



دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره پنجم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۴ (۳۱۰-۳۰۱)

اثر تراکم بوته بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه دو رقم برنج بومی

فردوس عادل‌ی مسیب^۱، مسعود اصفهانی^{۲*}، شاپور عبدالهی مبرهن^۳ و علی اعلمی^۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۶/۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۳/۱۹

چکیده

به منظور بررسی اثر تراکم بوته (۱۱/۱۱، ۱۶ و ۲۵ بوته در متر مربع) بر انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه دو رقم برنج حسنی و هاشمی، آزمایشی به صورت فاکتوریل با چهار تکرار در سال ۱۳۹۰ در موسسه تحقیقات برنج کشور- رشت اجرا شد. نتایج نشان داد که طول دوره رویش، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه در بوته، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه، وزن دانه، طول دانه، عرض دانه و کارایی انتقال مجدد ماده خشک دارای تفاوت معنی‌داری بین ارقام حسنی و هاشمی بودند. اثر تراکم بوته نیز بر تعداد پنجه در بوته، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه در مترمربع معنی‌دار بود. به غیر از تعداد پنجه در بوته، سایر صفات گیاهی با تراکم بوته افزایش یافتند. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته، افزایش تعداد دانه در متر مربع منجر به افزایش عملکرد دانه در ارقام برنج شد. تراکم ۲۵ بوته در متر مربع با ۴۸۵۳ کیلوگرم در هکتار، بالاترین میانگین عملکرد دانه را داشت و ساقه اصلی ۷۹۱ کیلوگرم در هکتار (۱۶/۳ درصد) از عملکرد دانه را تأمین کرد. با افزایش تراکم بوته، میزان فتوسنتز جاری تا ۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۲۵ بوته افزایش یافت و باعث افزایش عملکرد دانه شد. دو رقم حسنی و هاشمی به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین کارایی فتوسنتز جاری (به ترتیب ۵۹/۸ و ۳۹/۳ درصد) را داشتند. عملکرد دانه در هر دو رقم برنج با افزایش میزان فتوسنتز جاری افزایش یافت. میزان انتقال مجدد ماده خشک به طور متوسط با ۱۴۵۷ کیلوگرم در هکتار، کم‌تر از میزان فتوسنتز جاری با ۲۶۲۷ کیلوگرم در هکتار بود. به نظر می‌رسد که برای افزایش عملکرد دانه برنج، با توجه به اثر عامل تراکم بوته و با توجه به منابع تأمین مواد پرورده برای پرشدن دانه‌ها (انتقال مجدد و فتوسنتز جاری)، بایستی با تنظیم تراکم بوته به بهینه‌سازی انتقال مجدد و فتوسنتز جاری مبادرت ورزید.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد، دوره پرشدن دانه، عملکرد دانه، فتوسنتز جاری.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۳- پژوهشگر موسسه تحقیقات برنج کشور

۴- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

* نویسنده مسئول: esfahani@guilan.ac.ir

مقدمه

برنج یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهان است که در رژیم غذایی بیش از سه میلیارد جمعیت جهانی قرار داشته و زندگی صدها میلیون نفر از فقیرترین مردم جهان که در آسیا زندگی می‌کنند به ۴۰ میلیون هکتار زمین‌های زراعی برنجی وابسته است که توسعه و یکپارچه سازی آن‌ها با مشکل مواجه بوده و تحقیقات بایستی در جهت افزایش بهره‌وری این مناطق از راه افزایش محصول در واحد سطح چاره‌ای بیندیشد (Pandey *et al.*, 2008).

برای شکستن موانع دستیابی به پتانسیل عملکرد برنج، شرایط ارقام پر محصول که بتوانند در تراکم‌های زیاد قابل کشت باشند، توسط موسسه بین‌المللی برنج معرفی شده‌اند. این ارقام بایستی دارای قابلیت پنجه‌دهی پائین (سه تا چهار پنجه در بوته)، فاقد پنجه‌های غیربارور، تعداد دانه در خوشه ۲۰۰ تا ۲۵۰ عدد، ارتفاع بوته ۹۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر، ساقه ضخیم، دارای ریشه‌های گسترده و قوی، مقاوم به آفات و بیماری‌ها، طول دوره رویشی ۱۱۰ تا ۱۳۰ روز، شاخص برداشت ۶۰ درصد و عملکرد پتانسیل ۱۳ تا ۱۵ تن در هکتار باشند (Vergara *et al.*, 1990).

رجب‌زاده و میرلوحی (Rajabzadeh and Mirlohi, 1998) گزارش کردند که در برنج با کاهش فاصله ردیف و بوته، تعداد پنجه و خوشه در واحد سطح و عملکرد دانه افزایش یافته و از تعداد پنجه در بوته و شاخص برداشت کاسته می‌شود. آن‌ها وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین طول دوره رویشی گیاه برنج و تعداد دانه در خوشه را نیز گزارش کرده و نشان دادند که با تراکم بوته بیشتر، افزایش عملکرد حاصل می‌گردد. در یک آزمایش روی برنج مشاهده شد که با افزایش تراکم بوته، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه کاهش و تعداد پنجه در مترمربع و ارتفاع بوته افزایش یافتند. در تراکم ۲۵ بوته در متر مربع، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به ترتیب با میانگین‌های ۳۴۰۰، ۸۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۴۲/۴ درصد، حداکثر مقدار را داشتند (Bozorgi *et al.*, 2011). کاظمی پشت‌مساری و همکاران (Kazemi, 2000) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه در ارقام برنج را گزارش کردند.

