"مجله علوم زراعی ایران"
جلد سیزدهم، شماره ۳ پاییز ۱۳۹۰

اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در سطوح کود نیتروژن
Effect of source and sink limitation on grain yield and yield components of three rice genotypes under levels of nitrogen fertilizer

عمّار افخمی قادی[۱]، نادعلی بابائیان جلودار[۲]، همت اله پیردشتی[۳]، نادعلی باقری[۴]، اسماعیل حسن نتاج[۵] و راحله خادمیان[۶]

چکیده

افخمی قادی، ن.ع. بابائیان جلودار، ه. پیردشتی، ن. باقری، ا. حسن نتاج و ر. خادمیان. ۱۳۹۰. اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در سطوح کود نیتروژن. **علوم زراعی ایران. ۱۳(۳): ۵۰۹-۴۹۵.**

به منظور بررسی اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای کود نیتروژن، آزمایشی در سال ۱۳۸۸ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های دو بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با سه عامل، کود نیتروژن (صفر، ٤٦ و ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، سه ژنوتیپ برنج (جلودار، دانش و جهش) و چهار سطح اعمال تیمارهای محدودیت (شاهد، قطع تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم، قطع برگ پرچم و قطع یک سوم انتهایی خوشه) انجام گرفت. نتایج نشان داد که در هر سه ژنوتیپ محدودیت منبع و مخزن وجود داشته و کود نیتروژن (٤٦ کیلوگرم در هکتار) می‌تواند با افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه، محدودیت مخزن را جبران نماید. بر اساس نتایج بدست آمده سهم برگ پرچم در اندوخته دانه به طور متوسط ۲۲/٦۱ درصد بوده است. برگ پرچم در تیمار کودی ۹۲ کیلوگرم در هکتار و سایر برگ‌ها در تیمار کودی ٤٦ کیلوگرم در هکتار بازدهی بیشتری در افزایش عملکرد داشتند. همچنین مشخص شد ژنوتیپ‌هایی که دارای وزن هزار دانه بیشتری بودند (ژنوتیپ دانش) طی اعمال محدودیت (به خصوص در تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم)، دامنه تغییرات بیشتری را در وزن هزار دانه داشتند. برهمکنش کود نیتروژن× ژنوتیپ نشان داد که ژنوتیپ جلودار در سطح کودی ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، با عملکرد ۸٤۷۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را دارا بود. برهمکنش کود نیتروژن× ژنوتیپ بر شاخص برداشت نیز بسیار معنی‌دار بود و ژنوتیپ دانش در تیمار کودی ٤٦ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۵۷/۸ درصد، بالاترین شاخص برداشت را داشت. نتایج این آزمایش نشان داد که ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه، قابلیت لازم برای افزایش عملکرد را دارا بوده و اصلاح صفات همبسته با عملکرد در آن‌ها ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: برنج، عملکرد دانه، کود نیتروژن و محدودیت منبع و مخزن.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۲/۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: h.pirdashti@sanru.ac.ir)
۴- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۵- کارشناس گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۶-دانشجوی دکتری اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

مقدمه

با بررسی مراحل مختلف فنولوژیک و درک مسائل مربوط به فیزیولوژی گیاهان زراعی می‌توان میزان توانایی منبع و ظرفیت مخزن در افزایش پتانسیل عملکرد یک گیاه را تخمین زد. ظرفیت مخزن عبارت است از حاصل تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد گلچه‌ها در هر خوشه و وزن متوسط هر دانه (Akita, 1989). لازمه عملکرد بالا و شاخص برداشت بیشتر، بزرگ بودن اندازه مخزن می‌باشد (Slafer, 1994). نیشی‌یاما (Nishiyama, 1989) معتقد است که برای بهبود اندازه مخزن سه عامل را بایستی در نظر گرفت؛ (۱) افزایش تجمع کل هیدروکربن‌های فراهم در ساقه و غلاف برگ در مرحله خوشه‌دهی، (۲) افزایش فعالیت فتوسنتز در طی پر شدن دانه‌ها و (۳) انتقال موثر مواد فتوسنتزی به مخزن.

با درک روابط بین منبع و مخزن در غلات می‌توان صفات مناسب فیزیولوژیک جهت اصلاح ژنتیکی و بهبود مدل‌های عملکرد دانه را شناسایی و مورد استفاده قرار داد (Borras *et al*., 2004). با اجرای پژوهش‌هایی مبتنی بر دستکاری مخزن در گندم زمستانه مشخص شده است که اندازه و وزن دانه تحت شرایط محدودیت مخزن بیشتر از وضعیت بدون محدودیت است (Slafer and Savin, 1994; Cartelle *et al*., 2006). اگرچه در شرایط محیطی اندازه دانه اغلب در پاسخ به تیمار کاهش مخزن افزایش می‌یابد (Blum *et al*., 1988)، امّا می‌توان از این نتایج برای بررسی محدودیت منبع بهره برد (Dordas, 2009). تشخیص محدودیت منبع یا مخزن همواره امکان‌پذیر نمی‌باشد. گاهی به طور تجربی به وسیله تغییر در منبع یا مخزن می‌توان محدودیت را تشخیص داد به عنوان مثال چنانچه منبع کاهش داده شود (مثلا حذف برگ‌ها) و عملکرد تغییر پیدا نکند، محدودیت مخزن وجود دارد. در صورت تغییر تعداد محل‌های زایشی و عدم تغییر عملکرد، محدودیت منبع وجود دارد (Radmehr *et al*., 2005).

محدودیت عملکرد بوسیله منبع و مخزن، حاکی از آن است که منبع و مخزن دارای ماهیت مستقل نیستند و برای درک این موضوع شناخت روابط بین محل‌های تولید و مصرف فرآورده‌های فتوسنتزی اهمیت ویژه‌ای دارد. چنانچه در روند انتقال مواد فتوسنتزی مشکل خاصی وجود نداشته باشد، عملکرد واقعی در اثر ظرفیت مخزن و یا کمبود مواد پرورده محدود می‌شود. ونکاتسوارلو (Venkateswarlu, 1976) از طریق کاهش تعداد گلچه‌های یک رقم برنج دریافت که اگر چه ظرفیت مخزن یک عامل مهم در تعیین عملکرد برنج به شمار می‌آید، اما به نظر می‌رسد که محدودیت منبع نیز از اهمیت بالایی در تعیین عملکرد برنج برخوردار می‌باشد. بدیهی است آگاهی از اینکه منبع یا مخزن کدام یک عملکرد یک ژنوتیپ را بیشتر محدود می‌کنند، می‌توان خط مشی برنامه‌های بهنژادی موفق را تعیین و اصلاح ژنوتیپ مناسب را تضمین نمود. افزایش کارایی فیزیولوژیک ارقام اصلاح‌شده، با بهبود پتانسیل عملکرد امکان‌پذیر است و خصوصیات فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد در رابطه با اندازه منبع، مخزن و شاخص برداشت می‌باشند (Slafer and Savin, 1994).

