

## اثر محدودیت منبع و مخزن بر صفات زراعی و عملکرد دانه لاین های مختلف

برنج (*Oryza sativa* L.)

مرتضی مبلغی، استادیار گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران  
نوراله خیری\*، دانشجوی دکتری گروه زراعت، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران  
صالح حاتمی، دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران  
علی محدثی، محقق ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن

### چکیده

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات برنج چپرس در استان مازندران اجرا گردید. عامل های آزمایش شامل اعمال محدودیت های منبع و مخزن در چهار سطح (قطع برگ پرچم، قطع یک سوم خوشه، قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم و شاهد) و لاین های برنج در چهار سطح (لاین های ۳، ۶، ۷ و ۸) بودند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد تیمار محدودیت منبع و مخزن به جز تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد کل دانه در خوشه و وزن هزار دانه بر سایر صفات زراعی اثر معنی داری داشت. لاین های مختلف برنج در تمام صفات زراعی و عملکرد دانه دارای اختلاف معنی داری بودند. همچنین اثر متقابل دو عامل تنها بر تعداد دانه پر در خوشه و عملکرد دانه ( $p < 0/05$ ) معنی دار بود. در بین لاین های مختلف، لاین شماره هفت بیشترین وزن هزار دانه و لاین شماره هشت حداکثر میزان باروری خوشه را به خود اختصاص داد. بیشترین میزان طول خوشه، تعداد پنجه بارور در بوته و تعداد دانه پوک در خوشه در لاین شماره سه و بیشترین تعداد کل دانه در خوشه در لاین شماره شش مشاهده شد. با قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم، طول خوشه و تعداد دانه پوک در خوشه افزایش و درصد باروری خوشه کاهش یافت. مقایسه میانگین اثرات متقابل دو عامل نشان داد که لاین شماره هفت و تیمار شاهد با میانگین عملکرد ۶۵۳۱ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد و لاین شماره شش و تیمار قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم با میانگین ۴۱۶۶/۳ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را دارا بودند. به طور کلی می توان نتیجه گرفت که بین لاین ها، لاین شماره هفت دارای محدودیت مخزن و سایر لاین ها (۳، ۶، ۸) دارای محدودیت منبع بودند.

واژه های کلیدی: برنج، برگ پرچم، عملکرد دانه، لاین، محدودیت منبع و مخزن

\* نویسنده مسئول: E-mail: norollah.kheyri@yahoo.com

## مقدمه

یکی از مسائل اساسی در فیزیولوژی عملکرد، مقایسه ظرفیت تولید مواد فتوسنتزی و ظرفیت پذیرش مخزن به عنوان عوامل محدود کننده افزایش بیشتر عملکرد می باشد. محدودیت عملکرد توسط منبع و مخزن نشان می دهد که منبع و مخزن دارای ماهیت مستقل نیستند و تحت تأثیر روابط بین محل های تولید و مصرف مواد فتوسنتزی قرار می گیرد. هر عاملی که فتوسنتز را افزایش دهد موجب افزایش سرعت انتقال مواد فتوسنتزی نیز می شود (۱۷). منبع محصول آن قسمتی است که قدرت گیاه را برای جذب انرژی نورانی (اندازه برگ و تمرکز کلروپلاست در برگ) تعیین می کند. اجزای مخزن شامل بعضی عوامل مثل تعداد خوشه های تولید شده و تعداد و اندازه گلچه ها در هر خوشه می شود. در صورت عدم تعادل بین این دو، عملکرد کاهش می یابد که این بدان معنی است که موازنه صحیح بین منبع و مخزن عامل مهم دستیابی به عملکردهای مطلوب خواهد بود (۳).

تشخیص محدودیت منبع یا مخزن همواره امکان پذیر نمی باشد. گاهی به طور تجربی به وسیله تغییر در منبع یا مخزن می توان محدودیت را تشخیص داد. به عنوان مثال چنان چه منبع کاهش داده شود (مثلاً حذف برگ ها) و عملکرد تغییر پیدا نکند، محدودیت مخزن وجود دارد. در صورت تغییر تعداد محل های زایشی (مثلاً حذف یک سوم انتهایی خوشه) و عدم تغییر عملکرد، محدودیت منبع وجود دارد (۱۶). کاهش اندازه مخزن از طریق حذف سنبلچه ها اثرات افزایشی بر میانگین وزن دانه خواهد داشت (۷)، در حالی که با حذف منبع (قطع تمامی برگ ها یا قطع برگ پرچم) وزن هزار دانه به طور معنی داری کاهش می یابد (۱۳).

