مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۸ ، شماره ۱، سال ۱۳۹۱

# تعیین نیاز کود نیتروژن در برنج براساس دیاگرام رنگ برگ

# Determination of Nitrogen Fertilizer Requirment in Rice Based on Leaf Color Chart

مجید نحوی[۱]، ناصر دواتگر[۲]، فرحناز دریغ گفتار[۳]، عبدالحسین شیخ حسینیان[۴] و مهرناز عباسیان[۵]

۱- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت (نگارنده مسئول)
۲- عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت
۳، ۴ و ۵- کارشناس، موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

**تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۹/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۲/۲۱**

## چکیده

**نحوی، م.، دواتگر، ن.، دریغ‌گفتار، ف.، شیخ‌حسینیان، ع. و عباسیان، م. ۱۳۹۱.** تعیین نیاز کود نیتروژن در برنج براساس دیاگرام رنگ برگ. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۸ (۱):** ۶۸ - ۵۳.

**همزمان کردن مصرف کود نیتروژن با زمانی که گیاه به نیتروژن نیاز دارد می‌تواند سبب افزایش کارآیی کود نیتروژن شده و افزایش عملکرد دانه را به همراه داشته باشد. این زمان را می‌توان بوسیله ابزارهایی مانند کلروفیل متردستی و دیاگرام رنگ برگ تعیین نمود. این آزمایش بمنظور تعیین مقدار کود نیتروژن مورد نیاز ارقام برنج براساس شماره رنگ تعیین شده با استفاده از دیاگرام رنگ برگ اجراء شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال (۱۳۸۸- ۱۳۸۷) در موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) به اجرا در آمد. عوامل آزمایش شامل ارقام برنج سه رقم: دیلم، خزر و هاشمی به عنوان کرت اصلی و پنج سطح کودنیتروژن (روش متداول، ۲۰، ۴۰،۳۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص) به عنوان کرت فرعی بودند. نتایج نشان داد که ارقام مختلف برنج از نظر ارتفاع بوته، تعداد دانه پر نشده و وزن هزاردانه، عملکرد دانه، تعداد پنجه و تعداد دانه پرشده دارای اختلاف معنی‌دار بودند. مقدار مصرف نیتروژن و اثر برهمکنش رقم × نیتروژن برای صفات ارتفاع بوته، طول خوشه و عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه ارقام دیلم، خزر و هاشمی به ترتیب ۶۶۸۱، ۶۱۲۸ و ۴۶۲۶ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج نشان داد که مصرف ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار باعث افزایش راندمان بازیافت (۷۲/۴۱ درصد) و راندمان زراعی (۳۶/۲۱ کیلوگرم دانه به ازای مصرف هر کیلوگرم نیتروژن) گردید. با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش توصیه می‌شود، با کاهش عدد دیاگرام رنگ برگ به کمتر از ۴ برای ا رقام دیلم و خزر ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۶۵ کیلوگرم اوره) و برای رقم هاشمی با کاهش عدد دیاگرام رنگ برگ به کمتر از ۳ مقدار۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۴۵ کیلوگرم اوره) در هر هکتار مصرف نمود.**

**واژه‌های کلیدی: برنج، راندمان بازیافت، راندمان زراعی، وزن هزار دانه و عملکرد دانه.**

آدرس الکترونیکی نگارنده مسئول: nahvi41@gmail.com

**مقدمه**

نیتروژن به عنوان محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در تولید برنج می‌باشد و یکی از عناصر ضروری در مراحل رشد رویشی و زایشی که با افزایش سطح برگ و فتوسنتز سبب تولید بیشتر شیره پرورده می‌شود و درمرحله پرشدن دانه نیز نقش بسزایی دارد (De Data *et al.*, 1988; Evans, 1975). نیتروژن عنصرکلیدی در رشدگیاه برنج بوده و تشکیل‌دهنده قسمت عمده ساختمان اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، نوکلئوتید و کلروفیل می‌باشد. نیتروژن در رشد رویشی و زایشی مؤثر بوده و سطح برگ، تعداد خوشه، تعداد دانه و مقدار پروتئین دانه را افزایش می‌دهد. بنابراین نیتروژن در تمامی عوامل مؤثر در عملکرد نقش مهمی دارد (Malakouti and Kavousi, 2004).

استفاده از ابزارهای کمکی برای تعیین زمان دقیق مصرف کود نیتروژن می‌تواند نه تنها راندمان بکارگیری این کود را بهبود بخشد بلکه به حفظ محیط زیست نیز کمک نماید. دستگاه کلروفیل متردستی (Soil Plant Analysis Development (SPAD)) و دیاگرام رنگ برگ (Leaf Color Chart (LCC)) به عنوان وسیله‌ای برای تعیین زمان دقیق نیاز به کود نیتروژن در برنج توانسته است به این مهم دست یابد. بطوریکه با استفاده از این وسایل می‌توان راندمان زراعی و راندمان بازیافت را افزایش داد (Dobermann and Fairhurst, 2000). اولین دیاگرام رنگ برگ استفاده شده در ژاپن شامل یک نوار با ۷ رنگ بود که پس از استانداردکردن توسط کلروفیل متر مورد استفاده قرارگرفت. سپس محققان دانشگاه ژجیانگ چین آن را توسعه دادند و برای ارقام ایندیکا، ژاپونیکا و برنج هیبرید واسنجی نمودند (Dilz, 1988). استفاده آسان از دیاگرام رنگ برگ سبب شد تا محققین مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI=International Rice Research Institute) در سال ۱۹۹۵ مطالعه‌ای را دراین زمینه برروی چهار رقم برنج برای دستیابی به یک الگوی مناسب برای برنج انجام دهند و نتیجه گرفتند که رنگ برگ در برنج حالت‌های متفاوت داشته و شامل شش رنگ در ارقام مختلف است و بر این اساس دیاگرام رنگ برگ‌های جدید ساخته شد (Shunkla *et al.*, 2004). نحوی وصبوری (Nahvi and Sabouri, 2009) نشان دادند که حد بحرانی دیاگرام رنگ برگ یا کلروفیل متردستی برای ارقام محلی با رنگ برگ روشن (مانند هاشمی) به ترتیب برابر ۳ و ۳۵ و برای ارقام اصلاح شده با رنگ برگ تیره (مانند خزر و هیبرید) به ترتیب برابر ۴ و ۳۸ است.