عوامل زیادی بر روابط بین منبع و مخزن در طول دوره رشد گیاه تأثیر می‌گذارند که از آن جمله می‌توان ژنوتیپ گیاهی، دمای هوا، مقدار بارندگی و کود را نام برد (Borras *et al*., 2004; Miralles and Slafer., 2007).کود نیتروژن می‌تواند به طور مستقیم و نیز غیر مستقیم بر روابط بین منبع و مخزن تأثیر بگذارد (Muchow 1998; Arduini *et al*., 2006). تقریباً ۸۰ درصد از کل نیتروژن جذب شده گیاه مانند برنج، تا زمان ظهور خوشه انجام می‌گیرد (Papakosta and Gagianas, 1991). چنانچه در مرحله پنجه‌زنی یا طویل شدن ساقه کمبود موقتی نیتروژن پیش آید، تجمع نیتروژن در قبل از گلدهی کاهش یافته و بنابراین در محاسبه مقدار مورد نیاز نیتروژن محدودیت‌هایی ایجاد می‌شود (Lambers *et al*., 1982).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

مقدار تجمع نیتروژن به نسبت بین ظرفیت جذب و انتقال مجدد نیتروژن گیاه بستگی دارد (Fageria and Baligar, 2005). مطالعات انجام‌شده در مورد تأثیر عوامل برهم زننده این روابط که با کاهش ذخیره نیتروژن در مراحل رویشی تحت شرایط کنترل‌شده صورت می‌گیرد، سرعت بیشتر انتقال مجدد نیتروژن به ویژه تحت شرایط کمبود نیتروژن را نشان می‌دهد (Lambers *et al*., 1982). وادا و ماتسوشیما (Wada and Matsushima, 1962) گزارش کردند که تشکیل گلچه‌ها در برنج در طی مراحل زایشی به میزان قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر جذب نیتروژن و فراهمی کربوهیدرات‌ها قرار دارد. این مشاهدات نقش شرایط اقلیمی و مدیریت را در تعیین اندازه مخزن یک رقم نمایان می‌سازد. سینگ و گوش (Singh and Ghosh, 1981) بیان کردند که بیشترین کاهش عملکرد دانه وقتی است که برگ پرچم بلافاصله بعد از بیرون آمدن خوشه قطع شود. نیک نژاد و همکاران (Niknezhad *et al*., 2004) با مقایسه صفات فیزیولوژیک ارقام قدیم و جدید برنج، اثر سطوح مختلف تیمار محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام مختلف برنج را مورد بررسی قرار داده و ارقام دارای محدودیت منبع و مخزن را مشخص نمودند.

با توجه به نقش نیتروژن در جبران محدودیت‌های منبع و مخزن، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر مقادیر کود نیتروژن و محدودیت‌های منبع و مخزن در سه ژنوتیپ برنج بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۸، در مزرعه آموزشی - پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل مقادیر نیتروژن از منبع کود اوره (صفر، ۴۶ و ۹۲ کیلوگرم در هکتار)، ارقام برنج به عنوان عامل فرعی شامل ژنوتیپ‌های جلودار (طارم دیلمانی × سنگ طارم)، دانش [(IR68061× IR58025A) × سپیدرود] و جهش (طارم محلی جهش یافته با مواد شیمیایی موتاژن) و عامل فرعی فرعی در چهار سطح به صورت (شاهد، قطع تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم، قطع برگ پرچم و قطع یک سوم انتهای خوشه) بودند. پس از گذشت یک ماه از بذر پاشی در خزانه، گیاهچه‌ها با فاصله ۲۰×۲۰ سانتیمتر در زمین اصلی، نشاکاری شدند. عملیات داشت طبق دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام گرفت. قبل از مصرف کود، یک نمونه مرکب خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتری زمین محل اجرای آزمایش جهت تجزیه خاک برداشت و میزان کود فسفر و پتاس مصرفی براساس آزمون خاک محاسبه و به طور یکنواخت در همه کرت‌ها (به طول ۲/۵ متر و عرض ۲ متر) مصرف شد (جدول ۱).

از کود سولفات پتاسیم به مقدار ۴۷ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص و از سوپر فسفات تریپل به مقدار ۴۶ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص در هنگام نشاکاری استفاده شد. کود نیتروژن در سه مرحله (۵۰ درصد در هنگام نشاکاری، ۲۵ درصد درمرحله پنجه‌زنی و ۲۵ درصد در مرحله تشکیل آغازه‌های خوشه) مصرف شد. در زمان گرده‌افشانی تیمارهای محدودیت منبع و مخزن به شرح زیر اعمال شدند: الف) به منظور بررسی محدودیت مخزن قطع برگ پرچم و قطع تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم هر کدام به صورت مجزا برای تک‌بوته به تعداد پنج بوته در هر کرت انجام گرفت. ب) برای بررسی محدودیت منبع یک سوم انتهایی خوشه تک‌بوته‌ها حذف گردید. در زمان برداشت (رسیدگی فیزیولوژیک)، بوته‌های مربوط به هر تیمار کف بر و در آزمایشگاه عملکرد دانه تک بوته، تعداد دانه در خوشه، تعداد پنجه بارور،

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر

Table 1. Physical and chemical properties of soil in experiment site at 0-30 cm depth

بافت خاک Soil texture	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)
		رسی		(%)		($mg.kg^{-1}$)		
Clay	47	35	18	0.252	18.88	254.3	7.14	2.39

درصد باروری خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه‌های پوک در خوشه و طول خوشه اندازه‌گیری شدند. از طریق مقایسه کاهش وزن دانه در تیمارها و شاهد، محدودیت‌های منبع و مخزن در لاین‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. درصد محدودیت منبع با استفاده از رابطه پیشنهادی زیر محاسبه گردید (Emam and Niknejad, 1994).

$$SL=[(a-b)/b] \times 100 \quad (۱)$$

در این رابطه SL درصد محدودیت منبع (Source limitation)، a وزن دانه در تیمار محدودیت و b وزن دانه شاهد است. برای محاسبه درصد محدودیت مخزن نیز از این رابطه استفاده می‌شود، با این تفاوت که a معرف وزن دانه شاهد و b معرف وزن دانه تیمار محدودیت است.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، از نرم افزار SAS، برای مقایسه اثر متقابل از نرم‌افزار MSTATC، برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده گردید.