یکی از مهمترین عامل ها در تعیین میزان فتوسنتز و همچنین تأمین آسیمیلات برای خوشه، سطح برگ پرچم می باشد (۱۴). حذف برگ پرچم در مرحله گلدهی و ۸ روز پس از گلدهی موجب کاهش معنی دار وزن دانه شد (۲۱). بررسی های انجام شده توسط افخمی قادی و همکاران (۱۳۹۰) بر عملکرد ژنوتیپ های مختلف برنج در شرایط اعمال محدودیت نشان داد که ژنوتیپ های مورد مطالعه دارای محدودیت منبع و مخزن بودند ولی قابلیت لازم برای افزایش عملکرد را دارا بودند، به گونه ای که با حفظ دوام سطح برگ های ژنوتیپ ها از طریق مبارزه با آفات و بیماری ها می توانند سبب رفع محدودیت منبع و با افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه، محدودیت مخزن را جبران نمایند. تیموریان و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی اثرات محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد ژنوتیپ های مختلف برنج گزارش نمودند که با اعمال محدودیت قطع کل برگ های فعال گیاه به جز برگ پرچم علاوه بر کاهش ۲۷ درصدی عملکرد نسبت به شاهد (عدم اعمال محدودیت)، صفات درصد باروری خوشه، وزن هزار دانه، تعداد کل دانه و دانه های پر در خوشه کاهش و تعداد دانه پوک در خوشه افزایش یافتند. همچنین، نیک نژاد و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی واکنش ارقام بومی و اصلاح شده برنج نسبت به محدودیت منبع و مخزن

اظهار داشتند که رقم بومی طارم دارای محدودیت مخزن و ارقام جدید ندا، فجر و شفق دارای محدودیت منبع می باشند. این محققین معتقد بودند که جهت حصول حداکثر عملکرد دانه در این ارقام باید این مسئله را در نظر گرفت که محدودیت منبع به هر شکلی از قبیل تنش های محیطی نظیر خشکی یا بیماری سوختگی غلاف می تواند به کاهش شدید عملکرد این ارقام منجر شود و از طرف دیگر حفظ برگ های این ارقام با استفاده از روش های مختلف نظیر محلول پاشی عناصر غذایی در اواخر رشد می تواند افزایش عملکرد قابل توجهی را به همراه داشته باشد. عملکرد دانه به طور کاملاً مشخصی به تعداد دانه در متر مربع مرتبط می باشد و میانگین وزن دانه در تیمارهایی که با حذف بخشی از گیاه، تابش دریافتی به میزان ۷۵٪ در کل کانوپی کاهش می یابد کمتر از حذف تنها برگ های گیاه می باشد (۱۸). ژانگ و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی ارقام مختلف گندم اظهار داشتند که حذف بخشی از خوشه سبب افزایش میزان فتوسنتز خالص برگ پرچم در ارقام دارای محدودیت منبع گردید اما اثر معنی داری بر ارقام دارای محدودیت مخزن نداشت. همچنین، این محققین افزودند که با تیمار حذف نیمی از سنبلچه ها، مقدار فتوسنتز برگ پرچم کاهش یافت.

گروه دیگری از پژوهشگران (۱۲) با بررسی تیمارهای مختلف محدودیت بر عملکرد گندم عنوان نمودند که با حذف تمام برگ های گیاه در مرحله گلدهی، عملکرد دانه به میزان ۴۳/۹٪ نسبت به شاهد یا عدم اعمال محدودیت کاهش یافت. نتایج به دست آمده به وسیله نوری و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داده که قطع تمامی برگ ها سبب کاهش شدیدتر عملکرد خوشه اصلی، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه نسبت به قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم می گردد. از طرفی دیگر گزارش شده که با اعمال تیمار قطع خوشه چه، کاهش معنی داری در تعداد دانه در خوشه، میزان ماده خشک و عملکرد دانه گندم در مقایسه با سایر تیمارهای محدودیت و شاهد مشاهده گردید (۹). محققان دریافته اند که با کاهش مخزن از طریق حذف ۵۰٪ از خوشه های گندم، تعداد دانه در خوشه به میزان ۳۸/۵٪ کاهش ولی وزن تک دانه به مقدار ۱۲٪ افزایش یافت (۱۳). این پژوهش به منظور بررسی واکنش لاین های مختلف برنج به تیمارهای محدودیت منبع و مخزن اجرا شد.

## مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات برنج چپرسر واقع در استان مازندران (شهرستان تنکابن) اجرا گردید. منطقه با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۲۰- متری از سطح دریا قرار دارد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی با ۴ تکرار در کرت هایی به ابعاد ۴×۳ متر اجرا گردید. عامل های آزمایش شامل اعمال محدودیت های منبع و مخزن در چهار سطح (قطع برگ پرچم، قطع یک سوم خوشه، قطع سایر

برگ‌ها به جز برگ پرچم و شاهد) و عامل لاین در چهار سطح (لاین های ۳، ۶، ۷ و ۸) بودند. مشخصات لاین‌های آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات لاین‌های مورد استفاده در آزمایش

لاین ۳	رقم ۴۷ از (A ۳۷۶۳۲) X I R ۶۷۰۱۵/۲۲/۶/۲ (آمل ۳ × ۳)
لاین ۶	رقم ۱۲۶ از (A ۳۷۶۳۲) X I R ۶۷۰۱۵/۲۲/۶/۲ (آمل ۳ × ۳)
لاین ۷	رقم ۳۹ از (A ۳۷۶۳۲) X I R ۶۷۰۱۵/۲۲/۶/۲ (آمل ۳ × ۳)
لاین ۸	رقم ۸۴۳ از (A ۳۷۶۳۲) X I R ۶۷۰۱۵/۲۲/۶/۲ (آمل ۳ × ۳)

قبل از کاشت از عمق صفر تا ۲۰ سانتی متری خاک نمونه برداری شده که نتایج آنالیز آن در جدول ۲ ارائه گردیده است. بر همین اساس کود فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از نشاکاری به زمین داده شد.