با وجود سهولت استفاده ازکلروفیل متر، گران بودن آن برای زارعین موجب شده است تا محققان وسیله‌ای ارزانتر بسازند که نه تنها کاربرد آن آسان باشد بلکه قیمت آن برای کشاورزان نیز گران نباشد. بر این اساس

دیاگرام رنگ برگ را معرفی کردند (Dobermann and Fairhurst, 2000).

مدحج و همکاران (Modhej *et al.*, 2009) در یک بررسی جهت تعیین تاثیر نیتروژن بر عملکرد گندم در دو شرایط بهینه و تنش گرمایی نتیجه گرفتند که کاهش میزان نیتروژن باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه شد. همچنین بیان داشتند که کاهش مقدار نیتروژن باعث افزایش کارآیی زراعی مصرف نیتروژن شد. ووهو و همکاران (Woo-Ho *et al.*, 2003) در آزمایشی برروی گیاه برنج در فیلیپین گزارش کردند که همبستگی خطی بین درجه‌بندی‌های دیاگرام رنگ برگ و میزان نیتروژن براساس وزن خشک برگ وجود دارد. شافع و همکاران (Shafe *et al.*, 2011) به منظور بررسی برهمکنش دو عنصر نیتروژن و روی بر عملکرد و محتوی کلروفیل و روی در برگ و دانه دو رقم هیبرید ذرت سینگل کراس در استان فارس گزارش کردند که بر همکنش کود نیتروژن وکود روی بر رشد و ترکیب شیمیایی دانه ذرت، کلروفیل برگ و عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود.

ناشی موتو و همکاران (Nachimuthu *et al.*, 2007) حد بحرانی و مقدار مصرف کودنیتروژنه با استفاده از دیاگرام رنگ برگ را تعیین و نشان دادند که عملکرد دانه و عملکرد کاه با افزایش عدد دیاگرام رنگ برگ زیاد می‌شود. آنها همچنین گزارش کردند که با شماره ۵ دیاگرام و مصرف ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در هر بار (و در مجموع با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص درهکتار در دوره رشد) میزان عملکرد برابر با ۵۰۴۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. این وضعیت برای شماره ۴ دیاگرام و مصرف ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در هر بار و با مصرف ۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در دوره رشد و با ذخیره ۵۰ درصدی نیتروژن اختلاف آماری از نظر عملکرد دانه نداشت. مرشدالعلم و همکاران (Murshedul Alam *et al.*, 2005) با تعیین مناسب‌ترین زمان مصرف کود نیتروژن با استفاده از دیاگرام رنگ برگ در جنوب غربی بنگلادش در شرایط زارعین بدون محدودیت آب گزارش کردندکه عملکرد دانه نسبت به شرایط عرف بین ۱۰۰ تا ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داشت. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2002) نشان دادند که عدد ۳۷/۵ کلروفیل‌متر و عدد ۴ دیاگرام رنگ برگ برای رقم برنج مورد بررسی مناسب‌تر بود و پس از هر بار قرائت و پایین بودن عدد به دست آمده ازحد بحرانی می‌بایستی مقدار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار مصرف نمود. این محققین همچنین گزارش کردندکه استفاده از این روش بدون کاهش عملکرد نهایی موجب ۱۲/۵ تا ۲۵ درصد صرفه‌جویی در مصرف نیتروژن شد. پنگ و همکاران (Peng *et al.*, 2003) درآزمایشی برای تعیین زمان دقیق مدیریت مصرف نیتروژن با استفاده از دیاگرام رنگ

برگ یا کلروفیل متردستی در اراضی شالیزاری کشاورزان در چند منطقه با راندمان زراعی پایین نشان دادندکه در اغلب مناطق با استفاده از دیاگرام رنگ برگ یا کلروفیل متردستی عملکرد دانه و راندمان مصرف نیتروژن افزایش و مجموع نیتروژن مصرفی کاهش یافت. پنگ و همکاران (Peng *et al.*, 1996) در یک آزمایش گزارش کردندکه عدد ۳۵ کلروفیل متر برای رقم IR72 مناسب‌ترین عدد بود و مصرف حدود ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را توصیه کردند. راندمان زراعی در این حالت نیزدر حد مطلوب بود. اشنیر و همکاران (Schnier *et al.*, 1990)و ددداتا و همکاران (De Data *et al.*, 1988) در دو تحقیق جداگانه عنوان کردندکه درآسیا و در زمین‌هایی که در آنها کشت برنج انجام می‌گیرد، راندمان بازیافت نیتروژن پایین و در حدود ۲۰ تا ۴۰ در صد می‌باشد.

این آزمایش با هدف تعیین مقدارکود نیتروژن مورد نیاز ارقام برنج دیلم، خزر و هاشمی براساس حدود بحرانی تعیین شده برای هر رقم با استفاده از دیاگرام رنگ برگ انجام گردید.