در ارقام برنج زیرگونه هندی رایج در فیلیپین مشاهده شد که با اعمال تغییرات مدیریتی (تنظیم تراکم بوته)،

پتانسیل عملکرد افزایش یافته و ارقام نیمه پاکوتاه و پرپنجه تا ۱۰ تن شلتوک در هکتار در فصل زراعی خشک و ۶/۵ تن شلتوک در هکتار در فصل مرطوب محصول تولید نمودند (Cassman, 1993). در برنج رقم IR72 با افزایش تراکم بوته، درصد پنجه‌های غیربارور در هر دو فصل زراعی خشک و مرطوب افزایش یافت و در مرحله حداکثر پنجه‌دهی، ماده خشک پنجه‌های غیربارور ۱۸ درصد از کل ماده خشک را تشکیل داد. با توجه به این که این پنجه‌ها به طور مداوم پدیدار شده و از بین می‌روند، محاسبه اثر تنش‌های محیطی بر آن‌ها به طور کامل دشوار است. ماده خشک کل بوته در مرحله حداکثر پنجه‌زنی ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بود، بنابراین زیست توده این پنجه‌های غیربارور بخش کوچکی را در رابطه با عملکرد دانه ۱۰ تن شلتوک در هکتار و شاخص برداشت ۵۳ درصد داشت. کارایی انتقال مجدد ماده خشک و تأثیر آن در عملکرد دانه برنج تاکنون به درستی تعیین نشده است. درحالی‌که در گندم مقدار معینی از مواد پس از مرگ پنجه‌های غیر بارور به شاخه‌های فعال گسیل می‌گردد (Thorne and Wood, 1987).

هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی تغییرات عملکرد دانه در تیمارهای تراکم بوته در دو رقم برنج محلی حسنی و هاشمی و بررسی امکان افزایش عملکرد با استفاده از اجزای تشکیل دهنده عملکرد دانه (میزان انتقال مجدد و فتوسنتز جاری) بوده است.

مواد و روش‌ها

دورقم برنج بومی حسنی و هاشمی در سه تراکم ۱۱/۱۱، ۱۶ و ۲۵ بوته در متر مربع در یک آزمایش فاکتوریل ۳×۲ با چهار تکرار در سال ۱۳۹۰ در مزرعه آزمایشی موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در جنوب شهرستان رشت با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹ درجه شرقی کشت شدند. ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی به ترتیب: بافت خاک (لومی-رسی)، شن: ۱۲ درصد، رس: ۴۲ درصد، سیلت: ۴۶ درصد، هدایت الکتریکی (۱/۳۶) دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیته گل اشباع (۷/۶۶)، نیتروژن (۰/۱۵) درصد و فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب ۱۰/۱، ۲۱۹، ۳۹/۶ و ۶/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بودند.

پس از بذریابی ارقام برنج مورد آزمایش در خزانه، گیاهچه‌ها در مرحله سه تا چهار برگی به صورت تک نشاء

میزان ماده خشک در مرحله گرده افشانی / میزان ماده خشک انتقال مجدد یافته = کارایی انتقال مجدد ماده خشک (درصد)

(۳)

$100 \times (\text{وزن دانه} / \text{میزان ماده خشک انتقال مجدد یافته}) = \text{سهام انتقال مجدد ماده خشک (درصد)}$

(۳)

$100 \times (\text{وزن دانه} / \text{میزان ماده خشک انتقال مجدد یافته}) = \text{سهام انتقال مجدد ماده خشک (درصد)}$

(۴)

میزان انتقال مجدد ماده خشک - عملکرد دانه = میزان فتوسنتز جاری

(۵)

$100 \times (\text{میزان ماده خشک گیاهی در مرحله گرده افشانی} / \text{میزان فتوسنتز جاری}) = \text{کارایی فتوسنتز جاری (درصد)}$

(۶)

سهام انتقال مجدد - $100 =$ سهم فتوسنتز جاری برای محاسبه روز-درجه حرارت تجمعی دریافتی گیاه (cdd)، دماهای متوسط روزانه از ابتدا تا انتهای دوره رشد گیاه از موسسه تحقیقات هواشناسی کشاورزی در مجاورت موسسه تحقیقات برنج کشور اخذ و پس از کسر کردن میزان دمای پایه برنج (۱۰ درجه سانتی‌گراد) (Yoshida, 1981)، برای هر تیمار به صورت تجمعی ثبت شدند.