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق ۰-۳۰ سانتی متری محل انجام آزمایش

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	pH	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	رس سیلت شن (درصد)
رس سیلتی	۱/۴۲	۷	۳/۸۸	۰/۲۶	۱/۰۵	۱۱۲	۴۳/۹۴ ۴۴/۹۸ ۱۱/۰۸

شخم اول زمین مورد آزمایش در اوایل دی ماه، شخم دوم آن در ۱۵ روز قبل از نشاکاری و عملیات شخم سوم و تسطیح زمین حدود ۳ روز قبل از نشاکاری انجام گردید. نشاکاری زمانی که نشاها در مرحله ۵-۴ برگی بودند با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی متر و به تعداد ۳-۵ نشا در کپه انجام شد. کود نیتروژن نیز به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در طی سه مرحله (۵۰٪ در زمان نشاکاری، ۲۵٪ در مرحله پنجه زنی و ۲۵٪ در شروع خوشه دهی) با توجه به نتایج آزمون خاک در هر یک از کرت‌های آزمایشی به طور یکنواخت توزیع گردید. برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی در دو مرحله (۱۵ و ۳۰ روز پس از نشاکاری) انجام شد. جهت مبارزه با کرم ساقه خوار برنج از سم دیازینون (گرانول ۰.۵٪) طی دو مرحله استفاده گردید. در هنگام ظهور خوشه، اعمال تیمارهای مورد نظر (محدودیت‌های منبع و مخزن) روی لاین‌ها صورت گرفت. قبل از برداشت محصول و در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، صفات طول خوشه و تعداد پنجه بارور در بوته با اندازه‌گیری و شمارش از ۱۲ بوته و تعداد کل دانه، تعداد دانه‌های پر و پوک در خوشه و وزن هزار دانه با شمارش ۱۵ خوشه در هر کرت تعیین شد. جهت تعیین عملکرد دانه (شلتوک)، دو متر مربع از وسط هر کرت آزمایشی را کف‌بر نموده و پس از جدا کردن دانه از کاه و کلش، برای مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار داده و سپس عملکرد دانه

بر اساس رطوبت ۱۴٪ محاسبه گردید. در نهایت، داده‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS، تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### طول خوشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که صفت طول خوشه تحت تأثیر لاین‌های برنج ( $p < 0/05$ ) و تیمار محدودیت منبع و مخزن ( $p < 0/01$ ) معنی دار گردید ولی تحت تأثیر اثر متقابل دو عامل قرار نگرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده لاین نشان داد که بیشترین طول خوشه با میانگین ۲۹/۷ سانتی‌متر متعلق به لاین ۳ بود، هر چند که با لاین‌های ۶ و ۸ تفاوت آماری معنی داری نداشت. کمترین میزان طول خوشه نیز با ۴/۷٪ کاهش نسبت به بلندترین طول خوشه در لاین ۷ مشاهده گردید. اختلاف در طول خوشه ارقام مختلف به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی ارقام می‌باشد (۶). تحت تأثیر اثرات اصلی محدودیت منبع و مخزن، بیشترین طول خوشه با میانگین ۳۰/۲ سانتی‌متر از تیمار قطع سایر برگ‌ها به جز برگ پرچم به‌دست آمد در حالی که با تیمارهای قطع برگ پرچم و شاهد در یک گروه آماری قرار گرفت. با تیمار قطع یک‌سوم خوشه، کمترین میزان طول خوشه (۲۵/۹ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۴)، که با نتایج تیموریان و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد. بررسی‌های به‌دست آمده توسط افخمی قادی و همکاران (۱۳۹۰) نیز نشان داد که با قطع یک‌سوم انتهای خوشه، طول خوشه به میزان ۶/۲ سانتی‌متر در مقایسه با شاهد کاهش یافت.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول خوشه	تعداد پنجه بارور در بوته	تعداد کل دانه در خوشه	تعداد دانه پر در خوشه	تعداد دانه پوک در خوشه	درصد باروری خوشه	وزن عملکرد دانه	عملکرد دانه
تکرار	۳	۲/۴۵	۱۲/۵۳	۶۰۳/۹۷	۶۳۷/۰۸	۹۹۳/۹۶	۱۰۵/۱۳	۴/۷۰	۲۳۱۳۶۳۶/۴۲
محدودیت‌ها (A)	۳	۶۶/۲۹**	۲/۴۹ <sup>ns</sup>	۴۵۲/۶۶ <sup>ns</sup>	۱۶۹۶/۳۸**	۲۷۸۱/۸۶**	۷۹۸/۳۴**	۰/۷۴ <sup>ns</sup>	۳۸۱۳۹۱۰/۸**
لاین (B)	۳	۵/۲۴*	۸۶/۱۰**	۱۸۸۹۴/۵۳**	۳۷۹۷/۵۴**	۶۵۲۲/۶۰**	۱۵۵۳/۰۹**	۹۳/۲۲**	۲۷۲۸۳۹۳۵**
اثر متقابل A×B	۹	۱/۰۹ <sup>ns</sup>	۲/۱ <sup>ns</sup>	۳۷۰/۲۸ <sup>ns</sup>	۴۸۸/۳۷*	۳۶۳/۲۶ <sup>ns</sup>	۵۷/۸۷ <sup>ns</sup>	۱/۸۴ <sup>ns</sup>	۹۷۶۲۲۲/۰۷*
خطا	۴۵	۱/۳۲	۳/۹۰	۲۷۵/۸۷	۱۹۸/۵۷	۳۰۸/۶۱	۵۲/۵۵	۲/۴۶	۳۷۸۲۴۵/۶۴
ضریب تغییرات (%)		۳/۹۷	۱۰/۷۵	۹/۸۰	۱۱/۵۸	۳۴/۱۱	۹/۸۷	۵/۲۶	۱۱/۲۷

