

## اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه چند رقم برنج\* Effects of Source and Sink Limitation on Grain Yield and Yield Components of some Rice Cultivars

یوسف نیک‌نژاد، رضا ضرغامی، مرتضی نصیری و همت‌الله پیردشتی

مؤسسه تحقیقات برنج کشور

تاریخ دریافت: ۱۳۸۳/۱۱/۲۹

### چکیده

نیک‌نژاد، ی.، ضرغامی، ر.، نصیری، م.، و پیردشتی، ه.، ۱۳۸۶. اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه چند رقم برنج. نهال و بذر ۲۳: ۱۲۶-۱۱۳.

به منظور تعیین اثر محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزاء عملکرد چهار رقم برنج، آزمایشی در سال ۱۳۸۲ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل) با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل اعمال محدودیت منبع و مخزن در چهار سطح (قطع تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم، قطع برگ پرچم، قطع یک سوم انتهای خوشه و شاهد) و فاکتور رقم در چهار سطح (طارم، ندا، شفق و فجر) بود. در این آزمایش صفاتی از قبیل عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه، طول خوشه، درصد باروری خوشه و وزن هزاردانه، در تمام تیمارها ارزیابی شدند. با اعمال تیمارهای محدودیت منبع و مخزن بین ارقام از نظر عملکرد دانه، شاخص برداشت، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه، وزن هزار دانه و سایر صفات مرتبط تفاوت معنی‌داری وجود داشت. اثر متقابل رقم × تیمار بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و طول خوشه معنی‌دار ( $p < 0.01$ ) شد. تیمار شاهد و قطع یک سوم انتهای خوشه به ترتیب با میانگین عملکرد ۵۲۵۵/۳ و ۴۰۵۵/۱ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد را داشتند. در بین ارقام برنج، رقم ندا با میانگین ۵۴۱۹/۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را دارا بود. تیمار قطع یک سوم انتهای خوشه با میانگین ۸۸/۵۵ درصد بیشترین و تیمار قطع برگ پرچم با ۷۶/۴ درصد، کمترین درصد باروری خوشه را داشتند. شاخص برداشت، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه با عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری را داشتند و وزن هزار دانه با عملکرد همبستگی منفی داشت ولی این همبستگی معنی‌دار نبود. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که در بین ارقام، رقم طارم دارای محدودیت مخزن و بقیه از ارقام (فجر، شفق و ندا) دارای محدودیت منبع بودند.

واژه‌های کلیدی: برنج، محدودیت منبع و مخزن، عملکرد دانه، برگ پرچم.

\* قسمتی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول که به گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد ورامین ارائه شده است.

## مقدمه

خشک تجمعی، اندازه سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه می شود و سهم همه برگ ها، برگ پرچم به تنهایی و ریشک ها در عملکرد به ترتیب ۴۲، ۱۹ و ۸/۶ درصد بوده است. بوشار و همکاران (Boshar *et al.*, 1991) گزارش دادند که سطح برگ پرچم در برنج اثر معنی داری بر عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه دارد. 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 شده است. ون کاتزوارلو (Venkateswarlu, 1976) از طریق کاهش تعداد خوشچه های یک رقم برنج دریافت که اگرچه ظرفیت مخزن یک عامل مهم در تعیین عملکرد برنج به شمار می آید، اما به نظر می رسد که محدودیت منبع در برنج اهمیت بیشتری در تعیین عملکرد دارد. اگر گلدهی در دمای بالا صورت بگیرد موجب عقیمی درصد زیادی از گل ها می شود در چنین مناطقی یکی از معیارهای اصلاحی، گلدهی زود در اوایل صبح است (Anonymous, 1989). ریچارد (Richard, 1982) نشان داد که بین شاخص سطح برگ در مرحله خوشه دهی و تعداد خوشچه همبستگی مثبتی وجود دارد البته این رابطه ممکن است در سال های مختلف متفاوت باشد. ودا و همکاران (Veda *et al.*, 1998) گزارش دادند که ۷۷ رقم برنج در چهار منطقه مختلف درصد باروری بین ۶۰ تا ۹۰ درصد را