محاسبات و تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و Excel انجام شد. آزمون مقایسه میانگین به روش توکی در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. قبل از تجزیه آماری، آزمون نرمال بودن داده‌ها به روش کلموگروف-اسمیرنوف با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار رقم بر صفات دوره رشد گیاه و روز-درجه حرارت تجمعی دریافتی در این دوره (cdd)، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه بارور در بوته، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در مترمربع، وزن دانه، طول دانه و عرض دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه پنجه‌های فرعی، عملکرد دانه ساقه اصلی و نقش آن در عملکرد دانه کل، تعداد کل دانه در خوشه (پر و پوک) و کارایی فتوسنتز جاری دارای تفاوت

در زمین اصلی با فواصل ۳۰، ۲۵ و ۲۰ سانتی‌متر با آرایش مربع نشاءکاری شدند. مقدار کود مطابق توصیه موسسه تحقیقات برنج کشور برای عناصر غذایی اصلی (NPK) برابر با ۱۰۰:۱۵۰:۱۰۰ (به ترتیب از منابع اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) تأمین شدند. هفت روز پس از نشاء کاری از علف کش بوتاکلر (ماچتی؛ امولسیون ۶۰ درصد) استفاده شد. کنترل علف‌های هرز در طی دوره آزمایش به صورت دستی انجام گرفت. آبیاری در دوره رشد بر اساس نیاز گیاه انجام شد و با استفاده از سموم دیازینون (امولسیون ۶۰ درصد) و تریسیکلازول (بیم) (۷۰ درصد) به ترتیب علیه لارو ساقه‌خوار و بیماری بلاست استفاده شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از هر کرت آزمایشی، بوته‌های پنج مترمربع از متن هر کرت کف‌بر شده و پس از جداکردن ساقه اصلی و پنجه‌های فرعی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن تک دانه، طول و عرض دانه اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه تراکم دانه، تعداد کل دانه در خوشه بر طول خوشه تقسیم گردید و برای محاسبه تعداد دانه در متر مربع، تعداد دانه پر در خوشه در تعداد پنجه هر بوته و به دنبال آن در عدد تراکم بوته ضرب شد. شاخص برداشت پنجه‌های فرعی و ساقه اصلی نیز از تقسیم عملکرد دانه آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک فرعی و اصلی محاسبه شد (Sarmadnia and Koocheki, 1993). برای اندازه‌گیری انتقال مجدد ماده خشک، در هر کرت آزمایش پنج بوته در دو مرحله گرده افشانی (Anthesis) و رسیدگی فیزیولوژیک به صورت کف‌بر برداشت شد و پس از خشکاندن در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، توزین گردید. میزان انتقال مجدد ماده خشک، کارایی و سهم آن، میزان و کارایی و سهم فتوسنتز جاری در دوره پرشدن دانه با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شدند (Fang et al., 2010; Ehdai et al., 2006 and Bonnet and Incoll, 1993):

(۱)

میزان ماده خشک در مرحله رسیدگی (بدون دانه) - میزان ماده خشک گیاهی در مرحله گرده افشانی = میزان انتقال مجدد ماده خشک

(۲)

معنی‌دار بود، اما اثر تیمار رقم بر عملکرد دانه کل، شاخص برداشت کل، شاخص برداشت پنجه‌های فرعی و ساقه اصلی، تعداد دانه در خوشه، تراکم دانه در خوشه، میزان انتقال مجدد ماده خشک، کارایی و سهم آن، میزان فتوسنتز جاری و سهم آن بین دو رقم معنی‌دار نگردید (جدول ۱). این دو رقم برنج با این که از نظر تعداد خوشه و تعداد دانه در متر مربع با هم متفاوت بودند، اما عملکرد دانه مشابهی داشتند. این دو صفت به طور غیر معنی‌داری در هاشمی بیش‌تر از حسنی بود، ولی وزن دانه در حسنی بیش‌تر از هاشمی بود. این آزمایش نشان داد که وزن دانه در حسنی و هاشمی با این‌که هر دو بومی هستند، با یکدیگر دارای تفاوت‌های معنی‌داری بودند. آنچه اهمیت زیادی دارد این است که ساقه اصلی در رقم حسنی با میانگین ۵۹۳ کیلوگرم در هکتار، ۱۵/۱ درصد در عملکرد دانه نقش داشت و با افزایش تراکم بوته، این نقش بیش‌تر گردید، به طوری که در تراکم ۲۵ بوته در متر مربع به ۷۹۱ کیلوگرم شلتوک در هکتار رسید و ۱۶/۱ درصد عملکرد دانه کل را در این تراکم تشکیل می‌داد. در آزمایش حاضر رقم هاشمی دارای عملکرد بیش‌تری نسبت به حسنی بود، در حالی که وزن دانه حسنی به طور معنی‌داری بیشتر از هاشمی به‌دست آمد. معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ‌های برنج بر تعداد دانه پر در خوشه، وزن دانه، تعداد خوشه در مترمربع و عملکرد دانه در آزمایش بلوچ و همکاران (Baloch *et al.*, 2002) نیز گزارش شده است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد پنجه‌های فرعی نیز مانند عملکرد دانه کل بین دو رقم فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بود، ولی عملکرد ساقه اصلی در حسنی به ترتیب با ۱۵۱ و ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار، تفاوت معنی‌داری داشتند که نشان دهنده اهمیت ساقه اصلی در چنین آزمایش‌هایی می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده ارقام حسنی و هاشمی نشان داد که دوره رشد فیزیولوژیک و روز-درجه تجمعی این دوره، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه در بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در مترمربع، طول دانه و شکل دانه در هاشمی به طور معنی‌داری بیش‌تر از حسنی و وزن دانه، عرض دانه و کارایی فتوسنتز جاری حسنی بیش‌تر از هاشمی بودند (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین اثر تراکم بوته، نشان داد که عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه کل، عملکرد دانه