**مواد و روش‌ها**

این پژوهش به صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت به مدت دو سال (۱۳۸۷ و ۱۳۸۸) اجراء شد. کرت‌های اصلی به ارقام برنج در سه سطح شامل: رقم دیلم (برنج هیبرید)، خزر (رقم اصلاح شده) و هاشمی (رقم بومی) و مقدار مصرف کود نیتروژن درپنج سطح: روش عرف (بر اساس مقادیر توصیه شده برای رقم‌های هاشمی ۶۰ کیلوگرم، دیلم ۱۲۰ و خزر ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (از منبع کود اوره) به صورت یک سوم پایه و یک سوم سرک در مرحله تشکیل جوانه اولیه در خوشه و یک سوم نیز در مرحله آبستنی)، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به کرت‌های فرعی که در هر بار قرائت دیاگرام رنگ برگ در صورت پایین‌تر بودن شماره رنگ از حد بحرانی (شماره رنگ ۳ برای رقم هاشمی و ۴ برای ارقام خزر و دیلم) کود نیتروژن مصرف شود، اختصاص داده شد. در هر تکرار یک کرت شاهد بدون کاربرد کود نیتروژن با مصرف سایر کودها برای اندازه‌گیری‌های صفات فیزیولوژیکی گنجانده شد.

بذور آزمایش پس ازآماده‌سازی در بستر خزانه پاشیده و مراقبت‌های لازم در طول دوره رشد انجام و پس ازسه تا چهار برگه شدن در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۳ متر با تراکم بوته ۲۵× ۲۵ سانتی‌متر به تعداد سه تا چهار گیاهچه برای ارقام هاشمی و خزر و یک تا دو گیاهچه برای رقم دیلم نشاکاری گردید. صد کیلوگرم اکسید پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم برای تمامی ارقام (مصرف کود پتاس به صورت ۷۰ درصد پایه و ۳۰ درصد سرک در مرحله

تشکیل جوانه اولیه در خوشه) مصرف شد. ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل برای رقم هاشمی، ۶۰ کیلوگرم برای خزر و ۹۰ کیلوگرم برای هیبرید دیلم به عنوان کود پایه مصرف شد. به منظور اجتناب از اختلاط آب کرت‌ها برای هر تکرار کانال‌های آبیاری و زهکشی بطور جداگانه به نحوی طراحی گردید که هر کرت مستقلاً قابل آبیاری بود و هیچگونه ارتباطی بین آب آن با کرتهای دیگر وجود نداشت. مرزهای هر کرت با پلاستیک نایلونی به عمق حدود ۳۰ سانتی‌متر پوشیده شد. قبل از نشاکاری و کودپاشی یک نمونه خاک مرکب (از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) تهیه شد و تجزیه‌های لازم شامل:کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل جذب در آن انجام گرفت. نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- تجزیه فیزیکو- شیمیایی خاک (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) مزرعه آزمایشی
Table1. Soil physico- chemical analysis for experimental site (0-30 cm depth)

| بافت | درصد کربن آلی | شوری (دسی‌زیمنس بر متر) | پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) | فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) | ظرفیت تبادل کاتیونی (میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰گرم خاک) | درصد نیتروژن کل | اسیدیته خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Texture | O.C. (%) | Salinity ($dS.m^{-1}$) | $K_{ava}$ (ppm) | $P_{ava}$ (ppm) | CEC (meq.100 g of soil) | Total N (%) | pH |
| لومی رسی Silty clay | 1.94 | 1.82 | 190 | 11.47 | 30 | 0.22 | 7.15 |

دو هفته پس از نشاکاری اولین قرائت دیاگرام رنگ برگ در ۱۰ برگ توسعه یافته از سه قسمت پایین، بالا و پهن‌ترین قسمت برگ از هر کرت بطور تصادفی آغاز گردید و به ازای هر دو هفته یک بار تکرار گردید و تا شروع گلدهی ادامه داشت. اگر ۶ برگ یا بیشتر از ۶ برگ از ۱۰ برگ قرائت شده توسط دیاگرام رنگ برگ دارای مقادیرکمتر از حد بحرانی تعیین شده برای آن رقم داشت، از کود نیتروژن بر پایه تیمارهای پیشنهادی استفاده شد. مجموعاً برای ارقام دیلم، خزر و هاشمی به ترتیب ۱۲۷، ۱۰۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار مصرف شد. ۷۰، ۹۷، ۱۱۱ و ۱۳۶ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب برای تیمارهای ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار مصرف شد.

نمونه‌گیری از دانه‌ها و اندام هوایی در انتهای فصل رشد برای اندازه‌گیری مقدار نیتروژن انجام گردید. عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد دانه پر شده، تعداد دانه پوک و وزن هزار دانه محاسبه شدند. برخی از صفات مربوط به کارآیی مصرف نیتروژن نیز مانند راندمان

بازیافت، راندمان زراعی، راندمان فیزیولوژیکی و شاخص برداشت نیتروژن محاسبه شدند. غلظت نیتروژن در دانه و بقایای گیاهی در هر تیمارکودی درآزمایشگاه اندازه‌گیری شد و پس از محاسبه میزان جذب نیتروژن، راندمان زراعی (Agronomic efficieny = AE) راندمان بازیافت نیتروژن (Recovery efficiency = RE)، راندمان فیزیولوژیکی (Physiological efficiency = PE) و شاخص برداشت نیتروژن (Nitrogen harvest index = NHI) محاسبه شدند.

برای محاسبه راندمان بازیافت (RE) از رابطه زیر استفاده شد (Dilz, 1988).