عملکرد برآیند عواملی مانند طول دوره رشد گیاه، سرعت، مدت و ارتباط بسیاری از فرایندهای حیاتی در مراحل نمو گیاهی است. هیچ فرایندی به تنهایی کلید دسترسی به حداکثر پتانسیل عملکرد را در اختیار نمی گذارد. اجزاء عملکرد مستقل از یکدیگر نیستند، افزایش یک جزء با مقدار معین اغلب موجب کاهش در یکی از اجزاء دیگر می شود (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۴). حرکت مواد فتوسنتزی از منبع به محل مصرف مبتنی بر ظرفیت تولید مواد فتوسنتزی (منبع) از یک طرف و ظرفیت مصرف مواد فتوسنتزی (مخزن) از طرف دیگر است. قسمت های منبع محصول آن هایی هستند که قدرت گیاه را برای جذب انرژی نوری (اندازه برگ و تمرکز کلروپلاست در برگ) تعیین می کنند. اجزاء 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 این بدان مفهوم است که موازنه صحیح بین منبع و مخزن عامل مهم دستیابی به عملکردهای مطلوب خواهد بود. در گیاهان زراعی پتانسیل منبع و مخزن تابع دو عامل ژنتیکی و شرایط محیطی است (مرادی، ۱۳۷۶). داس و موخرجک (Dos and Mukher Jec, 1991) سهم برگ و ریشک در عملکرد دانه گندم پاکوتاه را مطالعه کرد و چنین نتیجه گرفت که قطع برگ ها و ریشک ها در مرحله گلدهی باعث کاهش ماده

۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی با ۲۹/۸ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارها شامل دو فاکتور رقم در چهار سطح (طارم، فجر، شفق و ندا) و اعمال محدودیت منبع و مخزن در چهار سطح (قطع تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم، قطع برگ پرچم، قطع یک سوم انتهای خوشه و شاهد) بودند. پس از گذشت یک ماه از بذریابی در خزانه (۱۳۸۲/۱/۲۴) نشاءها با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌متر و در زمینی به ابعاد ۱۰ مترمربع در ۲۰ ردیف نشاء کاری شدند. مبارزه با علف‌های هرز و سایر عملیات داشت از قبیل مبارزه با آفات و بیماری‌ها و غیره طبق دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد (اشراقی و داداشی، ۱۳۷۳). قبل از مصرف کود یک نمونه مرکب خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری زمین محل اجرای جهت تجزیه خاک برداشت شد و میزان کود مصرفی براساس آزمون خاک و به طور یکنواخت در همه کرت‌ها مصرف شد. کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان ۷۰، ۴۸ و ۲۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از منابع اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به کار برده شدند. تمامی کودها فسفر و پتاسیم و نیمی از کود نیتروژن (۳۵ کیلوگرم نیتروژن خالص) در هنگام نشاء کاری و بقیه کود نیتروژن با دو مقدار مساوی در هنگام پنجه‌زنی و مرحله تشکیل آغازین‌های خوشه مورد استفاده قرار گرفت.

دارا بودند. قسمت بالای خوشه (خوشچه‌های بالاتر) دانه‌هایی با وزن بیشتری نسبت به بخش‌های پایین‌تر خوشه (خوشچه‌های پایین‌تر) دارند. شرایط محیطی غیرعادی نیز بر وزن هزاردانه تا اندازه‌ای مؤثر است (Greenfield et al., 1998). مالی (۱۳۷۸) گزارش داد که حذف برگ‌های گندم در مراحل اولیه تشکیل دانه (مرحله گلدهی و شیری شدن دانه) عملکرد بیولوژیکی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت را در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر قرار داده است. طبق بررسی‌های هی (Hay, 1995) شاخص برداشت در برنج در مقایسه با گندم بالاتر گزارش شده است زیرا اختصاص مواد فتوسنتزی در بین اندام‌ها در گندم و برنج متفاوت است. بر خلاف سایر غلات، دستیابی به عملکرد بیشتر در برنج بسیار محدود است، زیرا از نظر فیزیولوژیکی رشد دانه توسط پوست دانه محدود می‌شود و در اغلب مناطق وزن هزاردانه برنج یکی از پایدارترین خصوصیات واریته‌ای به شمار می‌آید (Greenfield et al., 1998). در این تحقیق با مقایسه فیزیولوژیکی ارقام قدیم و جدید اثر سطوح مختلف تیمار محدودیت منبع و مخزن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام مختلف برنج مورد بررسی قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۲ در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل) با ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و