پنجه‌های فرعی و ساقه اصلی، نقش ساقه اصلی در عملکرد دانه، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در متر مربع و میزان فتوسنتز جاری با افزایش تراکم بوته، در سطح احتمال پنج درصد افزایش یافت، اما تعداد پنجه در بوته کاهش یافت (جدول ۳). تعداد دانه در مترمربع در عملکرد دانه برنج اهمیت زیادی دارد و برای افزایش آن تا حد ممکن و به روش‌های مختلفی بایستی کوشش شود. ورگارا و همکاران (Vergara *et al.*, 1990) کاهش تعداد پنجه به میزان ۳ تا ۴ و تعداد دانه در مترمربع تا ۶۰۰۰۰ عدد را برای استفاده از افزایش تراکم بوته لاین‌های اصلاح شده جدید پیشنهاد کردند. اثر تراکم بوته بر دوره رشد گیاه و روز-درجه تراکمی دریافتی در این دوره، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد پنجه در بوته، وزن دانه، طول دانه، عرض دانه، شکل دانه و کارایی فتوسنتز جاری فاقد اثر معنی‌دار بود. صفات سه‌گانه انتقال مجدد ماده خشک شامل میزان، کارایی و سهم آن تحت تأثیر هیچکدام از عوامل رقم و تراکم بوته قرار نگرفتند، اما از صفات کارایی فتوسنتز جاری و میزان فتوسنتز جاری، اولی در اثر عامل رقم و دومی در اثر تراکم بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند (جدول ۳). میانگین میزان فتوسنتز جاری گیاه برنج در این آزمایش ۲۶۳۰ کیلوگرم در هکتار و بازه تغییرات آن ۵۹۰ تا ۵۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و بقیه مواد پرورده برای تشکیل عملکرد دانه در دوره پرشدن دانه از طریق انتقال مجدد ماده خشک تأمین گردید. میزان فتوسنتز جاری در تراکم‌های ۱۱/۱۱، ۱۶ و ۲۵ بوته در متر مربع به ترتیب ۱۸۵۰، ۲۶۵۰ و ۳۳۸۰ کیلوگرم در هکتار در دوره پرشدن دانه بوده و برای تشکیل عملکرد به دانه افزوده شد که اهمیت و نقش فتوسنتز جاری در این دوره را بسیار با اهمیت نشان می‌دهد. با توجه به روند تشکیل عملکرد دانه، مسلم است که هرگونه اختلال در فتوسنتز جاری، تأمین مواد پرورده لازم برای پر شدن دانه‌ها از طریق فرایند انتقال مجدد ماده خشک صورت خواهد گرفت.

نتایج تجزیه همبستگی پیرسون متغیرهای آزمایش نشان داد که بین عملکرد دانه کل با عملکرد بیولوژیک ($r=0/92^{**}$)، عملکرد پنجه‌های فرعی ($r=0/99^{**}$) رابطه مثبت و معنی‌دار و با عملکرد ساقه اصلی ($r=0/64^{**}$)، تعداد خوشه در مترمربع ($r=0/74^{**}$)، تعداد دانه پر در مترمربع ($r=0/73^{**}$) و میزان فتوسنتز جاری ($r=0/64^{**}$) رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. عملکرد دانه کل با

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات گیاهی ارقام برنج حسنی و هاشمی در تیمارهای تراکم بوته

Table 1. Analysis of variance for plant characteristics of rice cultivars (Hasani and Hashemi) in plant density treatments

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	طول دوره رویش Growth duration	روز- درجه تجمعی Cumulative degree-day	ارتفاع بوته Plant height	طول خوشه Panicle length	تعداد پنجه در بوته No. of tillers.plant ⁻¹	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه کل Total grain yield	عملکرد دانه پنجه فرعی Grain yield of sub-tillers	عملکرد دانه ساقه اصلی Grain yield of main stem	
Replication	تکرار	3	3.89	737.5 ^{ns}	65.25 ^{ns}	7.47 ^{ns}	2.65 ^{ns}	32597.6 ^{ns}	6971.9 ^{ns}	7095.9 ^{ns}	36.15 ^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	160.8**	43337.3**	1068.0**	97.2**	79.21**	96411.4*	6419.3 ^{ns}	8350.4*	126.78*
Density (D)	تراکم	2	3.79 ^{ns}	1169.3 ^{ns}	53.77 ^{ns}	4.61 ^{ns}	29.36*	254807.2**	46324.3*	24680.7*	3433.4**
D×C	رقم× تراکم	2	2.54 ^{ns}	1003.5 ^{ns}	9.72 ^{ns}	3.31 ^{ns}	0.32 ^{ns}	6333.9 ^{ns}	7314.5 ^{ns}	7314.5 ^{ns}	0.09 ^{ns}
Error	خطای آزمایشی	15	7.26	2136.5	51.94	9.94	5.40	16435.2	4728.9	4728.9	19.08
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	2.47	2.72	5.86	11.03	20.50	15.20	16.84	16.84	7.66

