأ-مقصد عمدتاً در مرحله گرده‌افشانی یا پس از آن اعمال شده‌اند و همچنین نتایج بدست آمده بر حسب محیط و ژنوتیپ متفاوت بوده است. از طرف دیگر، مطالعات صورت گرفته قبلی در ایران همگی در شرایط مزرعه که در آن امکان کنترل دقیق رطوبت در محیط اطراف ریشه به ویژه در تیمارهای حذف برگ وجود نداشته، صورت گرفته است. لذا در تحقیق حاضر جهت کنترل رطوبت خاک کشت گیاهان به صورت گلدانی انجام شد. به علاوه، در مطالعات قبلی تنها از یک رقم پر تولید آبی و یا حداکثر

شروع مرحله ساقه رفتن (مرحله ۳۱ مقیاس Zadoks et al., 1974) اولین مرحله حذف برگ انجام شد. روش کار بدین صورت بود که پائین ترین برگ‌ها حذف شدند و بر حسب شدت اعمال تیمار، گیاهان ۱، ۲ و ۳ برگی شدند و یک تیمار دست نخورده به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. دومین مرحله حذف برگ که حذف کامل برگ‌ها بود، بر روی ۵۰٪ از تیمارهای ۱، ۲ و ۳ برگی در پایان مرحله باروری و آغاز مرحله شیری دانه (مرحله ۷۱-۷۲ از مقیاس Zadoks) صورت گرفت. که در مجموع این دو مرحله هفت سطح شدت حذف برگ را تشکیل دادند.

های کامل تصادفی با سه تکرار چیده شدند. در این بررسی ارقام از اقلیم‌های اصلی ایران و همچنین با دو تیپ پتانسیل عملکردی متفاوت انتخاب شدند. به همین منظور، ارقام امید، روشن و شعله به ترتیب از ارقام قدیم مناطق سرد، معتدل و گرم، و ارقام شهریار، پیشناز و چمران به ترتیب از ارقام جدید مناطق سرد، معتدل و گرم، به همراه رقم سرداری به عنوان یک رقم قدیم کم تولید انتخاب شدند. همچنین، به منظور تعیین درجه نسبی غالبیت قدرت مبدأ به مقصد، شدت‌های مختلف حذف برگ در دو مرحله انجام شد (جدول ۱). در زمان

جدول ۱- تیمارهای حذف برگ گندم

ردیف	زمان و شدت حذف برگ	علامت اختصاری
۱	حذف کلیه برگ‌ها به جز برگ پرچم در مرحله ساقه رفتن	1L
۲	حذف کلیه برگ‌ها به جز برگ پرچم در مرحله ساقه رفتن و سپس حذف برگ پرچم ۲۰ روز پس از گلدهی	1L-nL
۳	باقی گذاشتن ۲ برگ (برگ پرچم + برگ پائینی آن) در مرحله ساقه رفتن	2L
۴	باقی گذاشتن ۲ برگ (برگ پرچم + برگ پائینی آن) در مرحله ساقه رفتن و سپس حذف آنها در مرحله ۲۰ روز پس از گلدهی	2L-nL
۵	باقی گذاشتن ۳ برگ (برگ پرچم + ۲ برگ پائینی آن) در مرحله ساقه رفتن	3L
۶	باقی گذاشتن ۳ برگ (برگ پرچم + ۲ برگ پائینی آن) در مرحله ساقه رفتن و سپس حذف آنها در مرحله ۲۰ روز پس از گلدهی	3L-nL
۷	شاهد (بدون حذف برگ)	



شکل ۱- نمایش موقعیت‌های مختلف مکانی دانه (الف) در سنبله و (ب) سنبلک گندم

نمونه‌گیری و اندازه‌گیری‌ها

به منظور بررسی اثرات تعدیل سطح مبدأ بر وزن دانه در اجزاء مختلف سنبله و سنبلک و همچنین وزن ساقه اصلی، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (مرحله ۹۴ از مقیاس Zadoks) همه محصول گندم موجود در هر کرت (۵ بوته هر یک با ۲ ساقه اصلی) برداشت شد. جهت اندازه‌گیری وزن کل ساقه اصلی، ۱۰ ساقه اصلی بدست آمده از هر واحد پس از جداسازی خوشه‌ها توزین و سپس میانگین آنها برای هر تیمار حذف برگ محاسبه شد. چهار سنبله از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و هر کدام به سه قسمت مساوی پایینی، وسطی و انتهایی تقسیم شد (شکل ۱) و میانگین وزن دانه‌ها در سنبلک‌های واقع شده در این سه بخش اندازه‌گیری شد (Kruk & Calderini, 1997). به منظور بررسی روند تغییرات وزن دانه در موقعیت‌های مختلف سنبلک نیز، دو سنبلک وسطی هر یک از چهار سنبله مذکور انتخاب و وزن دانه در موقعیت‌های G1، G2، G3 و G4 (شکل ۱) با استفاده از یک ترازوی الکترونیکی بسیار حساس (۱/۰ میلی‌گرم) اندازه‌گیری شد (Calderini et al., 2006).