اختلاف معنی داری ( $p < 0.01$ ) وجود دارد. بین ارقام از نظر تمامی صفات مورد مطالعه اختلاف معنی داری ( $p < 0.01$ ) وجود داشت. اثر متقابل تیمارهای محدودیت منبع و مخزن و رقم بر صفات عملکرد، شاخص برداشت، طول خوشه و درصد باروری خوشه معنی دار ( $p < 0.01$ ) بود. میانگین صفات مورد مطالعه برای ارقام برنج مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. در بین ارقام رقم طارم با عملکرد ۳۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کمترین و رقم ندا با عملکرد ۵۴۱۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشتند. رقم طارم دارای اندازه خوشه کوچک تری نسبت به سایر ارقام است. بالا بودن عملکرد در رقم ندا به دلیل تعداد پنجه بارور و میانگین وزن هزاردانه (۳۰/۶ گرم) بیشتر است (جدول ۳). بین تیمارهای مختلف محدودیت منبع و مخزن نیز اختلاف معنی داری ( $p < 0.01$ ) مشاهده گردید (جدولهای ۴ و ۵). به طوری که بیشترین عملکرد ( $5255/3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) را تیمار شاهد و کمترین عملکرد ( $4055/1 \text{ kg ha}^{-1}$ ) را تیمار قطع یک سوم انتهای

میزان بارندگی، متوسط درجه حرارت ماهانه، حداکثر و حداقل دما و متوسط رطوبت نسبی در ماههای طول دوره رشد گیاه ثبت شد. در زمان برداشت (۴ شهریور) پس از حذف حاشیه پنج مترمربع از وسط کرت برداشت و برای اندازه گیری عملکرد و اجزاء عملکرد در نظر گرفته شد و صفات تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در خوشه، درصد باروری خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت محاسبه گردید. برای محاسبه های آماری و رسم نمودارها از نرم افزارهای رایانه ای SAS و EXCEL و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چنددامنه ای دانکن استفاده شد.

### نتایج و بحث

آمار هواشناسی مربوط به ایستگاه محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه (جدول ۲) نشان داد که بین تیمارهای محدودیت منبع و مخزن از نظر عملکرد، شاخص برداشت، تعداد دانه، تعداد دانه پوک، طول خوشه و درصد باروری خوشه

جدول ۱- میزان بارندگی، متوسط درجه حرارت ماهانه، حداکثر، حداقل دما و رطوبت نسبی در طول دوره رشد برنج در سال ۱۳۸۲

Table 1. Total precipitation, mean, maximum and minimum temperatures and relative humidity during the growth period of rice in 2003

Precipitation and temperature	بارندگی و درجه حرارت	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September
Precipitation (mm)	بارندگی	65.3	6.1	6.6	4.3	12.0
Mean temperature (°C)	میانگین درجه حرارت	16.3	23.0	25.9	27.3	25.4
Maximum temperature(°C)	حداکثر دما	19.1	32.0	33.5	33.4	30.4
Minimum temperature(°C)	حداقل دما	13.4	15.0	17.2	19.4	18.2
Relative humidity (%)	متوسط رطوبت نسبی	75.0	75.0	76.4	77.0	79.0