نتایج و بحث

محدودیت مخزن

با حذف برگ پرچم، وزن دانه تمام ژنوتیپ‌ها در مقایسه با تیمار شاهد تغییر معنی‌داری نداشت که در هر سه ژنوتیپ نشان‌دهنده وجود محدودیت مخزن است (جداول ۲و۳). به عبارت دیگر با تشدید فتوسنتز جاری در سایر اندام‌های گیاه و انتقال مجدد مواد پرورده، کاهش فتوسنتز ناشی از حذف برگ پرچم جبران شده و وزن دانه کاهش معنی‌داری نیافته است. با این تفاوت که شدت محدودیت مخزن در ژنوتیپ جلودار بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها است (جدول ۲). نیک نژاد و همکاران (Niknezhad *et al.*, 2004) نیز با آزمایش روی رقم طارم به وجود محدودیت مخزن در این رقم پی بردند. شاناهان و همکاران (Shanahan *et al.*, 1984) نیز محدودیت مخزن در گندم را تأیید نمودند. به هر حال تفاوت محدودیت مخزن در ژنوتیپ‌های برنج را می‌توان ناشی از تنوع ژنتیکی، اثرات مکانیسم پس‌خور (Feed back)، اثر تحریک‌پذیری و شوک وارده به گیاه و بالاخره زمان و شدت تغییرات شرایط محیطی نسبت داد (Blum *et al.*, 1983; Ma *et al.*, 1990).

نتایج نشان داد که برگ پرچم حدود ۲۲/۶۱ درصد در افزایش عملکرد نقش داشته است (جدول ۴). برگ پرچم نقش مهمی در پر شدن دانه ها دارد، زیرا مواد فتوسنتزی آن به خوشه ارسال می‌شود. رائو (Rao, 1991) اظهار داشت که قطع برگ پرچم بیشترین اثر و قطع دو برگ زیرین اثر منفی و قطع برگ چهارم اثر کمی بر عملکرد برنج می‌گذارند.

با حذف برگ پرچم عملکرد دانه ژنوتیپ جلودار کاهش کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۴). آرایش برگ پرچم در ژنوتیپ جلودار به صورت افراشته بوده و با توجه به اینکه افراشته بودن برگ‌های فوقانی باعث نفوذ بیشتر تابش خورشیدی به اعماق پوشش گیاهی می‌شود (Yoshida *et al.*, 1972; Yin *et al.*, 1995) در چنین شرایطی سایر برگ‌های گیاه قادر خواهند بود تا از تابش بیشتری بهره برده و مواد فتوسنتزی بیشتری تولید کنند. در چنین حالتی در صورت حذف برگ پرچم (به هر علتی)، عملکرد ثبات

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

جدول ۲- تغییرات میانگین وزن دانه سه ژنوتیپ برنج در تیمار حذف برگ پرچم

Table 2. Variation in mean grain weight of three rice genotypes in flag leaf removal treatment

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	وزن دانه Grain weight (mg) شاهد Control	تیمار Treatment	میزان محدودیت Limitation (%)
جلودار Jelodar	21.79 a	23.16 a	- 5.80
دانش Danesh	34.39 a	32.60 ab	5.49
جهش Jahesh	26.60 ab	27.28 a	-2.49

در هر سطر میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each row, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۳- اثر تیمارهای محدودیت منبع و مخزن بر میانگین وزن هزار دانه سه ژنوتیپ برنج

Table 3. Effect of source and sink limitations on 1000 grain weight of three rice genotypes

Treatment	تیمارهای آزمایشی	وزن هزار دانه 1000 grain weight (mg) ژنوتیپ های برنج Rice genotypes جلودار Jelodar	دانش Danesh	جهش Jahesh
Control	شاهد	21.79 a	34.39 ab	26.60 ab
Removal all leaves except flag leaf	حذف تمام برگ ها به جز برگ پرچم	21.83 a	28.69 c	24.39 b
Removal flag leaf	حذف برگ پرچم	23.16 a	32.60 b	27.28 a
One third end of panicle removal	حذف یک سوم انتهایی خوشه	22.34 a	36.46 a	26.73 ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

نسبی بیشتری خواهد داشت. همچنین با انتخاب بهترین آرایش کاشت، تراکم مطلوب جهت کاهش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر فراهم شده و شرایط مساعدتری برای برگ‌های پایین‌تر در انجام بیشتر فتوسنتز ایجاد می‌شود.

برگ پرچم در سطح کودی ۹۲ کیلوگرم در هکتار (جدول ۴) و برگ‌های غیر از برگ پرچم در سطح کودی ۴۶ کیلوگرم در هکتار، بیشترین کارایی در افزایش عملکرد را داشته‌اند (داده‌ها ارائه نشده است). اثر تیمار کودی در اعمال محدودیت بر وزن هزار دانه نشان داد که بالاترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار حذف یک سوم انتهایی خوشه در سطح کودی ۴۶ کیلوگرم در هکتار بوده و کمترین آن در تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم و در سطح کودی ۹۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (شکل ۱ و ۲). در سطح کودی ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیز طی اعمال تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم مشاهده گردید که وزن دانه در مقایسه با تیمار شاهد کاهش معنی‌داری (۱۲/۷۸ درصد) داشته است (شکل ۱). به نظر می‌رسد که کود نیتروژن در این سطح قابلیت رفع محدودیت مخزن را دارد.