بالایی و پایینی سنبله به خصوص در ارقام دانه درشت به شدت کاهش یافت. همانطور که در شکل ۲ نیز نشان داده شده، تیمارهای 2L و 3L در هیچ یک از موقعیت‌های مختلف سنبله تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد بدون حذف برگ نداشته‌اند. در صورتی که اعمال تیمارهای شدیدتر واکنش منفی وزن دانه‌ها را در قسمت‌های مختلف سنبله در پی داشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که باقی گذاشتن ۲ یا ۳ برگ از مرحله ساقه رفتن به بعد می‌تواند نیاز به مواد فتوسنتزی دانه‌ها در تمام قسمت‌های سنبله را در طول پرشدن دانه تأمین کند که یکی از دلایل این عدم تغییرپذیری وزن دانه‌ها با وجود کاهش بسیار بالای ظرفیت مبدأ می‌تواند مشارکت بالای مواد ذخیره شده در سایر قسمت‌های گیاه به ویژه ساقه‌ها در پرشدن دانه‌ها باشد که در بخش ۳-۳ شرح داده شده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و برگ‌دایی بر میانگین وزن دانه‌ها در موقعیت‌های مختلف سنبله در گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات وزن دانه		
		Ap	Ce	Ba
تکرار	۲	۲۶۳۰۳ ^{ns}	۳۹۴۴۸*	۲۴۱۱۹ ^{ns}
رقم (A)	۶	۱۱۵۴۹۳**	۱۸۷۹۸۱**	۱۶۸۳۳۵**
برگ زدائی (B)	۶	۴۱۴۵۵**	۸۷۸۹۹**	۳۵۶۹۶*
A×B	۳۶	۱۴۸۹۸ ^{ns}	۱۵۳۹۷ ^{ns}	۱۲۱۲۷ ^{ns}
خطا	۹۶	۱۰۴۱۳	۱۱۶۶۷	۱۰۲۲۰

ns، *، ** به ترتیب قسمت انتهایی، پایینی و وسطی سنبله. Ap، Ba و Ce به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

مقایسات گروهی واکنش محسوس تر ارقام جدید نسبت به ارقام قدیم را در واکنش به تیمارهای کاهش مبدأ نشان داد. جدول ۳ درصد تغییرات میانگین وزن دانه ارقام مختلف در تیمار حذف برگ نسبت به تیمار عدم حذف برگ را در قسمت‌های پایینی، وسطی و انتهایی سنبله در ارقام مختلف گندم مورد بررسی نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌کنید هیچ یک از ارقام قدیم کم تولید مورد استفاده در این بررسی و همچنین رقم دیم کم تولید سرداری واکنش معنی‌داری به تیمارهای حذف برگ نشان نداده‌اند. در صورتی که، ارقام جدید پر تولید حداقل در یکی از قسمت‌های سنبله واکنش معنی‌داری به تیمار کاهش قدرت مبدأ از خود نشان داده‌اند که از این نظر بیشترین تغییرات در قسمت

تجزیه های آماری

نتایج بدست آمده از تیمارهای مختلف حذف برگ و رقم با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه واریانس شدند، همچنین میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۰/۰۵ مقایسه شدند. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Microsoft Excel استفاده شد.