دادند که در درجه حرارت‌های بالاتر، مراحل نمو سریع‌تر صورت می‌گیرد و تعداد خوشچه‌ها در هر خوشه کاهش می‌یابد. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان داد که با اعمال تیمار محدودیت منبع و مخزن، تعداد دانه در خوشه کاهش می‌یابد (جدول ۴). همچنین ارقام مختلف از نظر درصد باروری خوشه اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). در بین ارقام، رقم طارم بیشترین درصد باروری خوشه (۸۹/۸ درصد) را دارا بود. این رقم به علت تعداد دانه کمتر (۹۳/۷ عدد) دارای درصد خوشچه‌های بارور (پر) بیشتری بود. در بین تیمارهای محدودیت مبدأ و مقصد نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شده است (نصیری، ۱۳۷۲). تیمار قطع یک سوم انتهای خوشه بیشترین درصد باروری را دارا بود، با حذف قسمتی از خوشه منبع تولید مواد فتوسنتزی توانایی پر کردن دانه‌های باقی مانده را داشته و درصد باروری خوشه بالا رفته است و تیمار قطع برگ پرچم کمترین درصد باروری خوشه را دارا بود که نشان‌دهنده اهمیت برگ پرچم در پر کردن دانه است. ارقام مختلف از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۳). رقم فجر و ندا به ترتیب با ۵۳/۵۱ و ۵۰/۹۶٪ برتر از سایر ارقام بودند و رقم طارم کمترین شاخص برداشت (۳۷/۶ درصد) را دارا بود. ارقام متوسط‌ترس به دلیل انتقال مواد پرورده بیشتر به دانه دارای شاخص برداشت بیشتری نسبت به

خوشه دارا بودند (جدول ۴)، تیمار شاهد به دلیل عدم حذف اندام‌های فتوسنتزکننده دارای بیشترین عملکرد بود و تیمار قطع یک سوم انتهای خوشه به دلیل حذف قسمتی از مخزن عملکرد کمتری را دارا بود. میانگین وزن هزاردانه در رقم ندا نسبت به بقیه ارقام بیشتر بود (جدول ۳)، ولی اعمال تیمارهای مختلف محدودیت منبع و مخزن بر وزن هزاردانه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). همان‌طور که در مطالعات مختلف نشان داده شده است بر خلاف سایر غلات، عملکرد بیشتر در برنج از طریق افزایش اندازه دانه بسیار محدود است چرا که از نظر فیزیولوژی، رشد دانه توسط پوست دانه محدود می‌شود. ضریب تغییرات وزن هزاردانه نه رقم در ۱۹ سال آزمایش در ژاپن بین ۲/۲ تا ۴/۲ درصد و با میانگین ۳/۳ درصد بود در حالی که میانگین ضریب تغییرات تعداد خوشه ۱۲/۴ درصد و عملکرد ۱۴/۱ درصد بوده است (Yoshida and Parao, 1976)؛ (Greenfield *et al.*, 1998). رقم طارم نسبت به سایر ارقام، از نظر میانگین تعداد دانه در خوشه اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). بیشترین و کمترین تعداد دانه در خوشه به ترتیب متعلق به رقم فجر و رقم طارم با ۱۴۱/۲۳ و ۹۳/۷۷ دانه در خوشه بود. آکتیا (Aktia, 1989) گزارش داد که رقم‌های زودرس نسبت به رقم‌های دیررس خوشه بیشتری تولید می‌کنند. یوشیدا و پارائو (Yoshida and Parao, 1976) گزارش

اختلاف معنی داری داشتند (جدول ۳). رقم شفق و فجر به طور مشترک با میانگین ۳۱/۲۷ دانه پوک و رقم طارم با میانگین ۹/۶۹ دانه پوک به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه پوک در خوشه را دارا بودند. رقم طارم به دلیل کوچک بودن ظرفیت مخزن (خوشه در طارم نسبت به سایر ارقام کوچک تر است)، منبع توانایی نسبی بیشتری برای پر کردن مخزن را داشت. اعمال تیمارهای محدودیت منبع و مخزن بر روی تعداد دانه پوک در خوشه معنی دار شد (جدول ۴). در بین تیمارهای محدودیت منبع و مخزن، حذف تمام برگ‌ها به جز برگ پرچم بیشترین تعداد دانه پوک (۳۱/۳) در خوشه را دارا بود، که دلیل آن حذف قسمت عمده اندام‌های فتوسنتزکننده بود که در اثر آن مواد غذایی کافی برای پر کردن همه دانه‌ها وجود نداشته و منجر به افزایش تعداد دانه پوک در خوشه شد. همچنین تیمار حذف یک سوم انتهایی خوشه کمترین تعداد دانه پوک را دارا بود که با حذف قسمتی از منبع و مخزن موجود توان بیشتری برای پر کردن دانه داشت. تمام اجزاء عملکرد با عملکرد همبستگی مثبت و معنی داری را داشتند (جدول ۶)، اما وزن هزار دانه با عملکرد دارای همبستگی منفی بود که معنی دار نشد، این مطلب به دلیل ثابت بودن وزن هزار دانه و کنترل ژنتیکی آن است. به طور کلی در پایان می‌توان گفت که رقم طارم که یک رقم بومی با عملکرد کمی پایین است دارای محدودیت