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

^{ns}, * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

Table 1. Continued

جدول ۱- ادامه

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	نقش ساقه اصلی در عملکرد دانه Effect of main stem in grain yield	تعداد خوشه در مترمربع Panicle.m ⁻²	تعداد دانه در خوشه Total grain.panicle ⁻¹	تعداد دانه پر در مترمربع Filled grain.m ⁻²	وزن دانه Grain weight	طول دانه Grain length	عرض دانه Grain width	میزان فتوسنتز جاری Current photosynthesis	کارایی فتوسنتز جاری Current photosynthesis efficiency	
Replication	تکرار	3	7.31 ^{ns}	1381.34 ^{ns}	400.67 ^{ns}	1649507.7 ^{ns}	11.18 ^{ns}	0.44**	0.14 ^{ns}	27092.4 ^{ns}	947.11 ^{ns}
Cultivar (C)	رقم	1	28.24*	22533.9**	1969.28*	198311122.6**	146.03**	9.08**	2.36**	9376.9 ^{ns}	2515.15*
Density (D)	تراکم	2	54.52**	17269.6**	53.38 ^{ns}	173480188.4**	12.1 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}	46813.5*	206.42 ^{ns}
D×C	رقم× تراکم	2	13.0 ^{ns}	677.4 ^{ns}	324.25 ^{ns}	10653425.7 ^{ns}	9.18 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.05 ^{ns}	8955.7 ^{ns}	165.37 ^{ns}
Error	خطای آزمایشی	15	5.88	1315.8	361.15	10865648.3	7.0	0.05	0.07	9133.4	499.12
CV (%)	ضریب تغییرات (%)	-	17.26	19.27	13.33	19.42	9.71	3.25	11.76	62.63	38.49

* and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

^{ns}, * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات زراعی ارقام برنج حسنی و هاشمی در تیمارهای تراکم بوته

Table 2. Mean comparison of plant characteristics of rice cultivars (Hasani and Hashemi) in plant density treatments

Plant characteristics	صفات گیاهی	ارقام برنج	
		Hashemi هاشمی	Hasani حسنی
Growth duration (day)	طول دوره رویش (روز)	111.8 ^a	106.6 ^b
Cumulative degree- day (cdd)	روز- درجه تجمعی طول دوره رویش	1739.1 ^a	1654.1 ^b
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	129.7 ^a	116.3 ^b
Panicle length (cm)	طول خوشه	30.6 ^a	26.6 ^b
Tiller number per plant	تعداد پنجه در بوته	13.2 ^a	9.5 ^b
Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک	9069.2 ^a	7801.2 ^b
Total grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه کل	4246.2 ^a	3919.4 ^a
Grain yield of sub-tillers (kg.m ⁻²)	عملکرد دانه پنجه‌های فرعی	3699.3 ^a	3326.3 ^a
Grain yield of main stem (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه ساقه اصلی	547.1 ^b	593.1 ^a
Effect of main stem in grain yield (%)	نقش ساقه اصلی در عملکرد دانه	13.0 ^b	15.1 ^a
Panicle number per m ²	تعداد خوشه در مترمربع	218.9 ^a	157.6 ^b
Spikelet number per panicle	تعداد کل دانه در خوشه	151.6 ^a	133.5 ^b
Filled grain number per m ²	تعداد دانه پر در مترمربع	19845 ^a	14096 ^b
Grain weight (mg)	وزن دانه	24.8 ^b	29.7 ^a
Grain length (mm)	طول دانه	7.4 ^a	6.2 ^b
Grain width (mm)	عرض دانه	2.0 ^b	2.6 ^a
Current photosynthesis efficiency (%)	کارایی فتوسنتز جاری	39.3 ^b	59.8 ^a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ردیف، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with at least a similar letter in each row are not significantly different using Tukey's test at 5% probability level.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تراکم بوته بر صفات زراعی ارقام برنج بومی حسنی و هاشمی در تیمارهای تراکم بوته

Table 3. Mean comparison of plant characteristics of rices cultivars (Hasani and Hashemi) in plant density treatments

Plant characteristics	صفات گیاهی	تراکم بوته (Plant.m ⁻²)		
		25	16	11.11
Tiller number per plant	تعداد پنجه در بوته	9.6 ^b	11.1 ^{ab}	13.4 ^a
Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک	10334.1 ^a	8178.4 ^b	6792 ^b
Total grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه کل	4853.2 ^a	4065.2 ^{ab}	3331.2 ^b
Grain yield of sub-tillers (kg.m ⁻²)	عملکرد دانه پنجه‌های فرعی	4061.3 ^a	3525.3 ^{ab}	2951 ^b
Grain yield of main stem (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه ساقه اصلی	791.5 ^a	540.2 ^b	380.3 ^c
Effect of main stem in grain yield (%)	نقش ساقه اصلی در عملکرد دانه	16.9 ^a	13.6 ^b	11.7 ^b
Panicle number per m ²	تعداد خوشه در مترمربع	239.4 ^a	176.8 ^b	148.6 ^b
Filled grain number per m ²	تعداد دانه پر در مترمربع	22194 ^a	15464 ^b	13253.3 ^b
Current photosynthesis efficiency	میزان فتوسنتز جاری	338.0 ^a	265.0 ^{ab}	185.0 ^b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ردیف، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

Means with at least a similar letter in each row are not significantly different using Tukey's test at 5% probability level.