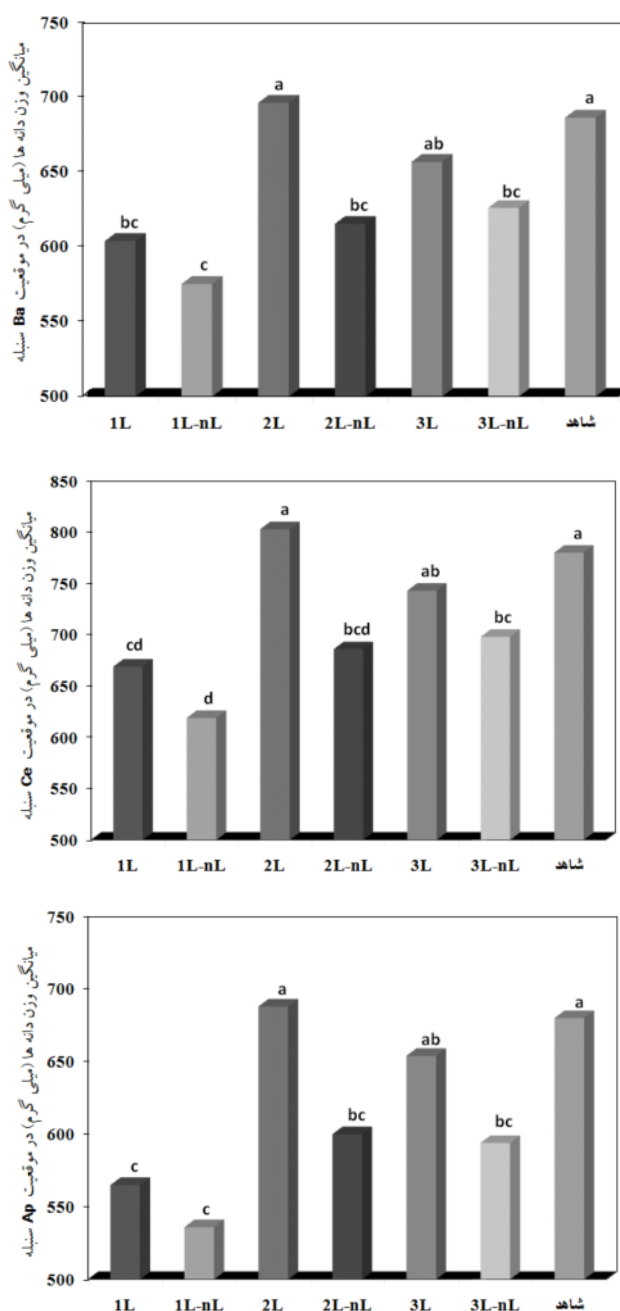
نتایج و بحث

میانگین وزن دانه‌ها در قسمت‌های مختلف سنبله

اثر رقم و حذف برگ بر وزن دانه‌ها در هر سه قسمت سنبله معنی‌دار شد، لیکن اثر متقابل رقم و حذف برگ بر روی میانگین وزن دانه‌ها در موقعیت‌های مختلف سنبله معنی‌دار نشد (جدول ۲). به عبارت دیگر، ارقام مختلف نسبت به سطوح مختلف فاکتور حذف برگ رفتار مشابهی داشته‌اند. همانطور که انتظار می‌رفت ارقام از نظر وزن دانه‌ها در قسمت‌های مختلف خوشه با توجه به اختلاف ژنتیکی آنها در ظرفیت تولید، متفاوت بودند و ارقام قدیم وزن دانه‌های کمتری در قسمت‌های مختلف خوشه نسبت به ارقام جدید داشتند. همچنین، وزن دانه در قسمت‌های مختلف سنبله در گیاهان شاهد متفاوت بود، به طوریکه قسمت انتهایی کمترین و قسمت وسطی بیشترین وزن دانه را داشتند. با اینکه وزن دانه‌ها در همه موقعیت‌های خوشه واکنش محسوس به تیمارهای کاهش قدرت مبدأ نشان دادند، اما واکنش دانه‌های واقع شده در قسمت‌های انتهایی سنبله نسبت به قسمت‌های پایینی و مرکزی سنبله بیشتر بود (شکل ۲). به نظر می‌رسد دانه‌های قسمت انتهایی سنبله به علت دورتر بودن از انشعابات اصلی ساقه و دسترسی کمتر به مواد پرورده نسبت به دیگر موقعیت‌های سنبله وابستگی بیشتری به مواد فتوسنتزی داشته‌اند و اولویت تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط محدودیت مبدأ، اختصاص این مواد به سنبلک‌های پایینی و وسطی است. در تأیید این نتایج Yin et al. (1998) گزارش کردند حذف یک دوم برگ‌ها در مرحله گرده‌افشانی در دو رقم دانه درشت و دانه ریز گندم زمستانه، اندازه دانه در سنبلک‌های وسطی سنبله را تغییر اندکی داد. در حالی که اندازه دانه در سنبلک‌های

نیز عملکرد دانه با محدودیت مقصد مواجه است (Kruk & Calderini, 1997; Reynolds et al., 2005, 2007; Fischer, 2008). بنابراین، با توجه به این نتایج چنین به نظر می‌رسد که در پژوهش‌های به نژادی برای افزایش پتانسیل تولید شاید بررسی عوامل موجود در سطح مقصد از اولویت زیادتری نسبت به عوامل موجود در سطح مبدأ برخوردار باشد.