رابطه (۱)

$$RE = \frac{\text{کل نیتروژن جذب شده در کرت با مصرف کود نیتروژن} - \text{کل نیتروژن جذب شده در کرت بدون کود}}{\text{مقدار کود مصرف شده در کرتی که کودپاشی شده}} \times 100$$

برای محاسبه راندمان زراعی (AE) (کیلوگرم کود مصرف/ کیلوگرم دانه) از رابطه زیر استفاده گردید (Novo and Loomis, 1989).

رابطه (۲)

$$AE = \frac{\text{عملکرد در کرتی که نیتروژن مصرف شده} - \text{عملکرد کرت بدون مصرف کود}}{\text{میزان نیتروژن مصرف شده در کرتی که کود پاشی شده}}$$

پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از همگنی اشتباه آزمایش‌ها، تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-c و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

**نتایج و بحث**

تجزیه واریانس مرکب داده نشان داد که اثر رقم بر روی همه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار (به استثنای طول خوشه که درسطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود) بود (جدول ۲). نیتروژن بر همه صفات مورد بررسی (به استثنای تعداد دانه پر و وزن هزار دانه) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. این نتایج نشان‌دهنده تفاوت‌های بین ارقام و تاثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر صفات مورد بررسی بود. چون ارقام اصلاح شده دارای تعداد پنجه بیشتر، ارتفاع بوته کوتاه‌تر، تعداد دانه در خوشه بیشتر نسبت به ارقام بومی می‌باشند، مصرف به موقع کود نیتروژن، افزایش تعداد پنجه‌های مؤثر را موجب شد و در نهایت سبب افزایش عملکرد در هر کدام از ارقام در مقایسه با سایر تیمارهای اعمال شده

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف در سه رقم برنج در تیمارهای مختلف نیتروژن

Table 2. Combined analysis of variance for different traits in three rice varieties in different nitrogen treatments

| S.O.V. | منبع تغییرات | درجه آزادی d.f. | عملکرد دانه Grain yield | ارتفاع بوته Plant height | تعداد پنجه No. tiller | طول خوشه Panicle length | تعداد دانه پر No. of filled grain | تعداد دانه پوک No. of unfilled grain | وزن هزار دانه 1000 grain weight |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Year (Y) | سال | 1 | 0.23$^{ns}$ | 0.24$^{ns}$ | 79.62$^{**}$ | 6.17$^{ns}$ | 235.30$^{*}$ | 44.04$^{ns}$ | 5.23$^{ns}$ |
| R (Y) | تکرار (سال) | 4 | 0.65 | 39.31 | 4.01 | 6.24 | 252.72 | 524.69 | 0.18 |
| Variety (V) | رقم | 2 | 33.49$^{**}$ | 7877.15$^{**}$ | 384.23$^{**}$ | 20.05$^{*}$ | 25672.90$^{**}$ | 87604.00$^{**}$ | 190.17$^{**}$ |
| Y × V | سال × رقم | 2 | 0.43$^{ns}$ | 173.47$^{ns}$ | 3.92$^{ns}$ | 5.53$^{ns}$ | 939.79$^{ns}$ | 847.18$^{ns}$ | 20.43$^{ns}$ |
| Error (a) | خطای (a) | 8 | 1.15 | 22.52 | 6.66 | 4.29 | 755.26 | 490.49 | 0.90 |
| Nitrogen (N) | نیتروژن | 4 | 1.42$^{*}$ | 232.82$^{*}$ | 15.43$^{*}$ | 5.68$^{*}$ | 320.09$^{ns}$ | 605.50$^{*}$ | 1.50$^{ns}$ |
| Y × N | سال × نیتروژن | 4 | 0.63$^{ns}$ | 30.89$^{ns}$ | 4.85$^{ns}$ | 5.76$^{ns}$ | 410.88$^{ns}$ | 53.31$^{ns}$ | 1.01$^{ns}$ |
| N × V | نیتروژن × رقم | 8 | 0.41$^{ns}$ | 32.70$^{ns}$ | 2.31$^{ns}$ | 2.07$^{ns}$ | 265.53$^{ns}$ | 272.82$^{ns}$ | 0.81$^{ns}$ |
| Y × N × V | سال × نیتروژن × رقم | 8 | 0.50$^{ns}$ | 57.14$^{ns}$ | 11.22$^{ns}$ | 3.30$^{ns}$ | 138.09$^{ns}$ | 105.62$^{ns}$ | 1.04$^{ns}$ |
| Error (b) | خطای (b) | 48 | 0.33 | 36.45 | 4.98 | 1.33 | 230.87 | 138.10 | 0.91 |
| CV (%) | درصد ضریب تغییرات | - | 9.93 | 4.87 | 13.78 | 4.14 | 12.16 | 21.75 | 3.92 |

* و ** : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectivly.

ns: غیرمعنی‌دار

ns: Not signicant

در همان رقم شد (جدول ۳). این نتیجه با یافته‌های جیان لیانگ و همکاران (Jianliang *et al.*, 2008) که مصرف کود بیشتر نیتروژن را برای ارقام پرمحصول را پیشنهاد داده است، مطابقت دارد.

ارقام دیلم و خزر به ترتیب با میانگین ۶/۶۸۱ و ۶/۱۲۸ تن در هکتار نسبت به رقم هاشمی با میانگین عملکرد ۴/۶۲۶ تن در هکتار برتری داشتند (جدول ۳). بنابراین در مدیریت مشابه برای هر سه رقم، رقم بومی هاشمی در سطح پایین‌تری قرار گرفت. برای سایر صفات زراعی رقم هاشمی از ارتفاع بوته بلندتر، تعداد پنجه کمتر، تعداد دانه پر شده کمتر و در مقابل دارای طول خوشه بلندتر، تعداد دانه پرنشده کمتر و وزن هزار دانه بیشتر نسبت به دو رقم برخوردار بود (جدول ۳). در هر سه رقم بالاترین مقدار مصرف نیتروژن (۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بیشترین عملکرد دانه را به دنبال داشت، هر چند که با دو سطح مصرف ۳۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌دار نداشت. مصرف مقادیر مختلف نیتروژن بر سایر صفات مورد بررسی مؤثر بود، هر چند مصرف بیشترین مقدار نیتروژن (۵۰ کیلوگرم درهکتار) تفاوت آماری با سطوح ۳۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نداشت (جدول ۳).