پنجه در بوته با عملکرد ساقه اصلی ($r = -0.52^{**}$) و وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد پنجه در بوته با نقش عملکرد ساقه اصلی ($r = -0.71^{**}$) و کاهش تعداد پنجه در اثر افزایش تراکم (جدول ۳)، جهت جلوگیری از به هدر رفتن انرژی لازم برای تبدیل آن‌ها به پنجه‌های غیر بارور ناشی از تنش رقابتی گیاهان، باید تحقیقات روی ارقامی با تعداد پنجه کم‌تر از والدین حسنی و هاشمی (حسنی ریشک‌دار محلی و بینام محلی) متمرکز شود که در آنها تعداد پنجه‌های بارور کم و فاقد پنجه‌های غیربارور، بوده و طول خوشه بیش‌تری داشته باشند. از سوی دیگر، با کاهش قابلیت پنجه‌دهی گیاه می‌توان تراکم بوته را به منظور افزایش تعداد ساقه اصلی به دلیل نقش بارز آن در عملکرد دانه افزایش داد. به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه در کاشت چند نشایی به جای تک نشایی یکی از دلایل موفقیت تولید کنندگانی باشد که از این شیوه استفاده می‌کنند. بنابراین، نتایج این پژوهش به‌طور خلاصه عبارتند از: ۱) افزایش تعداد دانه (مخازن) در واحد سطح با استفاده از افزایش تراکم بوته، ۲) افزایش تعداد ساقه اصلی در واحد سطح به صورت کاشت چند نشایی و ۳) تنظیم تراکم بوته و سایر نهاده‌ها در جهت افزایش میزان انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری.

عملکرد ساقه اصلی، تعداد پنجه در بوته، تعداد کل دانه در خوشه، وزن دانه و کارایی فتوسنتز جاری دارای همبستگی غیر معنی‌داری بود. این نتایج با نظریه ورگارا (Vergara *et al.*, 1990) دایر بر کاهش تعداد پنجه در بوته و تأکید بر افزایش تعداد دانه در واحد سطح به منظور افزایش عملکرد مطابقت داشت. با افزایش تعداد دانه پر در مترمربع، هر سه صفت عملکردی (کل، پنجه‌های فرعی و ساقه اصلی) افزایش یافتند و با تعداد خوشه در متر مربع همبستگی بالایی را نشان دادند (جدول ۴).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که دستیابی به یک روش ساده، سریع و آسان برای افزایش عملکرد دانه در دو رقم برنج حسنی و هاشمی از راه افزایش تراکم بوته امکان‌پذیر است. نتایج نشان داد که عملکرد دانه کل، پنجه‌های فرعی و ساقه اصلی با تعداد دانه در متر مربع و نیز با تعداد خوشه در متر مربع دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود و بنابراین تا جایی که ممکن است باید تعداد دانه در متر مربع را افزایش داد. با توجه به اینکه تعداد پنجه در بوته و وزن دانه دارای همبستگی غیر معنی‌دار با هر دو صفت عملکرد دانه کل و پنجه‌های فرعی بودند و نیز با توجه به وجود همبستگی متوسط منفی و معنی‌دار تعداد

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات زراعی ارقام برنج حسنی و هاشمی در تیمارهای تراکم بوته

Table 4. Correlation coefficients between plant characteristics of rice cultivars (Hasani and Hashemi) in plant density treatments

صفت [†] Trait [†]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2	0.1**								
3	0.47*	0.047*							
4	0.22 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.46*						
5	0.54**	0.54**	0.50*	0.36 ^{ns}					
6	0.16 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.45*	0.12 ^{ns}				
7	0.09 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.92**			
8	0.16 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.36 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.88**	0.99**		
9	-0.28 ^{ns}	-0.28 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	0.17 ^{ns}	-0.52**	0.71**	0.64**	0.50*	
10	-0.44*	-0.045*	-0.29 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.71**	0.07 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	-0.26 ^{ns}	0.70**
11	0.31 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.49*	0.31 ^{ns}	0.89**	0.71**	0.71**	0.58**
12	0.43*	0.43*	0.53**	-0.10 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.02 ^{ns}
13	0.27 ^{ns}	0.25 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.50*	0.27 ^{ns}	0.89**	0.73**	0.70**	0.60**
14	-0.60**	-0.60**	-0.47*	-0.17 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	-0.09 ^{ns}
15	0.66**	0.63**	0.52**	0.49*	0.51*	0.34 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.32 ^{ns}	-0.10 ^{ns}
16	-0.41*	-0.41*	-0.58**	0.61**	-0.51*	-0.22 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.09 ^{ns}	0.14 ^{ns}
17	-0.22 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	-0.26 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	-0.36 ^{ns}	0.52**	0.64**	0.62**	0.49*
18	-0.37 ^{ns}	-0.39 ^{ns}	-0.45*	-0.41*	-0.56**	-0.08 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.12 ^{ns}

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}، * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Table 4. Continued.