انتهایی سنبله دیده می‌شود. بنابراین، ارقام جدید گندم در طی اصلاح در جهت حصول عملکرد بیشتر از درجه محدودیت مبدأ بالاتری نسبت به ارقام قدیم برخوردارند. به هر حال، اگرچه ارقام پرتولید در مقایسه با ارقام کم تولید واکنش بیشتری داشته‌اند، ولی حتی این ارقام نیز فقط به شدت‌های بالای کاهش قدرت مبدأ پاسخ دادند و این نتیجه بیانگر آن است که حتی در ارقام پرتولید



شکل ۲- مقایسات بین میانگین وزن دانه‌ها در قسمت‌های مختلف سنبله در واکنش به سطوح مختلف حذف برگ (شرح علائم اختصاری تیمارها در جدول شماره ۱) در گندم. ستون‌های با حروف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (دانکن، $P=0.05$). Ba, Ce, Ap به ترتیب قسمت پایینی، وسطی و انتهایی سنبله می‌باشند.

جدول ۳- درصد تغییرات میانگین وزن دانه ارقام مختلف در تیمار حذف برگ نسبت به تیمار عدم حذف برگ در مکان‌های مختلف سنبله در گندم

ارقام	Ba	Ce	Ap
امید	-۶/۱۷ ^{ns}	-۶/۵۶ ^{ns}	-۵/۳ ^{ns}
روشن	-۶/۸۳ ^{ns}	-۶/۳۴ ^{ns}	-۶/۶۱ ^{ns}
شعله	-۵/۸۱ ^{ns}	-۶/۶۷ ^{ns}	-۶/۵۶ ^{ns}
شهریار	۶/۵۷ ^{ns}	-۸/۷ ^{ns}	-۱۲/۱۳*
پیش‌تاز	-۱۴/۴۹*	-۷/۴۶ ^{ns}	-۲۴/۲۸*
چمران	-۸/۹ ^{ns}	-۱۶/۱۵*	-۳۲/۹۵**
سرداری	-۲/۳ ^{ns}	-۴/۳ ^{ns}	-۳/۴۱ ^{ns}

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد. Ap، Ba و Ce به ترتیب قسمت انتهایی، پایینی و وسطی سنبله.

بدست آمد که این همبستگی منفی در موقعیت G3 بسیار کمتر ($r = -0.45$) و در موقعیت G4 ناچیز بود. بنابراین، شاید یکی از دلایل بالاتر بودن وزن دانه در رقم سرداری نسبت به ارقامی مانند امید و شهریار به خصوص در موقعیت G1 و G2 سنبلک اختلاف زیاد در تعداد دانه آنها باشد.

تنوع زیادی بین وزن دانه در موقعیت‌های مختلف سنبلک وجود دارد و کاهش سطح برگ نیز ممکن است اثرات متفاوتی بر هر یک از آنها داشته باشد. تیمار حذف برگ وزن تک دانه را در موقعیت‌های G1، G2، G3 و G4 به ترتیب ۵/۲۶، ۳/۹۰، ۹/۸ و ۵/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد که از نظر آماری تنها در موقعیت G3 سنبلک معنی‌دار بود. لازم به ذکر است که در مورد G4 نتیجه‌گیری از درجه اطمینان پایین‌تری برخوردار است، چراکه در این موقعیت سنبلک در برخی گیاهان دانه تشکیل نشده بود.

میانگین وزن تک دانه در موقعیت‌های مختلف سنبلک

اثر متقابل رقم و حذف برگ بر وزن دانه در هیچ یک از موقعیت‌های مختلف دانه در سنبلک معنی‌دار نبود. بنابراین، واکنش ارقام مختلف کم تولید و پر تولید اصلاح شده برای مناطق سه گانه سرد، گرم و معتدل به سطوح مختلف حذف برگ یکسان بوده است. بین ارقام از نظر وزن دانه در قسمت‌های مختلف سنبلک اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). رقم دیم کم تولید سرداری در دو موقعیت G1 و G2 به ترتیب با میانگین وزن هر دانه ۵۳ و ۵۴/۴۸ میلی‌گرم سنگین‌ترین دانه‌ها را داشت و با اغلب واریته‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری داشت. برعکس، رقم کم تولید امید از ارقام مناطق سرد با میانگین وزن هر دانه ۳۸/۷۱ و ۳۷/۷۶ کمترین وزن دانه را در دو موقعیت مذکور داشت و بقیه ارقام بین این دو قرار داشتند. در این بررسی همبستگی منفی بسیار معنی‌داری بین تعداد دانه در خوشه و وزن دانه در موقعیت G1 ($r = -0.408$) و G2 ($r = -0.435$)

جدول ۴- مقایسات میانگین وزن تک دانه (میلی گرم) در ارقام مختلف گندم در موقعیت‌های مختلف سنبلک