رقم هاشمی دارای تعداد مخزن کمتری نسبت به ارقام اصلاح شده بود، بنابراین متناسب با مقدار مصرف کود بر عملکرد دانه افزوده نشد (جدول ۴). از سوی دیگر ارقام اصلاح شده خزر ودیلم از کودپذیری بالایی برخوردار می‌باشند، بنابراین تأمین کود نیتروژن مورد نیاز آن‌ها در زمان مناسب در حصول عملکرد نهایی مؤثر بود و سبب شد تا میانگین عملکرد این ارقام بالاتر باشد (جدول ۴).

نتایج ناگسواری و بالاسوبرامانیان (Nageswari and Balasubrmanian, 2005) نیز نشان داد که در استفاده از چند بار تقسیط کود نیتروژن در افزایش عملکرد دانه برنج مؤثر بود. بنابراین در ارقام خزر و دیلم می‌توان علاوه براستفاده از روش متداول (سه بار تقسیط) از ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (۶۵ کیلوگرم اوره) پس از هر بار قرائت دیاگرام رنگ برگ، در صورتیکه شماره رنگ کمتر از حد بحرانی باشد، نیز استفاده نمود. با این تفاوت که در روش متداول زمان پاشیدن کود ثابت بوده اما در روش استفاده از دیاگرام رنگ برگ مصرف کود متناسب با زمان مورد نیاز گیاه استفاده خواهد شد. از سوی دیگر با افزایش مصرف نیتروژن در سطوح بالای تیمارها، بر تعداد دانه‌های پر افزوده شد که می‌تواند به دلیل فراهم شدن مواد لازم برای انجام فتوسنتز بیشتر و در نتیجه پر شدن تعداد دانه بیشتر باشد (جدول ۴). این روند در رقم هیبرید دیلم محسوس‌تراز دیگر ارقام می‌باشد.

مصرف نیتروژن بر ارتفاع بوته نیز تأثیر گذاشته و ارتفاع بوته در ارقام پر محصول خزر و هیبرید دیلم نسبت به مقدار مصرف متداول

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مختلف برای سه رقم برنج و سطوح مختلف نیتروژن

Table 3. Mean comparison for different traits in three rice varieties and different nitrogen levels

| Treatment | تیمار | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha$^{-1}$) | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm) | تعداد پنجه No. tiller | طول خوشه (سانتی‌متر) Panicle length (cm) | تعداد دانه پر No. of filled grain | تعداد دانه پوک No. of unfilled grain | وزن هزار دانه (گرم) 1000 grain weight (g) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | **Variety رقم** | | | |
| Deylam | دیلم | 6681a | 108.2c | 19.97a | 27.93ab | 151.7a | 112.7a | 21.38b |
| Khazar | خزر | 6128a | 123.1b | 12.86c | 26.98b | 129.5a | 43.76ab | 25.63a |
| Hashemi | هاشمی | 4626b | 140.6a | 15.22b | 28.61a | 93.73b | 6.17c | 25.85a |
| | | | | | **Nitrogen نیتروژن** | | | |
| Recommended | | 5612b | 118.2b | 15.66ab | 27.15b | 122.6 | 47.52b | 24.69 |
| 20 kgN/ha | | 5497b | 123.3ab | 15.20b | 27.35b | 124.3 | 48.50b | 24.17 |
| 30 kgN/ha | | 5890ab | 125.8a | 16.14ab | 28.21ab | 120.7 | 58.27ab | 24.44 |
| 40 kgN/ha | | 5835ab | 125.8a | 16.26ab | 28.03ab | 125.3 | 56.72ab | 23.94 |
| 50 kgN/ha | | 6225a | 127.0a | 17.66a | 28.45a | 131.8 | 60.07a | 24.19 |

میانگین‌هایی، در هر ستون و برای هر عامل، که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey Test.