جدول ۴- ادامه

صفت [†] Trait [†]	10	11	12	13	14	15	16	17
10								
11	0.07 ^{ns}							
12	0.06 ^{ns}	0.12 ^{ns}						
13	0.12 ^{ns}	0.99 ^{**}	0.22 ^{ns}					
14	-0.05 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	-0.67 ^{**}	-0.35 ^{ns}				
15	-0.34 ^{ns}	0.54 ^{**}	0.34 ^{ns}	0.53 ^{**}	-0.59 ^{**}			
16	0.22 ^{ns}	-0.41 ^{ns}	-0.39 ^{ns}	-0.40 ^{ns}	0.54 ^{**}	-0.58 ^{**}		
17	0.06 ^{ns}	0.27 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	0.33 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.16 ^{ns}	
18	0.07 ^{ns}	-0.30 ^{ns}	0.27 ^{ns}	-0.23 ^{ns}	0.09 ^{ns}	-0.31 ^{ns}	0.37 ^{ns}	0.78 ^{**}

^{ns}, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

†: ۱- دوره رشد گیاه برنج (روز)، ۲- درجه- روز تجمعی دوره رشد گیاه (cdd)، ۳- ارتفاع بوته (cm)، ۴- طول خوشه (cm)، ۵- تعداد پنجه در بوته، ۶- عملکرد زیست‌توده (kg.ha⁻¹)، ۷- عملکرد دانه کل (kg.ha⁻¹)، ۸- عملکرد دانه پنجه‌های فرعی (kg.ha⁻¹)، ۹- عملکرد دانه ساقه اصلی (kg.ha⁻¹)، ۱۰- نقش ساقه اصلی در عملکرد دانه (درصد)، ۱۱- تعداد خوشه در متر مربع، ۱۲- تعداد کل دانه در خوشه، ۱۳- تعداد دانه پر در متر مربع، ۱۴- وزن دانه (mg)، ۱۵- طول دانه (mm)، ۱۶- عرض دانه (mm)، ۱۷- میزان فتوسنتز جاری (kg.ha⁻¹)، ۱۸- کارایی فتوسنتز جاری (درصد).

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

†: 1. Plant growth duration (day), 2. Cumulative degree- day (cdd), 3. Plant height (cm), 4. Panicle length (cm), 5. Tiller number per plant, 6. Biological yield (kg.ha⁻¹), 7. Total grain yield (kg.ha⁻¹), 8. Grain yield of tillers (kg.ha⁻¹), 9. Grain yield of main stem (kg.ha⁻¹), 10. Effect of main stem in grain yield (%), 11. Panicle number.m⁻², 12. Grain number.panicle⁻¹, 13. Filled grain number.m⁻², 14. Grain weight (mg), 15. Grain length (cm), 16. Grain width (mm), 17. Current photosynthesis rate (kg.ha⁻¹), 18. Current photosynthesis efficiency (%).

پیشنهادها

نتایج این آزمایش نشان داد که اندازه مخزن با استفاده از تنظیم تراکم بوته قابل افزایش است و به تبع آن میزان انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری نیز در تراکم معینی افزایش خواهد یافت. بر این اساس، مدیریت نهاده‌ها برای ارتقای میزان انتقال مجدد بایستی طوری اجرا شود که میزان فتوسنتز جاری آن قدر کاهش نیابد که عملکرد دانه کم شود. با توجه به افزایش حساسیت گیاه برنج به خوابیدگی بوته در اثر افزایش تراکم بوته، بازداري از انتقال مجدد محافظه کارانه در ارقام برنج حسنی و هاشمی باید بر

مبنای پژوهش‌هایی در باره روش‌های آبیاری و مدیریت سایر نهاده‌های کشاورزی انجام شود.

سپاسگزاری

نگارندگان سپاسگزاری خود را از ریاست و کارکنان محترم بخش تحقیقات اصلاح بذر موسسه تحقیقات برنج کشور جهت فراهم کردن امکانات اجرای این تحقیق اعلام می‌کنند.

References

- Baloch, A. W., Soonro, A. M., Javed M. A. and Ahmed, M. 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Science* 1 (1): 25-27.
- Bonnet, G. D. and Incoll, L. D. 1993. Effects on the stem of winter barley of manipulating the source and sink during grain-filling. I: Changes in dry matter accumulation and loss of mass from internodes. *Journal of Experimental Botany* 44: 75-82.
- Bozorgi, H. R., Faraji, A. and Danesh, R. K. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of rice. *World Applied Sciences Journal* 12 (11): 2053-2057.