ارقام	وزن دانه (میلی گرم)			
	G4	G3	G2	G1
امید	۲۲/۶۷c	۳۳/۷۱d	۳۷/۷۶e	۳۸/۷۱e
شهریار	۲۹/۹۵ab	۴۱/۲۳ab	۴۳d	۴۳/۳۳cd
روشن	-	۴۳/۹۰a	۵۱ab	۴۷/۸۰b
پیش‌تاز	۲۵/۵۶bc	۳۵/۷۱cd	۴۰/۷۶de	۴۰de
شعله	-	۳۸/۵۲bc	۴۴/۰۵cd	۴۲/۶۷cde
چمران	۳۲/۷۹a	۴۴/۱۴a	۴۷/۹۰bc	۴۶/۷۱bc
سرداری	-	۴۲/۳۳ab	۵۴/۴۸a	۵۳a

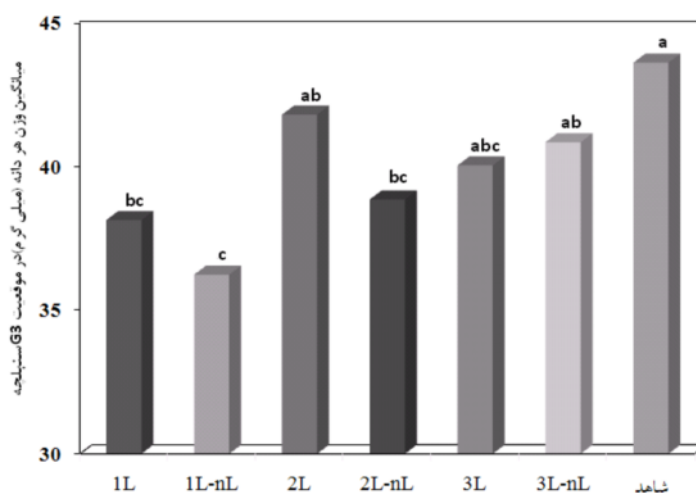
در هر ستون تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست (دانکن، $P=0.05$).

صورتی که، کاهش مبدأ تا حد ۲ و ۳ برگ از مرحله ساقه رفتن به بعد (2L و 3L) و شدید تر از آن، حذف برگ کامل تیمار 3L در ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی (3L-nL) اثر معنی‌داری بر روی وزن دانه‌ها نداشته است. به عبارت دیگر، کاهش قدرت مقصد در ازاء کاهش قدرت مبدأ بوسیله حذف برگ به مراتب کمتر بود. نتیجه فرعی دیگر این است که وزن کمتر دانه‌های G3 و G4 به علت رقابت آنها با دانه‌های G1 و G2 نیست بلکه ممکن است به علت نمو دیرتر گلچه آنها (Gonzalez et al., 2005) یا کوچکی ژنتیکی تخمدان آنها (Calderini et al., 2001) باشد.

تغییرات وزن ساقه اصلی در واکنش به تیمار حذف برگ
از آنجایی که انتقال مجدد مواد ذخیره شده پیش از دوره پرشدن دانه‌ها در ساقه‌ها و سایر قسمت‌های گیاه می‌تواند به عنوان یکی از عوامل مهم اثرگذار در پرشدن دانه‌ها مطرح باشد، به همین دلیل در این بررسی با اندازه‌گیری وزن ساقه‌های اصلی بدست آمده از هر واحد آزمایشی در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی در تیمارهای مختلف حذف برگ، به عنوان معیاری از برآورد میزان سهم مشارکت مواد فتوسنتزی ذخیره شده پیش از دوره گل‌دهی در پرشدن دانه‌ها و در مواجهه با سطوح مختلف محدودیت مبدأ بهره گرفته شد. اثر فاکتور رقم و حذف برگ بر روی وزن ساقه از نظر

همانطور که در شکل ۳ نیز نشان داده شده است بیشترین وزن دانه در موقعیت G3 مربوط به تیمار شاهد و پس از آن به ترتیب در تیمارهای 2L، 3L-nL و 3L بود. تیمارهای 1L-nL، 1L و 2L-nL به ترتیب با داشتن ۱۷، ۱۲/۵۴ و ۱۰/۸۹ درصد وزن دانه کمتر نسبت به شاهد بدون حذف برگ با آن اختلاف معنی‌دار داشتند. در هماهنگی با این نتایج، Yin et al. (1998) گزارش کردند اندازه دانه در موقعیت G3 نسبت به G1 و G2 حساسیت بالاتری به حذف منابع فتوسنتزی نشان داد. این حساسیت در تیمارهای حذف دانه نیز دیده شد و اندازه دانه در موقعیت‌های G3، G4 سنبلک در پاسخ به حذف سنبلک‌ها در مرحله گرده‌افشانی افزایش پیدا کرد. در حالیکه دانه‌های موجود در موقعیت‌های G1 و G2 از قاعده سنبلک هیچ واکنشی را نشان ندادند. اگرچه کاهش وزن دانه در اثر حذف برگ ممکن است محدودیت مبدأ در موقعیت G3 سنبلک نشان دهد، اما نتایج برخی مطالعات صورت گرفته با این تحلیل همخوانی ندارد.