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

### تعداد پنجه بارور در بوته

تعداد پنجه بارور در بوته تحت تأثیر لاین‌های مختلف برنج ( $p < 0/01$ ) قرار گرفت ولی تحت اثرات تیمار محدودیت منبع و مخزن و همچنین اثر متقابل دو عامل معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد پنجه بارور در بوته با میانگین  $21/4$  عدد پنجه مربوط به لاین ۳ بود که با لاین ۸ اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان صفت مذکور نیز با حدود  $25/7\%$  کاهش متعلق به لاین ۶ بود (جدول ۴). در نتایج مشابه، سایر محققان گزارش نمودند که ارقام مختلف آزمایش از نظر صفت تعداد پنجه بارور دارای تفاوت معنی‌داری بودند ولی صفت مذکور تحت تأثیر تیمارهای محدودیت منبع و مخزن قرار نگرفت (۴، ۶ و ۸).

### تعداد کل دانه در خوشه

اثر لاین‌های مختلف برنج بر تعداد کل دانه در خوشه ( $p < 0/01$ ) معنی‌دار بود ولی صفت یاد شده تحت تأثیر تیمار محدودیت منبع و مخزن و همچنین اثر متقابل دو عامل قرار نگرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر لاین نشان داد که بین لاین‌های مختلف برنج تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بیشترین تعداد کل دانه در خوشه با میانگین  $210/9$  دانه در خوشه مربوط به لاین ۶ بود که درصد دانه پوک بالایی نیز داشت. کمترین تعداد دانه در خوشه نیز با میانگین  $133/9$  دانه در لاین ۸ مشاهده شد که با لاین ۷ ( $143/3$  دانه) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). تفاوت تعداد کل دانه در خوشه در ارقام برنج به دلیل اختلاف ژنتیکی بین ارقام می‌باشد که بستگی به طول دوره رشد و ارتفاع گیاه دارد (۲۲). مشابه نتایج این پژوهش، مهدوی و همکاران (۱۳۸۴) گزارش دادند که رقم دشت مورد استفاده در آزمایش بیشترین تعداد دانه در خوشه را داشت ولی درصد دانه پوک آن نیز نسبتاً بالا بود که دلیل آن را محدودیت منبع در این رقم و پر نشدن تمام مخزن عنوان نمودند.

### تعداد دانه پر در خوشه

تعداد دانه پر در خوشه تحت تأثیر لاین‌های مختلف برنج، تیمار محدودیت منبع و مخزن ( $p < 0/01$ ) و همچنین اثر متقابل دو عامل ( $p < 0/05$ ) قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد دانه پر در خوشه با میانگین  $171/7$  در لاین ۶ و تیمار عدم محدودیت منبع و مخزن یا شاهد مشاهده شد، اگرچه با همین لاین و تیمار قطع یک‌سوم خوشه ( $159/1$  دانه) اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین تعداد دانه پر در خوشه نیز به ترتیب با میانگین‌های  $103/1$  و  $103/8$  مربوط به لاین‌های ۷ و ۸ با قطع سایر برگ‌ها به جز برگ پرچم حاصل شد (جدول ۵). قطع برگ‌ها و عدم انتقال شیره پرورده از منبع به مخزن سبب کاهش تعداد دانه پر در خوشه گردید. گزارشات حاکی از آن است که

حذف منبع (برگ یا غلاف برگ) از طریق کمبود تولید مواد فتوسنتزی و همچنین کاهش توانایی انتقال آسیمیلات‌ها از برگ به خوشه سبب کاهش تعداد دانه‌های پر در خوشه و عملکرد دانه برنج می‌گردد (۱۰). محققان دریافتند که با اعمال تیمار قطع یک‌سوم خوشه، درصد خوشه‌چه‌های پر شده (۶۲/۲٪) افزایش و با حذف برگ پرچم، از درصد خوشه‌چه پر (۵۵/۶) کاسته گردید (صادقی و همکاران، ۱۳۹۴). نتایج به‌دست آمده توسط تیموریان و همکاران (۱۳۸۸) نیز نشان داد که اعمال تیمار محدودیت قطع برگ‌ها به جز برگ پرچم و قطع برگ پرچم در مقایسه با شاهد به ترتیب سبب کاهش ۲/۳ و ۲/۵ درصدی تعداد دانه پر در خوشه می‌گردد.