رقم طارم بودند و در رقم طارم که یک رقم پابلند می‌باشد شاخص برداشت کمتری مشاهده شد. نتایج مشابهی توسط مرادی (۱۳۷۶) و پردشتی (۱۳۷۸) گزارش شده است. محققین دیگری نیز گزارش کرده‌اند که همبستگی منفی بین شاخص برداشت و ارتفاع بوته وجود دارد (رحیمیان و بنیان، ۱۳۷۶؛ Yoshida, 1983). اعمال تیمارهای محدودیت منبع و مخزن نیز از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی داری داشتند (جدول ۴). در بین تیمارها، تیمار قطع برگ پرچم و قطع یک سوم انتهایی خوشه به ترتیب با ۴۹/۴ و ۴۲/۵ درصد بیشترین و کمترین شاخص برداشت را دارا بودند. در تیمار قطع یک سوم انتهایی خوشه به دلیل حذف قسمتی از عملکرد بیولوژیکی باعث افزایش شاخص برداشت شده است. ارقام مختلف از نظر طول خوشه اختلاف معنی داری داشتند (جدول ۳). رقم شفق و رقم طارم به ترتیب با ۲۵/۷۴ و ۲۰/۳۴ سانتی‌متر بیشترین و کمترین طول خوشه را دارا بودند. این اختلاف مربوط به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام مختلف برنج است. نتایج مشابهی توسط سایر محققین (محمدی، ۱۳۷۷) گزارش شده است. تیمارهای مختلف محدودیت منبع و مخزن نیز از نظر طول خوشه اختلاف معنی داری داشتند (جدول ۴). تیمار شاهد بیشترین (۲۵/۳۸ cm) و تیمار قطع یک سوم انتهایی خوشه کمترین (۱۸/۰۴ cm) طول خوشه را دارا بودند. از نظر تعداد دانه پوک در خوشه ارقام مختلف

کیفیت بالا، زودرسی و همچنین عملکرد نسبی بالای ارقام فجر و شفق (نصیری و همکاران، ۱۳۸۱) می‌توان با تحقیقات جامع تر خصوصاً در مورد به زراعی این ارقام، کشت آن‌ها را به طور گسترده‌تر در مازندران و همچنین در مناطق دیگر کشور توصیه کرد.

#### سیاسگزاری

از آقایان دکتر نعمتی و دکتر کاشانی که با نظرات خود راهگشای بسیاری از مشکلات در طول این تحقیق بودند و همچنین از کلیه همکاران در دانشگاه آزاد اسلامی ورامین و مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل) که امکانات انجام این بررسی را فراهم کردند سپاسگزاری می‌شود.