به عنوان مثال، Acreche & Slafer (2006) گزارش کردند با حذف دانه‌های G1 و G2 درون یک سنبلک، وزن دانه‌های G3 و G4 افزایش نیافت. از طرفی در پژوهش حاضر نیز تنها در شدیدترین حالت‌های کاهش قدرت مبدأ واکنش منفی وزن دانه‌ها را داشته‌ایم. در



شکل ۳- تغییرات وزن دانه در موقعیت G3 سنبلک در واکنش به سطوح مختلف حذف برگ (شرح علائم اختصاری تیمارها در جدول ۱). تفاوت بین میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند معنی‌دار نیست (دانکن، $P=0.05$).

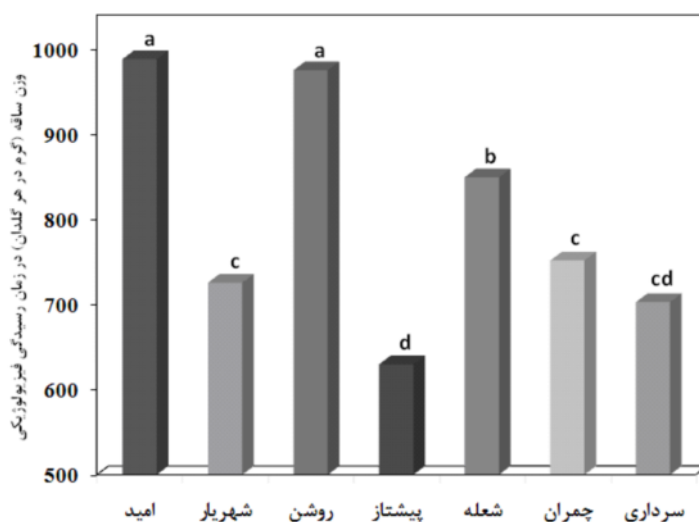
آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌کنید هر چه شدت اعمال حذف برگ شدیدتر شده و گیاه با محدودیت مبدأ بیشتری مواجه شده است، وزن ساقه‌ها بیشتر کاهش یافته است، به طوری که شدیدترین تیمار حذف برگ (1L-nL) بیشترین درصد کاهش (۲۹/۳۱٪) را در مقایسه با شاهد، و تقریباً در تمام ارقام مورد بررسی نشان داده است. برعکس، تیمار 3L که خفیف‌ترین شدت حذف برگ بود از نظر وزن ساقه کمترین اختلاف را با شاهد بدون حذف برگ داشت و از این نظر اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. به عبارت دیگر، هرچه شدت اعمال تیمار حذف برگ شدیدتر شده به همان نسبت وزن ساقه نیز بیشتر کاهش یافته است. این نتایج با نتایج به دست آمده سایر محققین

آماري بسیار معنی‌دار شد. در صورتی که، اثر متقابل رقم و حذف برگ از نظر آماری معنی‌دار نشد و ارقام مختلف مورد بررسی واکنش مشابهی به تیمارهای حذف برگ نشان دادند. تفاوت‌های ارقام از نظر وزن ساقه بیشتر به اختلاف ژنتیکی ارقام از نظر طول ساقه مربوط می‌شد. به عنوان مثال، رقم امید و روشن که از ارقام پابلند هستند بیشترین وزن ساقه را داشتند. برعکس، رقم پیشتاز و شهریار از ارقام پاکوتاه کمترین وزن ساقه را داشتند. از آنجایی که در مسیر تولید ارقام جدید طول ساقه کاهش یافته است، ارقام جدید مورد استفاده در این بررسی نیز وزن ساقه کمتری نسبت به ارقام قدیم داشتند (شکل ۴). نتایج جالب توجهی از مقایسه واکنش وزن ساقه به سطوح مختلف حذف برگ بدست آمد که در جدول ۴

جدول ۴- درصد تغییرات وزن ساقه ارقام مختلف گندم در تیمارهای مختلف حذف برگ نسبت به تیمار عدم حذف برگ