- Cassman, K. G. 1993.** Breaking the yield barrier. Proceedings of a workshop on rice yield potential in favorable environments. November 29-December 4, 1993. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Chaudhary, R. C. and Tran, D. V. 2001.** Special rices of the world: A prologue. In: Chaudhary, R. C. and Tran, D. V. (Eds.). Speciality rices of the world breeding, production and marketing. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. pp: 3-12.
- Ehdaie, B. and Waines, J. G. 1996.** Genetic variation for contribution of pre-anthesis assimilates to grain yield in spring wheat. **Journal of Genetics and Breeding** 50: 47-55.
- Ehdaie, B., Alloush, G., Madore, M. A. and Waines, J. G. 2006.** Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. I: Postanthesis changes in internode dry matter. **Crop Science** 46: 735-746.
- Esfahani, M., Mojtabai Zamani, M. and Amiri Larijani, B. 2009.** The growing rice plant: An anatomical monograph. University of Guilan Press, Iran. (In Persian).
- Fang, Y., Xu, B. C., Turner, N. C. and Li, F. M. 2010.** Grain yield, dry matter accumulation and remobilization and root respiration in winter wheat as affected by seeding rate and root pruning. **European Journal of Agronomy (EURAGR-24937)**: 1-10.
- Kazemi Poshtemasari, H., Pirdashti, H., Bahmanyar, M. A. and Nasiri, M. 2000.** Effect of nitrogen quantities and distribution on dry matter remobilization in rice cultivars. **Iranian Journal of Crop Science** 41 (1): 11-18. (In Persian with English Abstract).
- Lack, S., Bahmani, M. and Mombeini, M. 2011.** The study of dry matter remobilization in rice cultivars due to planting density variations. **Advances in Environmental Biology** 5 (10): 3338-3344.
- Pandey, S., Rosegrant, M. W., Sulser, T. and Bahandari, H. 2008.** Rice price crisis: Causes, impacts and solutions. **Asian Journal of Agriculture and Development** 7 (2): 1-15.
- Rajabzadeh, M. and Mirloohi, A. F. 1998.** The effect of planting arrangement and plant density on rice yield and yield components in Esfahan. **Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources** 2 (2): 61-70. (In Persian with English Abstract).
- Sarmadnia, G. and Koocheki, A. 1993.** Crop Physiology. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, Iran. (In Persian).
- Thorne, G. N. and Wood, D. W. 1987.** The rate of carbon in drying tillers of winter wheat. **Journal of Agricultural Science** 106: 515-522.
- Vergara B. S., Venkateswarlu, B., Janoria, M., Ahn, J. K., Kim, J. K. and Visperas, R. M. 1990.** Rationale for a low-tillering rice plant type with high density grains. **Philippines Journal of Crop Science** 15: 33-40.
- Yoshida, S. 1981.** Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.



University of Guilan
Faculty of Agricultural
Sciences

Cereal Research
Vol. 5, No. 4, Winter 2016 (301-310)

Effect of plant density of dry matter remobilization and grain yield for two local rice cultivars

Ferdos Adeli Mosabbab¹, Masoud Esfahani^{2*}, Shapour Abdollahi Mobarhan³ and Ali Aalami⁴

Received: August 25, 2014

Accepted: June 9, 2015

Abstract

To study the effect of planting density (11.11, 16 and 25 plants.m⁻²) on dry matter remobilization and grain yield of rice cultivars, Hasani and Hashemi, a field experiment in factorial layout based on randomized complete block design with four replications carried out at Rice Research Institute of Iran (RRII) in 2011. Results showed that the plant height, number of tillers.plant⁻¹, biological yield, grain yield of main stem and other tillers, number of panicles.m⁻², number of grain.panicle⁻¹, number of filled grains.panicle⁻¹, number of grains.m⁻², grain weight, grain length and its width and dry matter remobilization efficiency were significantly differ between Hassani and Hashemi cultivars and the effect of density on grain yield, harvest index, secondary tillers and main stem harvest indices, the number of filled grain.panicle⁻¹, grain density.panicle⁻¹, dry matter remobilization, current photosynthesis rate were significantly different. Apart number of tillers.plant⁻¹, other traits were increased with plant density. An increasing in plant density, increased the number of grains.m⁻² and leads to increase in grain yield of rice cultivars. The average total grain yield (4853 kg.ha⁻¹) obtained from 25 plant.m⁻² and the main stem produced 791 kg.ha⁻¹ (16.3%) of grain yield. Also, there was a significantly increasing in the current photosynthesis in grain filling duration with 3380 kg ha⁻¹ in 25 plant.m⁻² treatment and greatly enhance the total grain yield. The rice cultivars, Hasani and Hashemi, with an average of 59.8% and 39.3% in the current photosynthesis efficiency were significantly different. Grain yield of both rice cultivars increased alongside increase in current photosynthesis rate and the dry matter remobilization was less than the current photosynthesis. It seems that in order to increase the grain yield of rice, plant density should be increased for dry matter remobilization and current photosynthesis enhancement.

Keywords: Current photosynthesis, Grain filling duration, Grain yield and Remobilization.

1. M. Sc. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Scientific Member of Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran
4. Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

* Corresponding author: esfahani@guilan.ac.ir