گزارش شده که با اعمال تیمار قطع ۵۰٪ برگ پرچم، درصد دانه پر در خوشه به طور معنی‌داری در مقایسه با تیمارهای شاهد، حذف ۲۵ و ۵۰٪ سنبلچه کاهش یافت (۱۹).

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارها بر صفات اندازه‌گیری شده

صفات تیمار	طول خوشه (سانتی‌متر)	باروری خوشه (درصد)	تعداد دانه پوک در خوشه	تعداد پنجه بارور در بوته	تعداد کل دانه در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)	میانگین	
							شماره	حرف
قطع برگ پرچم	۳۰/۰a	۷۰/۳b	۵۷/۴a	—	—	—	میانگین	شماره ۳
قطع یک‌سوم خوشه	۲۵/۹b	۷۹/۴a	۳۸/۱b	—	—	—		
قطع سایر برگ‌ها به جز برگ پرچم	۳۰/۲a	۶۵/۰c	۶۷/۰a	—	—	—		
شاهد	۲۹/۹a	۷۹/۲a	۴۸/۴b	—	—	—		
شماره ۳	۲۹/۷a	۶۱/۹c	۷۱/۵a	۲۱/۴a	۱۸۴/۷b	۲۷/۶c	میانگین	شماره ۶
شماره ۶	۲۹/۱ab	۶۸/۸b	۶۶/۲a	۱۵/۹d	۲۱۰/۹a	۲۹/۳b		
شماره ۷	۲۸/۳b	۸۰/۰a	۳۳/۰b	۱۷/۵c	۱۴۳/۳c	۳۳/۳a		
شماره ۸	۲۸/۹ab	۸۳/۲a	۳۵/۲b	۱۸/۷b	۱۳۹/۳c	۲۹/۰b		

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون در سطح ۰/۰۵ فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند

### تعداد دانه پوک در خوشه

صفت تعداد دانه پوک در خوشه تحت تأثیر تیمار لاین‌های مختلف برنج و محدودیت منبع و مخزن ( $p < 0/01$ ) قرار گرفت ولی تحت تأثیر اثر متقابل لاین و محدودیت معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات لاین نشان داد که بیشترین تعداد دانه پوک در خوشه با میانگین ۷۱/۵ دانه پوک مربوط به لاین ۳ بود که با لاین ۶ (۶۶/۲ دانه پوک) در یک گروه آماری قرار گرفت. کمترین میزان صفت فوق نیز با میانگین ۳۳ عدد دانه پوک مربوط به لاین ۷ بود که با لاین ۸ (۳۵/۲ عدد دانه پوک) اختلاف آماری معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). نتایج نشان داد که تیمارهای قطع سایر برگ‌ها به جز برگ پرچم و برگ پرچم با میانگین‌های ۶۷ و ۵۷/۴ دانه پوک در خوشه، بیشترین میزان این صفت را به خود اختصاص

دادند که به دلیل حذف قسمت عمده‌ای از اندام‌های فتوستتیز کننده بود که در اثر آن مواد پرورده کافی برای پر کردن همه دانه‌ها وجود نداشت و موجب پوک شدن تعداد بیشتری از دانه‌ها گردید. کمترین تعداد دانه پوک در خوشه نیز در تیمار قطع یک‌سوم خوشه (۳۸/۱ دانه پوک) به دست آمد که به دلیل حذف بخشی از مخزن، توان بیشتری برای پر کردن دانه داشت، اگرچه با تیمار شاهد (عدم اعمال محدودیت) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). در نتایجی مشابه، افخمی‌قادی و همکاران (۱۳۹۰) بیان نمودند که بیشترین تعداد دانه پوک (۳۵ عدد) در ژنوتیپ جلودار و تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم مشاهده شد و همچنین ژنوتیپ جهش در تیمار قطع یک‌سوم انتهایی خوشه کمترین تعداد دانه پوک در خوشه (۵/۴ عدد) را دارا بود. سایر محققان (۲، ۴ و ۶) نیز نتایج کاملاً مشابهی را در مورد سایر ژنوتیپ‌های برنج گزارش نمودند.