ارقام	وزن ساقه شاهد (گرم در هر کرت)	1L-nL	1L	2L-nL	2L	3L-nL	3L
امید	۱۰/۹	-۲۲/۵۷*	-۱۴ ^{ns}	-۱۵/۷۷ ^{ns}	-۱۶/۷۸ ^{ns}	-۶/۵ ^{ns}	+۱/۸۳ ^{ns}
شهریار	۱۰/۷۰	-۳۳/۵۵	-۲۲/۸۹*	-۳۱/۴۹**	-۱۶/۳۵ ^{ns}	-۲۸/۰۲*	-۸/۸۷ ^{ns}
روشن	۱۰/۸۶	-۳۷/۳۷**	-۳۵/۳۲**	-۲۰/۳۲ ^{ns}	-۹/۷۶ ^{ns}	-۱۷/۵۰ ^{ns}	-۴/۳۹ ^{ns}
پیشتاز	۷/۲۲	-۲۵*	-۱۹/۸۶*	-۲۷/۲*	-۹/۷ ^{ns}	-۱۹/۶۹ ^{ns}	-۱۰/۴۹ ^{ns}
شعله	۸/۷۴	-۳۰/۵۹**	-۳۵/۲۵**	-۲۵/۵۴*	-۲۰/۲۶*	-۱۶/۲۸ ^{ns}	+۰/۳۹ ^{ns}
چمران	۸/۴۶	-۲۲/۲۸*	-۲۱/۱۸*	-۱۶/۶۴ ^{ns}	-۶/۹۰ ^{ns}	-۱۶/۱۸ ^{ns}	-۸/۴۳ ^{ns}
سرداری	۹/۴۳	-۴۲/۴۳**	-۳۷/۴۴**	-۴۰/۱۳**	-۳۵/۷۴**	-۲۹/۲۸*	-۱۵/۸۴ ^{ns}
میانگین کل	۹/۴۷	-۲۹/۳۱**	-۲۷/۳۲**	-۲۵/۲۹**	-۱۶/۴۹*	-۱۸/۹۲*	-۶/۵ ^{ns}

ns، * و ** بترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.



شکل ۴- مقایسه میانگین وزن ساقه‌های اصلی ارقام مختلف گندم

ستون‌های حداقل با یک حرف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.

به تیمارهای حذف برگ نشان داد، که از این نظر واکنش دانه‌های واقع شده در قسمت‌های انتهایی سنبله نسبت به قسمت‌های پایینی و مرکزی سنبله شدیدتر بود. تیمارهای 2L و 3L در هیچ یک از موقعیت‌های مختلف سنبله تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد بدون حذف برگ نداشتند. بنابراین، باقی گذاشتن ۲ یا ۳ برگ بالایی از مرحله ساقه رفتن به بعد توانسته است نیاز به مواد فتوسنتزی دانه‌ها در تمام قسمت‌های سنبله را در طول پرشدن دانه تأمین کند. با توجه به نتایج این بررسی، به نظر می‌رسد یکی از دلایل این عدم تغییرپذیری وزن دانه‌ها، با وجود کاهش بسیار بالای ظرفیت مبدأ، مشارکت بالای مواد ذخیره شده در سایر قسمت‌های گیاه به ویژه ساقه‌ها در پرشدن دانه‌ها بوده است. وزن تک دانه تنها در موقعیت G3 سنبلک به تیمار حذف برگ واکنش نشان داد، که این واکنش تنها در شدیدترین سطوح کاهش مبدأ مشاهده شد. از آنجائی که تنها در شدیدترین حالت‌های کاهش قدرت مبدأ واکنش منفی وزن دانه‌ها مشاهده شد، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش قدرت مقصد در ازاء کاهش قدرت مبدأ به وسیله حذف برگ به مراتب کمتر بوده است.

(Austin et al., 1977; Kiniry et al., 1992) مبنی بر اینکه بازده گندم در استفاده از مواد فتوسنتزی ذخیره شده قبل از گلدهی در دانه ۰/۶۸-۰/۷۸ گرم از هر گرم مواد فتوسنتزی ذخیره شده است، کاملاً همخوانی دارد و همچنین با این گفته که در مواجهه با تغییرات مبدأ-مقصد دانه‌های گندم به علت پتانسیل بالای آن در استفاده از مواد ذخیره شده پیش از گلدهی، درجه بالایی از هموستازی (عدم تغییر) را در وزن خشک خود نشان می‌دهند (Borras et al., 2004)، موافق است.