جدول ۴- اثرمتقابل رقم × نیتروژن برروی صفات برنج

Table 4. Variety × nitrogen interaction effect on different triats in rice

| سطح نیتروژن | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | تعداد پنجه | طول خوشه (سانتی‌متر) | تعداد دانه پر | تعداد دانه پوک | وزن هزار دانه (گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nitrogen level | Grain yield (kg ha$^{-1}$) | Plant height (cm) | No. tiller | Panicle length | No. of filled grain | No. of unfilled grain | 1000 grain weight (g) |
| | | | | **Deylam دیلم** | | | |
| Recommended | 6288ab | 103.6e | 18.83abc | 27.05bc | 146.1abc | 99.12b | 21.58b |
| 20 KgN ha$^{-1}$ | 6336ab | 105.9e | 19.60abc | 27.38bc | 146.6abc | 98.72b | 21.67b |
| 30 KgN ha$^{-1}$ | 6831a | 109.5de | 19.60abc | 27.95abc | 143.2abc | 122.7ab | 21.42b |
| 40 KgN ha$^{-1}$ | 6703a | 109.5de | 20.27ab | 28.45abc | 156.4ab | 115.5ab | 21.17b |
| 50 KgN ha$^{-1}$ | 7249a | 112.8de | 21.57a | 28.80ab | 166.2a | 137.5a | 21.08b |
| | | | | **Khazar خزر** | | | |
| Recommended | 6088ab | 115.0cde | 12.33e | 26.45bc | 125.9bcd | 38.33c | 26.33a |
| 20 KgN ha$^{-1}$ | 5437bc | 120.4cd | 12.13e | 26.35c | 132.6bc | 41.78c | 25.08a |
| 30 KgN ha$^{-1}$ | 6264ab | 126.5bc | 13.27de | 28.25abc | 121.8cde | 45.97c | 26.08a |
| 40 KgN ha$^{-1}$ | 6179ab | 127.0bc | 12.90e | 27.13bc | 134bc | 47.55c | 24.83a |
| 50 KgN ha$^{-1}$ | 6683a | 126.7bc | 13.68de | 26.72bc | 133bc | 45.18c | 25.83a |
| | | | | **Hashemi هاشمی** | | | |
| Recommended | 4460c | 135.4a | 15.80b-e | 27.95abc | 95.83def | 5.10d | 26.17a |
| 20 KgN ha$^{-1}$ | 4737c | 143.7a | 13.87de | 28.32abc | 93.67ef | 5.0d | 25.75a |
| 30 KgN ha$^{-1}$ | 4575c | 141.6a | 15.57cde | 28.44abc | 97.37def | 6.13d | 25.83a |
| 40 KgN ha$^{-1}$ | 4624c | 141.0a | 15.63b-e | 28.50abc | 85.56f | 7.09d | 25.83a |
| 50 KgN ha$^{-1}$ | 4744c | 141.3a | 17.72a-d | 29.83a | 96.33def | 7.52d | 25.67a |

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey Test.

افزایش یافت که با توجه به خاصیت کود نیتروژن این قابل پیش‌بینی بود، درحالی که در رقم بومی هاشمی معنی‌دار نبود (جدول ۴). این برای تعداد پنجه نیز صادق بود. از آنجائیکه مبنای مصرف کود نیتروژن استفاده از دیاگرام رنگ برگ با شماره رنگ‌های متفاوت برای ارقام خزر و دیلم (شماره رنگ ۴) و هاشمی (شماره رنگ ۳) بود، بنابراین تعداد دفعاتی که رقم هاشمی نیاز به کود داشت به مراتب از دو رقم دیگر کمتر بود، علاوه برآن رقم هاشمی در گروه ارقام پابلند قرار دارد، در حالی که دو رقم دیگر از ارقام اصلاح شده با ارتفاع بوته کوتاه‌تر و عملکرد دانه بیشتر هستند و به خاطر سطح انتخابی دیاگرام رنگ برگ بیشتر در طول دوره رشد به کود بیشتری نیز نیاز داشتند.

در نهایت باتوجه به نتایج بدست آمده برای رقم دیلم و خزر پس از هر بار قرائت دیاگرام رنگ برگ و کمتر بودن شماره رنگ برگ از حد بحرانی ۴، می‌توان نسبت به مصرف مقدار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۶۵ کیلوگرم اوره) به ازای هر هکتار اقدام شد. این نتایج با گزارشات سایر محققان (Singh *et al*., 2002; Peng *et al*., 1996; Nachimuthu *et al*., 2007) مطابقت داشت اما با نتایج نحوی وصبوری (Nahvi and Sabouri, 2009) که مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به ازای هر هکتار را پیشنهاد داده‌اند مطابقت ندارد. دلیل مغایرت نتایج این تحقیق با نتایج محققان اخیر آنست که آنها درآزمایش خود مقدار کود مصرفی را برای ارقام خزر و دیلم ثابت در نظر گرفته بودند، در حالیکه در آزمایش حاضر مقادیر کود نیتروژن متغیر بودند. در رقم هاشمی با حد بحرانی ۳ دیاگرام رنگ برگ تفاوتی بین سطوح مختلف مصرف نیتروژن مشاهده نگردید و در صورت استفاده از دیاگرام رنگ برگ می‌توان به مقدار ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۴۵ کیلوگرم اوره) به ازای هر هکتار مصرف نمود. بیشترین عملکرد به دست آمده در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در رقم دیلم در سال دوم آزمایش با میانگین عملکرد ۸۰۴۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. برای دیگر صفات بررسی شده نیز این جدول نشان می‌دهد که رقم دیلم نسبت به دو رقم دیگر برتری محسوسی داشت و تنها در وزن هزار دانه برتری از آن رقم هاشمی بود (جدول ۴).

تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر رقم بر صفات راندمان زراعی، شاخص برداشت نیتروژن و مجموع نیتروژن مصرف شده معنی‌داربود (جدول ۵). این را می‌توان ناشی از تفاوت در ماهیت ژنتیکی ارقام که از مراحل نمو وعملکرد متفاوتی برخوردار هستند، دانست. اثر مصرف مقادیر مختلف نیتروژن نیز بر روی این صفات به جز شاخص برداشت نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن بر صفات کارآیی مصرف نیتروژن نشان داد که مصرف ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار باعث افزایش راندمان بازیافت (۷۲/۴۱ درصد)، راندمان زراعی