مخزن اما ارقام اصلاح شده و جدید ندا، فجر و شفق دارای محدودیت منبع هستند. بنابراین برای رسیدن به حداکثر عملکرد اقتصادی در این ارقام باید این موضوع را مد نظر قرار داد که محدودیت منبع در این ارقام به هر شکل از قبیل بیماری سوختگی غلاف یا تنش‌های محیطی نظیر خشکی می‌تواند به کاهش شدید در عملکرد این ارقام منجر شود و از طرف دیگر حفظ برگ‌های این ارقام با استفاده از روش‌های مختلف نظیر محلول‌پاشی عناصر غذایی در اواخر رشد یا مبارزه با آفات و بیماری‌ها می‌تواند افزایش عملکرد قابل توجهی را به دنبال داشته باشد. اگرچه رقم ندا عملکرد بیشتری به دلیل وزن هزاردانه و میانگین پنجه بالاتر نسبت به سایر ارقام داشت، ولی با توجه به

#### References

#### منابع مورد استفاده

- اشراقی، ا.، و داداشی، ع. ۱۳۷۳. دستورالعمل فنی کاشت، داشت و برداشت برنج. انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران. ۱۴ صفحه.
- پیردشتی، ه. ۱۳۷۸. بررسی روند انتقال مجدد ماده خشک، نیتروژن و تعیین شاخص‌های رشد ارقام برنج در تاریخ‌های مختلف کاشت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- رحیمیان، ح.، و بنایان اول، م. ۱۳۷۶. مبانی فیزیولوژی اصلاح نباتات (ترجمه)، چاپ اول. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. ۳۴۴ صفحه.
- مالی، م. ۱۳۷۸. بررسی اثرات حذف برگ‌ها پس از گلدهی بر عملکرد دانه گندم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشگاه علوم زراعی.
- محمدی، خ. ۱۳۷۷. بررسی کشت مستقیم برنج به روش خشکه کاری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جیرفت.

- مرادی، ف. ۱۳۷۶. بررسی فیزیولوژی اثر تنش گرما بر روی رشد و عملکرد شش رقم برنج در شرایط منطقه اهواز. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه اهواز.
- نصیری، م. ۱۳۷۲. اهمیت برگ پرچم در عملکرد برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- نصیری، م.، بهرامی، م.، و حسینی، ص. ۱۳۸۱. معرفی رقم جدید برنج با کیفیت مطلوب. انتشارات مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران. ۲۸ صفحه.
- هاشمی دزفولی، ا.، کوچکی، ع.، و بنایان اول، م. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.

- Akita, S. 1989.** Progress in Irrigated Rice Research, 3rd. ed. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Anonymous,. 1989.** Rice Races, Plant Types and Varietal Improvement. 2nd ed. Los Banos, Philippines.
- Boshar, M. K., Haque, E., Das, R. K., and Miah, N. M. 1991.** Relationship of flag leaf area to yield, filled grain per panicle and panicle length in upland rice varieties. International Rice Research Newsletter 16: 2-12.
- Greenfield, S. M., Fisher, K. S., and Dowling, N. G. 1998.** Sustainability of Rice in the Global Food System. 1st. ed. Los Banos, Philippines.
- Dos, N. R., and Mukher Jec, N. N. 1991.** Grain yield contribution by leaf and awn in dwarf wheat (*Triticum aestivum*). and rice (*Oryza sativa*). Environment and Ecology 9: 33-36.
- Hay, R .K. M. 1995.** Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop physiology. Annual of Applied Biology 126: 197-216.
- Richard, C. D. 1982.** Physiological Aspect of Crop Yield . 2nd ed. Wisconsin, U. S. A.
- Singh, M. K., and Ghosh, A. K. 1981.** Effect of flag leaf on grain yield of transplanted rice. International Rice Research Newsletter 6: 5.
- Veda, K., Kustutani, A., Asanuma, K., and Ihii, M. 1998.** Effect of transplanting time on growth of rice cultivar Kinuhikari in Kagawa prefecture. Japanese Journal of Crop Science 67: 289-296.



- Venkateswarlu, B. 1976.** Source-sink interrelationships in lowland rice. *Plant and Soil* 44: 575-586.
- Yoshida, S. 1983.** Rice. Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environment. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.
- Yoshida, S., and Parao, F. T. 1976.** Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.

---

**آدرس نگارندگان:**

یوسف نیک‌نژاد - دانشگاه آزاد اسلامی واحد آمل.  
رضا ضرغامی - مؤسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج.  
مرتضی نصیری - مؤسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، آمل.  
همت‌الله پیردشتی - مجتمع آموزش عالی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه مازندران، ساری.