### درصد باروری خوشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که صفت درصد باروری خوشه تحت تأثیر لاین‌های برنج و تیمار محدودیت منبع و مخزن ( $p < 0.01$ ) معنی‌دار گردید ولی تحت تأثیر اثر متقابل لاین در محدودیت منبع و مخزن قرار نگرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی لاین نشان داد که بیشترین درصد باروری خوشه به ترتیب با میانگین‌های ۸۳/۲ و ۸۰٪ مربوط به لاین‌های ۸ و ۷ بود، در حالی که کمترین میزان صفت مذکور با میانگین ۶۱/۹٪ در لاین ۳ مشاهده شد (جدول ۴). با توجه به این که لاین‌های ۷ و ۸ دارای کمترین طول خوشه و پایین‌ترین تعداد دانه در خوشه بودند بنابراین به دلیل محدودیت مخزن، در مقایسه با سایر ارقام از درصد باروری بالاتری برخوردار گردیدند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات محدودیت منبع و مخزن نیز نشان داد که تیمار قطع یک‌سوم خوشه با میانگین ۷۹/۴٪، بیشترین میزان باروری را داشت که با شرایط عدم اعمال محدودیت یا شاهد (۷۹/۲٪ باروری) اختلاف معنی‌داری نداشت.

در واقع در تیمار قطع یک‌سوم خوشه به دلیل کاهش تعداد مخازن و فراهمی مواد فتوستتیزی، امکان پر شدن دانه‌های باقی‌مانده بیشتر گشته و نهایتاً حداکثر درصد باروری به دست آمد. کمترین درصد باروری نیز با میانگین ۶۵٪ در تیمار قطع سایر برگ‌ها به جز برگ پرچم به دست آمد (جدول ۴)، زیرا با کاهش سطح فتوستتیز کننده، اسیمیلات‌های تولید شده برای پر کردن تمام دانه‌های خوشه کافی نبودند. افخمی‌قادی و همکاران (۱۳۹۰) اظهار نمودند که تیمار شاهد و تیمار قطع یک‌سوم انتهایی خوشه بالاترین و تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم، کمترین درصد باروری خوشه را داشتند که این موضوع نشان‌دهنده افزایش سهم گلچه‌ها در دریافت ماده خشک و همچنین اهمیت برگ‌ها در پر کردن



دانه است. تیموریان و همکاران (۱۳۸۸) و نیک‌نژاد و همکاران (۱۳۸۶) نیز نتایج مشابهی را گزارش نمودند.

### وزن هزار دانه

اثر لاین‌های مختلف برنج بر وزن هزار دانه ( $p < 0/01$ ) معنی‌دار بود ولی صفت یاد شده تحت تأثیر تیمار محدودیت منبع و مخزن و همچنین اثر متقابل لاین و محدودیت قرار نگرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین لاین‌های مختلف برنج از نظر وزن هزار دانه، اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بیشترین وزن هزار دانه با میانگین  $33/3$  گرم مربوط به لاین ۷ و کمترین میزان صفت فوق نیز با میانگین  $27/6$  گرم متعلق به لاین ۳ بود (جدول ۴). کاهش تعداد کل دانه در خوشه در لاین ۷ سبب شد تا سهم مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به هر دانه در این لاین بیشتر شود که دلیل افزایش وزن هزار دانه آن در مقایسه با سایر لاین‌ها بود. وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد برنج می‌باشد و به عنوان یک ویژگی ژنتیکی در ارقام، مقدار آن تا حدی متأثر از شرایط دوره رسیدگی می‌باشد. علاوه بر این، بر خلاف سایر غلات، عملکرد بیشتر در برنج از طریق افزایش اندازه دانه بسیار محدود است چرا که از نظر فیزیولوژی، رشد دانه توسط پوسته دانه محدود می‌شود. در نتایج مشابه با این پژوهش، سایر محققان (۴ و ۶) گزارش نمودند که اعمال تیمارهای مختلف محدودیت منبع و مخزن بر وزن هزار دانه اثر معنی‌داری نداشت. گزارش‌های به‌دست آمده از تیموریان و همکاران (۱۳۸۸) نیز حاکی از آن است که صفت وزن هزار دانه تحت تأثیر اثر متقابل رقم و محدودیت قرار نگرفت.

### عملکرد دانه (شلتوک)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر لاین‌های مختلف برنج، تیمار محدودیت منبع و مخزن ( $p < 0/01$ ) و همچنین اثر متقابل دو عامل ( $p < 0/05$ ) قرار گرفت (جدول ۳). نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثر متقابل لاین در محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد دانه نشان داد که به جز لاین ۳، سه لاین دیگر زمانی که تحت تأثیر محدودیت‌ها قرار گرفتند عملکرد آنها کمتر از زمانی بود که تحت شرایط بدون اعمال محدودیت قرار داشتند و همچنین کمترین عملکردها در شرایط اعمال محدودیت قطع سایر برگ‌ها به جز برگ پرچم مشاهده شد. حداکثر عملکرد دانه با میانگین  $6531$  کیلوگرم در هکتار متعلق به لاین ۷ و عدم اعمال محدودیت منبع و مخزن یا شاهد بود، در حالیکه کمترین میزان عملکرد دانه با  $336/2$ ٪ کاهش مربوط به لاین ۶ و تیمار قطع سایر برگ‌ها به جز برگ پرچم بود (جدول ۵). بالا بودن عملکرد دانه در لاین ۷ به دلیل درصد باروری ( $80/$ ) و میانگین وزن هزار دانه ( $33/3$  گرم) بیشتر این لاین بود. علاوه بر برگ پرچم، فتوسنتز سایر برگ‌ها نیز در پرشدن دانه‌ها بسیار