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مربوط به کارآیی مصرف نیتروژن در سه رقم برنج
Table 5. Combined analysis of variance for traits related to nitrogen use efficiency in three rice varieties

| S.O.V. | منبع تغییرات | درجه آزادی d.f. | راندمان بازیافت RE | راندمان زراعی AE | مجموع نیتروژن مصرف شده TNU |
|---|---|---|---|---|---|
| Year (Y) | سال | 1 | 734.79$^{ns}$ | 265.64$^{ns}$ | 4410.00$^{*}$ |
| R (Y) | تکرار(سال) | 4 | 289.54 | 82.51 | 572.22 |
| Variety (V) | رقم | 2 | 584.86$^{ns}$ | 619.48$^{*}$ | 20284.14$^{**}$ |
| Y × V | سال × رقم | 2 | 800.90$^{ns}$ | 36.45$^{ns}$ | 280.00$^{ns}$ |
| Error (a) | خطای (a) | 8 | 157.97 | 146.63 | 547.22 |
| Nitrogen (N) | نیتروژن | 4 | 801.48$^{**}$ | 287.51$^{**}$ | 10960.00$^{**}$ |
| Y × N | سال × نیتروژن | 4 | 112.52$^{ns}$ | 11. 62$^{ns}$ | 1143.30$^{*}$ |
| N × V | نیتروژن × رقم | 8 | 268.61$^{**}$ | 74.49$^{ns}$ | 840.00$^{ns}$ |
| Y × N × V | سال × نیتروژن × رقم | 8 | 131.32$^{ns}$ | 27.86$^{ns}$ | 180.00$^{ns}$ |
| Error (b) | خطای (b) | 48 | 84.37 | 54.27 | 368.06 |
| CV (٪) | درصد ضریب تغییرات | - | 14.93 | 24.25 | 19.04 |

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.
*and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectivly.
ns: Not signicant ns: غیر معنی‌دار
RE: Recovery efficiency, AE: Agronomic efficiency, TNU: Total nitrogen used.

( ۳۶/۲۱ کیلوگرم دانه به ازای مصرف هر کیلوگرم نیتروژن) و راندمان فیزیولوژیکی (۳۲/۴۵ درصد) گردید. همچنین با مجموع نیتروژن مصرف شده ۷۰ کیلوگرم در هکتار از برتری بیشتری نسبت به دیگر تیمارها برخوردار بود (جدول ۶). نتایج محققان دیگر در رابطه با شیوه‌های تقسیط نیتروژن نشان داد که رابطه مستقیمی بین مجموع نیتروژن جذب شده با راندمان زراعی و راندمان بازیافت نیتروژن وجود دارد (Babazadeh, 2006; Dobermann and Fairhust, 2000).

برهمکنش ارقام × نیتروژن بر برخی از صفات مرتبط با کارآیی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۵). اثر متقابل رقم × نیتروژن بر راندمان بازیافت نیتروژن در مقابل مقدار نیتروژن مصرف شده و شاهد معنی‌دار بود (جدول ۷).

در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده، برای رقم دیلم و خزر با حد بحرانی ۴ دیاگرام رنگ برگ پس از هر بار قرائت و کمتر بودن عدد بدست آمده از حد بحرانی تعیین شده، می‌توان مقدار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص(۶۵ کیلوگرم اوره) به ازای هر هکتار مصرف نمود. با توجه به اینکه مقدار مصرف کلی با سطح توصیه شده

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف نیتروژن بر صفات مربوط به کارآیی مصرف نیتروژن در برنج

Table 6. Mean comparison for effect of different nitrogen levels on traits related to nitrogen use efficiency in rice

| تیمار<br>Treatment | عملکرد دانه (کیوگرم در هکتار)<br>Grain yield (Kg ha$^{-1}$) | راندمان بازیافت (٪)<br>Recovery efficiency (%) | راندمان زراعی (کیلوگرم بر کیلوگرم)<br>Agronomic efficiency (Kg kg$^{-1}$) | کل نیتروژن مصرف شده (کیلوگرم در هکتار)<br>Total nitrogen used (Kg ha$^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|
| Control | 2942c | – | – | – |
| Recommended | 5612b | 60.67b | 30.ab | 90.0ab |
| 20 KgN ha$^{-1}$ | 5497b | 72.41a | 36.21a | 70.0b |
| 30 KgN ha$^{-1}$ | 5890ab | 60.97b | 31.35ab | 96.67ab |
| 40 KgN ha$^{-1}$ | 5835ab | 59.11b | 27.57b | 111.1ab |
| 50 KgN ha$^{-1}$ | 6225a | 54.38b | 25.82b | 136.1a |

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Tukey Test.

برای رقم هیبرید دیلم ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن بود، با این روش نزدیک به ۹ درصد صرفه‌جویی در مصرف کود نسبت به روش متداول خواهیم داشت، در حالیکه عملکرد دانه نیز حدود ۹ درصد افزایش داشت (جدول ۷). در رقم خزر میزان مصرف کود به این روش ۲۲ درصد بیشتر از روش متداول بود و تقریباً ۳ درصد افزایش عملکرد داشت. برای رقم هاشمی با حد بحرانی ۳ دیاگرام رنگ برگ تفاوتی بین سطوح مختلف مصرف نیتروژن مشاهده نگردید، اما در صورت استفاده از دیاگرام رنگ برگ می‌توان به مقدار ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۴۵ کیلوگرم اوره) به ازای هر هکتار مصرف نمود. در این صورت علاوه بر ۶ درصد صرفه‌جویی در مصرف کود نیتروژن عملکرد دانه نیز به میزان ۶ درصد نسبت به روش متداول بیشتر بود (جدول ۷). این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از ابزار کمکی وارزان دیاگرام رنگ برگ می‌تواند در بهینه کردن مصرف کود نیتروژن وافزایش راندمان آن، افزایش عملکرد دانه در برنج و پایداری محیط زیست مؤثر باشد.