به نظر می‌رسد که با مصرف نیتروژن (در این آزمایش ۴۶ کیلوگرم در هکتار)، فعالیت بیشتر فتوسنتز در طی پر شدن دانه و انتقال موثر مواد فتوسنتزی به دانه صورت گرفته و در نهایت بهبود اندازه مخزن میسر شده است. بنابراین با افزایش ظرفیت مخزن و رفع محدودیت ناشی از آن، عملکرد محصول تاحدودی بهبود یافت. اثر متقابل کود در ژنوتیپ نشان داد که ژنوتیپ جلودار در سطح کودی ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با عملکرد ۸۴۷۸ کیلوگرم در هکتار بالاترین و ژنوتیپ جهش در تیمار بدون کود با عملکرد

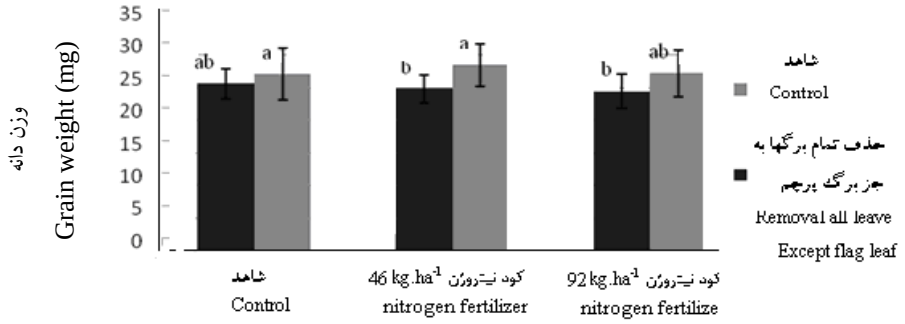
[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

جدول ۴- میزان تاثیر برگ پرچم بر عملکرد دانه سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای کود نیتروژن

Table 4. Flag leaf effect on grain yield of three rice genotypes in nitrogen fertilizer treatment

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	کود نیتروژن Nitrogen Fertilizer ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (تیمار) Grain yield (Treatment) ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (شاهد) Grain yield (Control) ($kg.ha^{-1}$)	میزان تغییرات عملکرد دانه توسط برگ پرچم Variation in grain yield by Flag leaf (%)
جلودار Jelodar	0	5957.5	6407.5	+7.02
	46	6511.67	7708.33	+15.52
	92	9098.33	11351.67	+19.85
	میانگین Mean	7189.17	8489.17	+15.31
دانش Danesh	0	5513.33	7259.17	+24.05
	46	7140	9652.5	+26.03
	92	3885	7695.83	+49.52
	میانگین Mean	5512.78	8202.5	+32.79
جهش Jahesh	0	3989.17	5003.33	+20.27
	46	6720	5420.83	-23.97
	92	4606.67	8532.5	+46.01
	میانگین Mean	5105.28	6318.89	+19.21
	میانگین کل Total mean	5935.74	7670.18	+22.61

۴۰۸۰ کیلوگرم در هکتار، پایین‌ترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۵). نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است ارقامی که توانایی زیادی در جذب نیتروژن دارند، نیتروژن سهم عمده‌ای در تعیین اندازه مخزن آنها ایفا می‌کند. بنابراین قابلیت جذب نیتروژن همبستگی معنی‌داری با اندازه مخزن دارد. بر همین اساس همبستگی مثبت و بالایی بین توانایی جذب نیتروژن با عملکرد، شاخص برداشت نیتروژن و سهم نیتروژن در افزایش ظرفیت مخزن نیز گزارش شده است (Slafer, 1994). بالا بودن عملکرد در ژنوتیپ جلودار به دلیل دارا بودن



شکل ۱- اثر مقادیر کود نیتروژن بر وزن دانه در تیمار حذف تمام برگ ها به جز برگ پرچم نسبت به تیمار شاهد در سه ژنوتیپ برنج

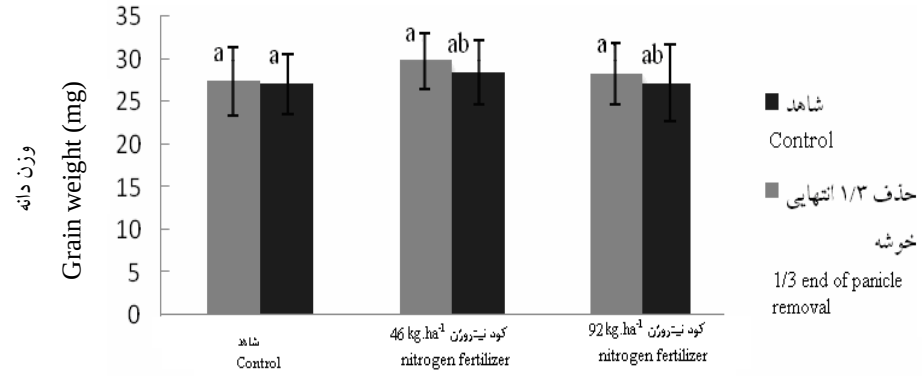
Fig. 1. Effect of nitrogen fertilizer on grain weight in removal of all leaves except flag leaf treatment compared to control in three rice genotypes

طول خوشه بلندتر، تعداد دانه در خوشه و پنجه بارور بیشتر نسبت به دو ژنوتیپ دیگر بود (جدول ۶). ژنوتیپ دانش در سطح کودی ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ژنوتیپ جهش در سطح کودی ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد بیشتری نسبت به سایر تیمارهای کودی داشت (جدول ۵). اثر متقابل نیتروژن در ژنوتیپ، بر

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

شاخص برداشت نیز بسیار معنی‌دار بود و ژنوتیپ دانش در تیمار کودی ۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با ۵۷/۹ درصد بالاترین شاخص برداشت را داشت (جدول ۵) که نشان‌دهنده توانایی این ژنوتیپ در اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه ها است. کمترین دانه پوک در خوشه و بالاترین درصد باروری خوشه متعلق به ژنوتیپ جهش و در تیمار کودی ۹۲ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به ژنوتیپ جلودار و در تیمار کودی ۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (جدول ۵).

با کاهش تعداد برگ‌ها، تعداد دانه پوک در خوشه ژنوتیپ‌ها به صورت معنی‌داری افزایش یافت.