جمع‌بندی نتایج

اثر متقابل رقم و حذف برگ بر وزن دانه در هیچ یک از موقعیت‌های مختلف دانه در سنبله و سنبلک معنی‌دار نشد. بنابراین، واکنش ارقام مختلف مورد بررسی به سطوح مختلف حذف برگ یکسان بوده است. علیرغم معنی‌دار نشدن اثر متقابل، مقایسات گروهی واکنش شدیدتر ارقام پر تولید را نسبت به ارقام کم تولید نشان داد. به هر حال، حتی این ارقام نیز فقط به شدت‌های بالای کاهش قدرت مبدأ پاسخ منفی نشان دادند و این نتیجه بیانگر آن است که حتی در ارقام پر تولید نیز عملکرد دانه با محدودیت مقصد مواجه است. وزن دانه در همه موقعیت‌های خوشه واکنش محسوسی

REFERENCES

1. Acreche, M. & Slafer, G. A. (2006). Grain weight response to increases in number of grains in wheat in a Mediterranean area. *Field Crops Res*, 98, 52-59.
2. Ahmadi, A. & Judi, M. (2007). Effects of timing & defoliation intensity on growth, yield & gas exchange rate of wheat grown under well-watered & drought conditions. *Pakistan J Biol Sci*, 10(21), 3794-3800.
3. Austin, R.B., Edrich, J.A., Ford M. A. & Blackwell, R. D. (1977). The fate of dry matter, carbohydrates & ^{14}C lost from the leaves & stems of wheat during grain filling. *Ann Bot*, 41, 1309-1321.
4. Borra's, L., Slafer, G. A. & Otegui, M. E. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize & soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Res*, 86, 131-146.
5. Calderini, D. F., Reynolds, M. P. & Slafer, G. A. (2006). Source-sink effects on gain weight of bread wheat, durum wheat, & triticale at different locations. *Australian J Agric Res*, 57, 227-233.
6. Calderini, D. F., Savin, R., Abeledo, L. G., Reynolds, M. P. & Slafer, G. A. (2001). The importance of the period immediately preceding anthesis for grain weight determination in wheat. *Euphytica*, 119, 199-204.
7. Cartelle J., Pedro, A. Savin, R. & Slafer, G. A. (2006). Grain weight responses to post-anthesis spikelet-trimming in old & modern wheat under Mediterranean conditions. *Europ J Agronomy*, 25, 365-371.
8. Cruz-Aguado, J. A., Reyes, F., Rodes, R., Perez I. & Dorado, M. (1999). Effect of source-to-sink ratio on partitioning of dry matter & ^{14}C -photoassimilates in wheat during grain filling. *Ann of Bot*, 83, 655-665.
9. Esmail Pur, M. (2007). *Response of tow wheat cultivars to source size modification: interaction of cultivars and plant density under water stress and non stress condition*. M. Sc. thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj. (In Farsi).
10. Fischer, R. A. (2008). The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair & Jamieson. *Field Crops Res*, 105, 15-21.
11. Gonzalez, F. G., Slafer, G. A. & Miralles, D. J. (2005). Floret development & survival in wheat plants exposed to contrasting photoperiod & radiation environments during stem elongation. *Funct Plant Biol*,

- 32, 189–197.
12. Jan Mohamadi, M. (2006). *Effect of defoliation on yield and dry matter remobilization under various moisture and nitrogen regimes in bread wheat*. M. Sc. thesis. College of Agriculture, University of Tehran, Karaj. (In Farsi).
 13. Kiniry, J. R., Tischler, C. R., Rosenthal, W. D. & Gerik, T. J. (1992). Nonstructural carbohydrate utilization by sorghum & maize shaded during grain growth. *Crop Sci*, 32, 131–137.
 14. Kruk, B. C. & Calderini, D. F. (1997). Grain weight in wheat cultivars released from 1919 to 1920 as affected by post-anthesis defoliation. *J Agric Sci*, 128, 273–281.
 15. Reynolds, M. P., Pellegrineschi, A. & Skovm, B. (2005). Sink-limitation to yield & biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Annals Applied Biol*, 146, 39–49.
 16. Reynolds, M., Calderini, D. Condon, A. & Vargas, M. (2007). Association of source/sink traits with yield, biomass & radiation use efficiency among random sister lines from three wheat crosses in a high-yield environment. *J Agric Sci*, 145, 3–16.
 17. Slafer, G. A. & Savin, R. (1994). Source-sink relationships & grain mass at different positions within the spike in wheat. *Field Crops Res*, 37, 39–49.
 18. Yin, Y., Wang, Z. He, M. Fu, J. & Lu, S. (1998). Post anthesis allocation of photosynthates & grain growth in wheat cultivars as affected by source-sink change. *Biol Plantarum*, 41(2), 203–206.
 19. Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res*, 14, 415–421.