مؤثر است، به گونه ای که با حذف برگ های فعال گیاه به جز برگ پرچم، سرعت و مقدار انتقال مواد فتوسنتزی به دانه کاهش یافته و در نهایت از عملکرد دانه کاسته گردید. در صورت عدم وجود برگ پرچم در گیاه، سایر برگ ها و بخش های سبز گیاه سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی (۱۱) و انتقال مجدد کربوهیدرات های ذخیره شده می شوند (۲۰).

در نتایج مشابه، تیموریان و همکاران (۱۳۸۸) گزارش نمودند که بالاترین عملکرد دانه تحت شرایط شاهد (۶/۲ تن در هکتار) و کمترین میزان آن از تیمار قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم (۴/۵ تن در هکتار) حاصل شد. نتایج به دست آمده توسط افخمی قادی و همکاران (۱۳۹۰) نیز نشان داده که برهمکنش تیمارهای محدودیت منبع و مخزن و ژنوتیپ بر عملکرد دانه برنج معنی دار بوده و ژنوتیپ جلودار در تیمار شاهد بیشترین و ژنوتیپ جهش در تیمار حذف تمام برگ ها به جز برگ پرچم، کمترین عملکرد را دارا بودند.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها بر تعداد دانه پر در خوشه و عملکرد دانه

محدودیت منبع و مخزن	لاین	تعداد دانه پر در خوشه	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
قطع برگ پرچم	۳	۱۱۲/۸bc	۴۷۶۹/۸ef
قطع یک سوم خوشه		۱۱۷/۳bc	۵۴۳۸/۵bcde
قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم		۱۰۹/۳bc	۴۹۷۷/۰def
شاهد		۱۱۴/۰bc	۴۳۴۸/۳f
قطع برگ پرچم	۶	۱۲۶/۴bc	۵۵۶۶/۰abcde
قطع یک سوم خوشه		۱۵۹/۱ab	۵۸۴۵/۰abcd
قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم		۱۲۱/۵bc	۴۱۶۶/۳f
شاهد		۱۷۱/۷a	۶۲۵۸/۵ab
قطع برگ پرچم	۷	۱۱۹/۸bc	۵۶۱۸/۵abcde
قطع یک سوم خوشه		۱۰۹/۳bc	۶۱۲۲/۳ab
قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم		۱۰۳/۱c	۵۰۹۷/۰cdef
شاهد		۱۱۷/۴bc	۶۵۳۱/۰a
قطع برگ پرچم	۸	۱۱۲/۳bc	۵۴۱۵/۳bcde
قطع یک سوم خوشه		۱۱۹/۹bc	۶۰۸۰/۳abc
قطع سایر برگ ها به جز برگ پرچم		۱۰۳/۸c	۴۹۸۹/۰def
شاهد		۱۲۹/۳b	۶۰۸۲/۸abc

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون در سطح ۰/۰۵ فاقد اختلاف معنی دار می باشند

از طرفی، شاهرودین و همکاران (۲۰۱۴) اظهار نمودند که بدون اعمال محدودیت منبع و مخزن، عملکرد دانه به طور معنی داری بیشتر از تیمارهای محدودیت بود ولی در بین تیمارهای محدودیت، تیمار قطع

۵۰٪ خوشه، عملکرد دانه را به میزان ۳۹/۱٪ بیشتر از تیمار قطع ۵۰٪ برگ پرچم کاهش داد. سایر محققان (۸) نیز با بررسی رابطه بین منبع و مخزن در ارقام مختلف برنج بیان داشتند که اثر متقابل رقم و تیمار محدودیت معنی دار بوده و با اعمال محدودیت حذف برگ پرچم، عملکرد دانه هر سه رقم بینام، بیجار و خزر نسبت به شاهد یا عدم اعمال محدودیت به طور معنی داری کاهش یافت. گزارش شده که حذف برگ سبب کاهش معنی دار وزن تک دانه و نهایتاً عملکرد دانه در ارقام مختلف گندم در مقایسه با سایر تیمارهای محدودیت گردید (۲۳).