شکل ۲- اثر مقادیر کود نیتروژن بر وزن دانه در تیمار حذف یک سوم انتهایی خوشه در مقایسه با تیمار شاهد در سه ژنوتیپ برنج

Fig. 2. Effect of range of N fertilizer on the seed weight in Removal of one third end of panicle treatment ratio to control in three rice genotypes

بیشترین دانه پوک (۳۵ عدد) در ژنوتیپ جلودار و در تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم مشاهده شد (جدول ۷) و دلیل آن حذف قسمت عمده از اندام‌های فتوسنتزکننده بود که در اثر آن مواد پرورده کافی برای پر کردن همه دانه‌ها وجود نداشت و موجب پوک شدن تعدادی از دانه‌ها شد. در ژنوتیپ جلودار نیز به دلیل بیشتر بودن محدودیت مخزن، توانایی نسبی پایینی برای پر کردن دانه وجود داشت (جداول ۲ و ۶). ژنوتیپ جهش در تیمار قطع یک سوم انتهایی خوشه کمترین تعداد دانه پوک در خوشه (۵/۴۴ عدد) را دارا بود (جدول ۷) و با حذف قسمتی از مخزن، توانایی پر کردن دانه در آن افزایش نشان داد. نیک نژاد و همکاران (Niknezhad *et al.*, 2004) نیز با بررسی محدودیت منبع و مخزن در ارقام برنج نتیجه مشابهی را گزارش نمودند.

با اعمال تیمارهای محدودیت منبع و مخزن در شاخص برداشت هم اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم و تیمار قطع یک سوم انتهایی خوشه به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول ۶). تیمار قطع یک سوم انتهایی خوشه به دلیل حذف قسمتی از عملکرد اقتصادی باعث کاهش شاخص برداشت شد.

محدودیت منبع

با اعمال محدودیت منبع و مخزن، تغییرات مربوط به اندازه وزن هزار دانه در ژنوتیپ دانش (دامنه تغییرات= ۷/۷ گرم) بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود، به‌عبارت دیگر وزن هزار دانه ژنوتیپ دانش در تیمارهای مختلف محدودیت، دارای ثبات کمتری بود که از علل آن می‌توان به بزرگی وزن هزار دانه این ژنوتیپ اشاره کرد. از طرفی ژنوتیپ جلودار

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

جدول ۵- میانگین عملکرد دانه و صفات وابسته به آن برای اثرات متقابل ژنوتیپ × نیتروژن در سه ژنوتیپ برنج

Table 5. Average grain yield and associated traits in interaction effects of rice genotypes ×nitrogen fertilizer treatments in three rice genotypes

Treatments نیتروژن Nitrogen	تیمار های آزمایشی ژنوتیپ های برنج Rice genotypes	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest Index (%)	تعداد پنجه بارور No. Fertile tiller	درصد باروری خوشه Panicle fertility (%)	تعداد دانه پوک در خوشه Unfilled grain.panicle^{-1}	تعداد دانه در خوشه Grain.panicle^{-1}	طول خوشه Panicle length (cm)	وزن هزار دانه 1000 Grain weight (g)
	Jelodar جلودار	5359de	9865c	54.7ab	9.5bc	82.2c	19.6a	110.7a	26.6a	21.6e
N1(0 $kg.ha^{-1}$)	Danesh دانش	5846cd	1020c	57.5a	9.7bc	87.8b	10.7c	89.4b	24.5bc	32.9a
	Jahesh جهش	4080f	7777d	52.9bc	8.6c	86.8b	10.4c	78.2c	22.6d	26.6b
	Jelodar جلودار	6217c	11800b	53.9ab	11.7b	82.2c	19.7a	110.0a	26.9a	22.2de
N2 (46 $kg.ha^{-1}$)	Danesh دانش	7133b	12320b	57.9a	9.5bc	89.2ab	10.6c	93.7b	24.3c	32.7a
	Jahesh جهش	4952e	10270c	49.2cd	10.2bc	81.5c	15.7b	84.7bc	23.1cd	24.4bcd
	Jelodar جلودار	8478a	15610a	54.7ab	15.0a	81.2c	19.2a	104.9a	26.0ab	23.0cde
N3 (92 $kg.ha^{-1}$)	Danesh دانش	5803cd	11660b	50.0cd	10.4bc	87.7b	11.3c	89.6b	24.4bc	33.5a
	Jahesh جهش	6042c	12730b	48.9d	10.8b	92.4a	6.6d	88.3bc	23.6cd	24.7bc

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan´s Multiple Range Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

با دارا بودن کمترین مقدار وزن هزار دانه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها طی اعمال محدودیت، دارای ثبات بیشتری در وزن هزار دانه (دامنه تغییرات = ۱/۳۷ گرم) بوده است (جدول ۳).تغییرات وزن دانه به تنوع ژنتیکی، اندازه دانه و نیز اثرات سازوکار بازخوری و اثرات هورمونی بستگی دارد (Blum *et al.*, 1983). کلیه ژنوتیپ‌ها از نظر محدودیت منبع واکنش‌های یکسانی داشتند به طوری که تمام ژنوتیپ‌ها با حذف یک سوم انتهایی خوشه، در مقایسه با شاهد تفاوت میانگین وزن هزار دانه معنی‌داری نداشتند، بنابراین به نظر می‌رسد که تمامی ژنوتیپ‌ها دارای محدودیت منبع می‌باشند. از آنجا که وزن هزار دانه و شدت محدودیت منبع در ژنوتیپ دانش بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۸)، به نظر می‌رسد که با افزایش وزن هزار دانه، محدودیت منبع نیز افزایش یابد. رادمهر و همکاران (Radmehr *et al.*, 2005) نیز چنین نتیجه‌ای را در مورد ژنوتیپ‌های گندم گزارش دادند. در نتایج نامبردگان محدودیت منبع به کمبود اندام تولید مواد فتوسنتزی، ناکارآمدی برگ‌ها، کمبود دوام سطح برگ‌ها و اندام‌های فتوسنتز کننده، پیری زودرس برگ‌ها و بزرگی وزن هزار دانه نسبت داده شد. در آزمایش حاضر وزن هزار دانه در اعمال تیمارهای محدودیت منبع و مخزن در تمام تیمارها به غیر از تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶) و این نشان‌دهنده ثبات وزن هزار دانه در برنج است. وزن هزار دانه یک صفت نسبتاً پایدار ژنتیکی بوده و در ارقام مختلف متفاوت است. چون اندازه دانه در برنج توسط پوسته کنترل می‌شود، در نتیجه تغییرات این صفت زیاد نیست. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (Yoshida and Parao, 1976; Saha *et al.*, 1998; Greenfield *et al.*, 1998;).

برهمکنش تیمارهای محدودیت منبع و مخزن و ژنوتیپ بر عملکرد دانه، تعداد دانه پوک در خوشه، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۷). در برهمکنش ژنوتیپ در محدودیت، مشاهده گردید که ژنوتیپ جلودار در تیمار شاهد (بدون اعمال محدودیت) بیشترین و ژنوتیپ جهش در تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم (با کاهش عملکرد ۴۴/۱۶ درصدی نسبت به شاهد) کمترین عملکرد را دارا بودند (جدول ۷). اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر تیمار حذف یک سوم انتهایی خوشه در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین دو تیمار در سطوح مختلف کودی وجود نداشت (شکل ۲) به نظر می‌رسد که کود نیتروژن قابلیت رفع محدودیت منبع را ندارد و علی‌رغم فراهم بودن نیتروژن، همچنان محدودیت منبع وجود خواهد داشت.

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که بین تیمارهای محدودیت منبع و مخزن از نظر تمامی صفات مورد مطالعه به جز تعداد پنجه بارور اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). تیمارهای محدودیت منبع و مخزن از نظر درصد باروری خوشه با هم اختلاف معنی‌داری داشتند، به طوری که تیمار شاهد و تیمار قطع یک سوم انتهایی خوشه بالاترین و تیمار حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم کمترین درصد باروری خوشه را داشتند (جدول ۶) این موضوع نشان‌دهنده افزایش سهم گلچه‌ها در دریافت ماده خشک و همچنین اهمیت برگ‌ها در پر کردن دانه است. بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. ژنوتیپ جلودار از نظر تعداد دانه در خوشه برتری معنی‌داری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت. بیشترین و کمترین تعداد دانه در خوشه به ترتیب متعلق به ژنوتیپ جلودار و ژنوتیپ جهش با ۱۰۹ و ۸۴ دانه در خوشه بود. ژنوتیپ‌های برنج از نظر طول خوشه نیز اختلاف معنی‌داری داشتند. ژنوتیپ‌های جلودار و جهش به ترتیب با ۲۶/۵ و ۲۳/۱ سانتیمتر بیشترین و کمترین طول خوشه را دارا بودند (جدول ۶). نتایج

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای کود نیتروژن، لاین و محدودیت‌های منبع- مخزن

Table 6. Mean comparison of grain yield and yield components of three rice genotypes in nitrogen fertilizer, lines and source-sink limitation treatments

Treatments تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد پنجه بارور No. Fertile tiller	درصد باروری خوشه Panicle fertility (%)	تعداد دانه پوک در خوشه Unfilled grain.panicle^{-1}	تعداد دانه در خوشه Grain.panicle^{-1}	طول خوشه Panicle length (cm)	وزن هزار دانه 1000 Grain weigh (g)
N fertilizer (kg.ha^{-1}) کود نیتروژن									
0	5951c	9280c	55.0a	9.2c	85.6a	13.6ab	92.8a	24.6a	27.0a
46	6100b	11331b	53.6a	10.4ab	84.3a	15.3a	96.1a	24.8a	27.4a
92	6774a	12672a	51.2b	12a	87.1a	12.3c	94.2a	24.7a	27.1a
Rice lines ژنوتیپ های برنج									
Jelodar جلودار	6684a	11764a	54.4a	12.0a	81.9b	19.5a	108.5a	26.5a	22.3c
Danesh دانش	6260b	11391a	55.1a	9.9b	88.2a	10.9b	90.9b	24.7b	33.0a
Jahesh جهش	5024c	10129b	50.3b	9.9b	86.9b	10.9b	83.7c	23.1c	26.2b
Source and sink limitation محدودیت									
L1	7670a	13029a	55.2b	11.8a	90.3a	10.2c	101.2a	26.5a	27.6a
L2	5123c	8408c	59.1a	10.7ab	76.3c	239a	100.5a	25.4b	25.0b
L3	5935b	10566b	56.0b	9.7b	87.4b	12.7b	103.1a	26.5a	27.7a
L4	5230c	12375a	42.8c	9.6b	88.7ab	8.3c	72.6b	20.3c	28.5a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

L1: شاهد; L2: حذف تمام برگ ها به جز برگ پرچم; L3:حذف برگ پرچم; L4:حذف یک سوم انتهایی خوشه

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan´s Multiple Range Test

L1: control; L2: removal all leaves except flag leaf; L3: Removal of flag leaf; L4: Removal of 1/3 end of panicle

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

جدول ۷- برهمکنش ژنوتیپ در تیمارهای محدودیت بر صفات گیاهی سه ژنوتیپ برنج

Table 7. Interaction effects of rice genotype × limitation treatment on plant characteristics of three rice genotypes

تیمارهای آزمایشی Treatments		عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد پنجه بارور No. Fertile tiller	درصد بارووری خوشه Panicle fertility (%)	تعداد دانه پوک در خوشه Unfilled grain .anicle^{-1}	تعداد دانه در خوشه Grain.panicle^{-1}	طول خوشه Panicle length (cm)	وزن هزار دانه 1000 Grain weigh (g)
	L1	8489a	15170a	55.9bc	12.8a	88.0abc	14.7cd	121.2a	28.2a	21.8e
Jelodar جلودار	L2	5168fg	8841f	58.5b	12.1a	87.8bc	35.0a	109.7abc	27.2ab	21.8e
	L3	7189b	12650b	57.2bc	12.6a	86.0cd	16.2bc	116.9ab	28.0ab	23.2e
	L4	5891de	13030b	46.1d	10.2ab	85.7cd	12.1de	86.3e	22.4e	22.3e
	L1	8202a	14510a	56.7bc	11.3ab	92.6a	6.8fg	91.2de	26.2bc	34.4ab
Danesh دانش	L2	6672bc	10540cde	63.7a	11.3ab	81.8de	19.0b	106.4bc	25.1cd	28.7c
	L3	5512ef	9459ef	57.8bc	7.8c	89.3abc	10.4ef	99.6cd	27.0ab	32.6b
	L4	4653g	11050cd	42.3de	9.0bc	89.2abc	7.3fg	66.3f	19.4f	36.5a
	L1	6318cd	12040bc	53.1c	11.2ab	90.2abc	9.0efg	91.4de	25.0cd	26.6cd
Jahesh جهش	L2	3528h	6358g	55.2bc	8.8bc	79.2e	17.7bc	85.4e	23.8de	24.4de
	L3	5105fg	9588def	53.0c	10.7ab	86.9bc	11.6de	92.8de	24.5cd	27.3c
	L4	5146fg	13050b	40.0e	10.7ab	91.3ab	5.4g	65.3f	19.1f	26.7cd