## منابع

- ۱- افخمی قادی، ع.، بابائیان جلودار، ن.، پیردشتی، ه.، باقری، ن.، حسن‌نتاج، ا. و خادامیان، ر. ۱۳۹۰. اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در سطوح کود نیتروژن. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۳. شماره ۳. صفحات ۴۹۵-۵۰۹.
- ۲- تیموریان، م.، گلوی، م.، پیردشتی، ه. و نصیری، م. ۱۳۸۸. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم مختلف برنج در واکنش به محدودیت منبع و مخزن و کود نیتروژن. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. جلد ۱۶. شماره ۳. صفحات ۶۶-۴۹.
- ۳- کافی، م.، لاهوتی، م.، زند، ا.، شریفی، ح. و گلدانی، م. ۱۳۸۱. فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). جلد اول. چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- ۴- صادقی، س. ع.، قنبری، س.، مبصر، ح. ر. و رحیمی پطودی، ا. ۱۳۹۴. بررسی روابط منبع و مخزن در سیستم‌های مختلف زراعی کشت برنج (*Oryza sativa* L.) رقم فجر. مجله یافته‌های نوین کشاورزی. ۹ (۳): ۲۲۴-۲۱۳.
- ۵- مهدوی، ف.، اسماعیلی، م. ع.، فلاح، ا. و پیردشتی، ه. ۱۳۸۴. مطالعه خصوصیات مرفولوژیک، شاخص‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد دانه در ارقام بومی و اصلاح‌شده برنج. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۴. صفحات ۲۹۷-۲۸۰.
- ۶- نیک‌نژاد، ی.، ر.، ضرغامی، ر.، نصیری، م. و پیردشتی، ه. ۱۳۸۶. اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه چند رقم برنج. مجله نهال و بذر. جلد ۲۳. شماره ۱. صفحات ۱۲۱-۱۱۳.
- 7- Bijanzadeh, E. and Emam, Y. 2010. Effect of source-sink manipulation on yield components and photosynthetic characteristics of wheat cultivars (*Triticum aestivum* and *T. durum* L.). *Journal of Applied Sciences*. 10(7): 564-569.
- 8- Eradatmand Asli, D., Eghdami, A. and Houshmandfar, A. 2011. Evaluation of sink and source relationship in different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Advances in Environmental Biology*. 5(5): 912-919.
- 9- Felekari, H., Ghobadi, M. E., Ghobadi, M., Jalali Honarmand, S. and Saeidi, M. 2014. The effect of post anthesis source and sink limitation in wheat cultivars under moderate condition. *International Journal of Biosciences*. 5(5): 52-59.
- 10- Ishibashi, Y., Okamura, K., Miyazaki, M., Phan, T., Yuasa, T. and Iwaya-Inoue, M. 2014. Expression of rice sucrose transporter gene *OsSUT1* in sink and source organs shaded during grain filling may affect grain yield and quality. *Environmental and Experimental Botany*. 97: 49-54.
- 11- Koch, K. E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 47: 509-540.
- 12- Madani, A., Shirani Rad, A. H., Pazoki, A., Nourmohammadi, G. and Zarghami, R. 2010a. Wheat (*Triticum aestivum* L.) grain filling and dry matter partitioning responses to source:sink modification under postanthesis water and nitrogen deficiency. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 32(1): 145-151.

- 13- Madani, A., Shirani-Rad, A., Pazoki, A., Nourmohammadi, G., Zarghami, R. and Mokhtassi-Bidgoli, A. 2010b. The impact of source or sink limitations on yield formation of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) due to post-anthesis water and nitrogen deficiencies. *Plant, Soil and Environment*. 56(5): 218-227.
- 14- Matsushima, S. 1977. Rice. *Crop Physiology*. Cambridge University Press. UK.
- 15- Nouri, H., Ahmadi, A. and Postini, K. 2013. Effect of source restriction on the grain yield and yield components in Iranian wheat cultivars. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*. 3(13): 1223-1228.
- 16- Radmehr, M., Lotf-Ali Aeyneh, G. A. and Naderi, A. 2004. A study on source-sink relationship of wheat genotypes under favourable and terminal heat stress conditions in Khuzestan. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 6(2): 101-113.
- 17- Rahimian, H., Koocheki, A. and Zand, A. 1999. Evolution, adaptation and crop yields. *Agriculture Training*. 435p.
- 18- Serrago, R. A., Alzueta, I., Savin, R. and Slafer, G. A. 2013. Understanding grain yield responses to source-sink ratios during grain filling in wheat and barley under contrasting environments. *Field Crops Research*. 150: 42-51.
- 19- Shahrudin, Sh., Puteh, A. and Juraimi, A. S. 2014. Response of source and sink manipulations on yield of selected rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*. 1(2): 125-131.
- 20- Schnyder, H. 1993. The role of carbohydrate storage and redistribution in the source-sink relations of wheat and barley during grain filling. A Review. *New phytologist*. 123: 233-245.
- 21- Wel, M. L. and Liu, D. J. 1986. The influence of partial leaf removal and planting density on the yield of rice plant differing in grain weight. *Journal of Agricultural Research of China*. 35: 413-423.
- 22- Xu, X. B. and Vergara, B. S. 1986. Morphological changing in rice panicle development. *IRRI Research Paper Series*.
- 23- Zhang, Y. H., Sun, N. N., Hong, J. P., Zhang, Q., Wang, C., Xue, Q. W., Zhou, S. L., Huang, Q. and Wang, Z. M. 2014. Effect of source-sink manipulation on photosynthetic characteristics of flag leaf and the remobilization of dry mass and nitrogen in vegetative organs of wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 13(8): 1680-1690.