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

L1: شاهد; L2: حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم; L3: حذف برگ پرچم; L4: حذف یک سوم انتهایی خوشه

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan´s Multiple Range Test

L1: control; L2: removal all leaves except flag leaf; L3: Removal of flag leaf; L4: Removal of 1/3 at the tip of panicle

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

جدول ۸- تغییرات میانگین وزن دانه سه ژنوتیپ برنج در تیمار حذف یک سوم انتهایی خوشه

Table 8. Variation in mean grain weight of three rice genotypes in 1/3 end of panicle removal treatment

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes		وزن دانه Grain weight (mg)		
		شاهد Control	تیمار Treatment	میزان محدودیت Limitation (%)
Jelodar	جلودار	21.79a	22.34 a	+2.52
Danesh	دانش	34.39ab	36.46 a	+6.02
Jahesh	جهش	26.60a	26.73 a	+0.51

در هر سطر میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each row, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test

مشابهی توسط سایر پژوهشگران (Niknezhad *et al.*, 2005) در مورد سایر ژنوتیپ‌های برنج گزارش شده است. تعداد دانه در خوشه و طول خوشه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشته اما درصد باروری خوشه و شاخص برداشت تنها همبستگی مثبت و تعداد دانه پوک در خوشه و وزن هزار دانه همبستگی منفی اما غیر معنی‌دار با عملکرد دانه داشتند (جدول ۹). این مطلب به دلیل ثابت بودن وزن هزار دانه و کنترل ژنتیکی آن است. نیک نژاد و همکاران (Niknezhad *et al.*, 2004) نیز چنین نتیجه‌ای را در ژنوتیپ‌های برنج گزارش کردند.

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین صفات گیاهی در تیمار های محدودیت منبع و مخزن در سه ژنوتیپ برنج

Table 9. Correlation coefficients between plant characteristic in source and sink limitation treatment in three rice genotypes (n=36)

plant characteristic	صفات گیاهی	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت (HI)	تعداد دانه در خوشه Grain.panicle^{-1}	تعداد دانه پوک در خوشه Unfilled grain.panicle^{-1}	طول خوشه Panicle length	درصد باروری خوشه Panicle fertility	وزن هزار دانه 1000 Grain weight
Harvest index	شاخص برداشت	0.17^{ns}						
Grain.Panicle^{-1}	تعداد دانه در خوشه	0.12^{ns}	0.69**					
Unfilled grain.Panicle^{-1}	تعداد دانه پوک در خوشه	-0.35*	0.46**	0.52**				
Panicle length	طول خوشه	0.05^{ns}	0.74**	0.88**	0.41*			
Panicle fertility	درصد باروری خوشه	0.44**	-0.33*	0.27^{ns}	-0.95**	-0.20^{ns}		
1000 Grain weight	وزن هزار دانه	-0.02^{ns}	-0.16^{ns}	-0.50**	*-0.48	-0.33^{n}	0.39*	
Grain yield	عملکرد دانه	0.88**	0.30^{ns}	0.43**	-0.13^{ns}	0.41*	0.28^{ns}	-0.07^{ns}

ns: Not significant, ns: غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج آزمایش حاضر به نظر می‌رسد که ژنوتیپ های برنج مورد مطالعه دارای محدودیت مخزن می باشند، بعبارت دیگر این ژنوتیپ ها از نظر میزان پر شدن دانه یا همان وزن هزار دانه دارای محدودیت بودند، بنابراین بهبود در اندازه و فعالیت مخزن و افزایش قابلیت انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن و دانه‌ها، در این ژنوتیپ ها ضرورت دارد. بعلاوه

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

مصرف کود نیتروژن (۴۶ کیلوگرم در هکتار برای ژنوتیپ های مورد مطالعه در این آزمایش) در جهت رفع محدودیت ناشی از ظرفیت مخزن، مناسب‌تر به نظر می‌رسد. بر اساس نتایج به دست آمده ژنوتیپ های برنج مورد مطالعه دارای محدودیت منبع نیز بودند. برای افزایش عملکرد اقتصادی در این ژنوتیپ ها باید این موضوع را مد نظر قرار داد که محدودیت منبع در این ژنوتیپ ها بر اثر عوامل تنش‌زای محیطی مانند بیماری سوختگی غلاف و یا خشکی (Niknezhad, et al., 2004) و یا تنش ناشی از کمبود نیتروژن و کاهش سبزینگی گیاه، باعث کاهش در عملکرد آن می‌شود. به نظر می‌رسد که حفظ و دوام سطح برگ‌های این ژنوتیپ ها از طریق مبارزه با بیماری‌ها و آفات می‌تواند افزایش عملکرد دانه قابل توجهی را به همراه داشته باشد. نتایج این آزمایش نشان داد که ژنوتیپ های مورد مطالعه قابلیت لازم برای افزایش عملکرد را دارا بوده و اصلاح صفات همبسته با عملکرد در آن‌ها ضرورت دارد.

سپاسگزاری

از آقایان مهندس سید جابر حسینی و مهندس محمد سیه‌چهره که با نظرات خود راهگشای بسیاری از مشکلات در طول این تحقیق بوده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Akita, S. 1989. Improving Yield Potential in Tropical Rice. Progress in Irrigated Rice Research, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, PP. 41-73.

Arduini, I., A. Masoni., L. Ercoli. and M. Mariotti. 2006. Grain yield, dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. Eur. J. Agron. 25: 309–318.

Blum, A., J. Mayer., and G. Golan. 1988. The effect of grain number per ear (sink size) on source activity and its water-relations in wheat. J. Exp. Bot. 39: 106–114.

Borras, L., G. A. Slafer. and M. E. Otegui. 2004. Seed dry weight response to source–sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. Field Crops Res. 86: 131–146.

Cartelle, J., A. Pedro., R. Savin. and G. A. Slafer. 2006. Grain weight responses to postanthesis spikelet-trimming in an old and a modern wheat under Mediterranean conditions. Eur. J. Agron. 25: 365– 371.

Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source–sink relations. Eur. J. Agron 30: 129–139.

Emam, Y. and M. Niknezhad. 1994. Introduction to the Physiology of Crop Yield. Shiraz University Press. (In Persian).

Fageria, N. K. and V. C. Baligar. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Adv. Agron. 88: 97–185.

Greenfield, S. M., K. S. Fisher and N. G. Dowling. 1998. Sustainability of Rice in the Global Food System.. Los Banos, Phillippines.

Lambers, H., R. J. Simpson, V. C. Beilharz and M. J. Dalling. 1982. Growth and translocation of C and N in wheat (*Triticum aestivum*) grown with a split root system. Physiol. Plant. 56: 421- 429.

Ma, Y. Z., C. T. Mackown, and D. A. Van Sanford. 1990. Sink manipulation in wheat, compensatory changes in kernel size. Crop Sci. 30: 1099-1105.

Miralles, D. J. and G. A. Slafer. 2007. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reducedJ. Agric. Sci.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

145: 139–149.

Muchow, R. C. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. I. Leaf growth and leaf nitrogen. Field Crops Res. 18: 1–16.

Niknezhad, Y., R. Zarghami., M. Nasiri and H. Pirdashti. 2004. Effects of source and sink limitation on grain yield and yield components of some rice cultivars. Seed and Plant J. 23: 113-126. (In Persian with English abstract).

Nishiyama, I. 1989. Physiological Characteristics of High Yielding Rice Cultivars in Japan, Progress in Irrigated Rice Research, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

Papakosta, D. K., and A. A. Gagianas. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agron. J. 83: 864–870.

Radmehr, M., G. Lotfi Aeine and A. Naderi. 2005. A study on source-sink relationship of wheat genotypes under favorable and terminal heat stress conditions in Khuzestan. Iran. J. Crop Sci. 6: 101-113. (In Persia with English abstract)

Rao, S. P. 1991. Influence of source and sink on the production of high density grain and yield in rice. Indian J. Plant Physiol. 34: 339-348.

Saha, A. R., K. Sarkar and Y. Yamagishi. 1998. Effect of time of nitrogen application on spikelet differentiation and degeneration of rice. Bot. Bull. Acad. Sin. 39: 119-123.

Shanahan, J. F., D. H. Smith and J. R. Welsh. 1984. An analysis of post – anthesis sink limited winter wheat grain under various environments. Agron. J. 76: 611-615.

Singh, M. k. and A. K Ghosh. 1981. Effect of flag leaf on grain yield of transplanted rice. International Rice Research Newsletter 6: 5.

Slafer, G. A. and R. Savin. 1994. Source–sink relationships and grain mass at different positions within the spike in wheat. Field Crop Res. 37: 39–49.

Venkateswarlu, B. 1976. Source-sink interrelationships in lowland rice. Plant Soil 44: 575-586.

Wada, G. and S. Matsushima. 1962. Analysis of yield determining processes and its application to yield prediction and culture improvement of lowland rice. LXI. Proc. Crop Sic. Soc. Jpn,.31:15-18.

Yin, Z., T. D. Wang., Y. Z. Li., G. X. Qiu., S. Y. Yang and G. M. Shen 1995. Community structure and light utilization of rice field. Acta Biol. Exp. Sin. 6 (3): 243-261.

Yoshida, S. and F. T. Parao. 1976. Climatic Influence on Yield and Yield Components of Lowland Rice in the Tropics. International Rice Research Institue. Los Banos, Phillippines.

Yoshida, S., J. H. Cock and F. T. Parao 1972. Physiological Aspects of High Yields. International Rice Research Institute. Los Banos, Phillippines.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]

Effect of source and sink limitation on grain yield and yield components of three rice genotypes under levels of nitrogen fertilizer

Afkhami Ghadi,. A.[1], N. Babaeian Jelodar[2], H. Pirdashti[3], N. Bagheri[4], E. Hasan Nataj[5]and R. Khademian[6]

ABSTRACT

Afkhami Ghadi, A., N. Babaeian Jelodar, H. Pirdashti, N. Bagheri, E. Hasan Nataj and R. Khademian. 2011. Effect of source and sink limitation on grain yield and yield components of three rice genotypes under levels of nitrogen fertilizer. **Iranian Journal of Crop Sciences. 13 (3): 495-509. (In Persian).**

To study the effect of source and sink limitation on grain yield and yield components of three genotypes of rice under different levels of nitrogen fertilizer a field experiment was conducted at Sari Agricultural and Natural Resources Sciences University, Sari, Iran, in 2009 growing season. Experiment was arranged as split-split-plot in randomized complete block design with three replications. Three levels of nitrogen fertilizer (0, 46 and 92 kg $N.ha^{-1}$) were assigned to main plots; three rice genotypes (Jelodar, Danesh and Jahesh) as sub-plots and four levels of source-sink limitation (control, removal all leaves except flag leaf, flag leaf removal and removal of $\frac{1}{3}$ end of panicle) in sub sub plots. Results showed that three genotypes had both source and sink limitations. Nitrogen fertilizer, however, could compensate sink limitation to some extent especially in optimum nitrogen level (46 kg $N.ha^{-1}$) by increasing photosynthates remobilization. The findings of this research indicated that flag leaf contributed about 22.61% in grain weight. Flag leaf had the highest efficiency in 92 kg. $N.ha^{-1}$, and other leaves had higher efficiency in 46 $kg.N.ha^{-1}$ in grain yield improvement. Furthermore, by imposing source limitations (particularly removal all leaves except flag leaf) greater variation in 1000 grain weight was observed in genotypes which had greater grain size (e.g. Danesh). Nitrogen× genotype interaction indicated that Jelodar genotype had the lightest grain yield with 8478 $kg.h^{-1}$ in 92 $kg.h^{-1}$ of nitrogen fertilizer level. Nitrogen× genotype interaction was significant for harvest index and Danesh genotype showed the highest harvest index (57.8%) in 46 $kg.h^{-1}$ of nitrogen fertilizer level.

Key words: Grain yield, Nitrogen fertilizer, Rice and Source-sink limitation.

Received: July, 2010 **Accepted: February, 2011**

1- M.Sc. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3- Associate Prof., Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran (Corresponding author) (Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)
4- Assistant Prof., Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
5- M.Sc. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
6- Ph.D. Student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

[DOR: 20.1001.1.15625540.1390.13.3.4.2]