**سپاسگزاری**

نگارندگان از سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و مؤسسه تحقیقات برنج کشور که زمینه اجرای این تحقیق را فراهم کردند و همچنین از آزمایشگاه بخش تحقیقات خاک وآب، مؤسسه برنج وهمچنین از راهنمایی‌های ارزنده جناب آقای دکتر مهرزاد اله‌قلی‌پور عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور تشکر و قدر دانی می‌نمایند.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرمتقابل ارقام ومقادیر نیتروژن مختلف برروی صفات کارآیی مصرف نیتروژن

Table 7- Mean comparison of iteraction between varieties and nitrogen management on N use efficiency

| سطح نیتروژن | عملکرددانه (کیلوگرم در هکتار) | راندمان بازیافت (٪) | راندمان زراعی (کیلوگرم نیتروژن بر کیلوگرم دانه) | مجموع نیتروژن مصرف شده (کیلوگرم نیتروژن در هکتار) |
|---|---|---|---|---|
| Nitrogen level | Grain yield ($Kg\ ha^{-1}$) | Recovery efficiency % | Agronomic efficiency ($KgN\ kgG^{-1}$) | Total nitrogen used ($KgN\ ha^{-1}$) |
| | | | **Deylam ديلم** | |
| Control | 3.608cd | - | - | - |
| Recommended | 6288ab | 45.53c | 22.34b | 120abc |
| 20 $KgN\ ha^{-1}$ | 6336ab | 73.18a | 32.66ab | 8333bc |
| 30 $KgN\ ha^{-1}$ | 6831a | 59.98abc | 30.08ab | 110abc |
| 40 $KgN\ ha^{-1}$ | 6703a | 49.68bc | 21.60b | 1467ab |
| 50 $KgN\ ha^{-1}$ | 7249a | 54.79abc | 21.92b | 175a |
| | | | **Khazar خزر** | |
| Control | 2782d | - | - | - |
| Recommended | 6088ab | 65.86abc | 36.73ab | 90bc |
| 20 $KgN\ ha^{-1}$ | 5437bc | 71.88a | 37.96ab | 70c |
| 30 $KgN\ ha^{-1}$ | 6264ab | 62.65abc | 31.75ab | 110abc |
| 40 $KgN\ ha^{-1}$ | 6179ab | 68.34ab | 33.78ab | 1067abc |
| 50 $KgN\ ha^{-1}$ | 6683a | 57.35abc | 33.78ab | 125abc |
| | | | **Hashemi هاشمی** | |
| Control | 2438d | - | - | - |
| Recommended | 4460c | 70.6ab | 33.72ab | 60.00c |
| 20 $KgN\ ha^{-1}$ | 4737c | 71.09ab | 38.01a | 56.67c |
| 30 $KgN\ ha^{-1}$ | 4575c | 60.29abc | 32.23ab | 70.00c |
| 40 $KgN\ ha^{-1}$ | 4624c | 59.30abc | 27.33b | 80.00bc |
| 50 $KgN\ ha^{-1}$ | 4744c | 51.01abc | 21.44b | 108.30abc |

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level- using Tukey Test.

## References

**Shukla, A. K., Ladha, J. K., Singh, V. K., Dwivedi, B. S., Balasubramanian, V., Gupta, R. K., Sharma, S. K., Singh, Y., Pathak, H., Pandey, P. S., Padre, A. T., and Yadav, R. L. 2004.** Calibrating the leaf color chart for nitrogen management in different genotypes of rice and wheat in a systems perspective**.** Agronmy Journal 96: 1606-1621.

**Babazadeh, S. 2006.** Study on effect of nitrogen rates and most proper split method on hybrid rice ($GRH_1$) yield and yield components. M. Sc. Thesis. Islamic Azad University, Tehran, Iran. 110 pp.

**De Datta S. K., Buresh, R. J., Samson, M. I., and Kai-Rong, W. 1988.** Nitrogen use efficiency and nitrogen-15 balances in broadcast-seeded flooded and transplanted rice. Soil Scince Society American Journal 52: 849-855.

**Dilz, K**. 1988. Efficiency of uptake and utilization of fertilizer nitrogen by plant. Pp. 1-26. In D. S. Jenkinson and K. A. Smith (Eds.), Nitrogen efficiency in agricultural soils. Elsevier Applied Science. London.

**Dobermann, A., and Fairhurs**t, T**. 2000.** Rice nutrient disorders and nutrient management. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC), and International Rice Research Institute (IRRI), Singapore and Los Banos. 191 pp.

**Evans, L. T. (ed.). 1975.** Crop physiology: some case histories. Cambridge University Press. 374 pp.

**Furuya, S. 1987.** Growth diagnosis of rice plants by means of leaf color chart. Japanese Agricultural Research Quarterly 20: 147-153.

**Ghobrial, G**. **L**. **1980.** Effect of level, time and splitting of urea on the yield of irrigated direct seeded rice. Plant Soil 56(2): 209-215.

**Hussain, F., Bronson, K. F., Singh, Y., Singh,** B., **and Peng, S**. **2000.** Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia. Agronomy Journal 92: 875-879.

**Jianliang, H., Fan, H., Kehui, C., Roland, J. B., Bo, X., Weihua, G., and Shaobing, P. 2008.** Determination of optimal nitrogen rate for rice varieties using a chlorophyll meter. Field Crops Research 105: 70-80.

**Malakouti, M. J. and Kavousi, M. 2004.** Balanced nutrition of rice. Sana Press. 605pp **(**In Persian**).**

**Modhaj, A., Naderi, A., Emam, Y., Aynehband, A., and Normohamadi, G. 2009.** Effect of different nitrogen levels on grain yield, grain protein content and agronomic nitrogen use efficiency in wheat genotypes under optimum and post-anthesis heat stress conditions. Seed and Plant Production Journal 25-2(4): 353-371.

**Murshedul Alam, M., Ladha, J. K., Rahman Khan, S., Foyjunnessa, Harun-ur-**

**Rashid, Khan, A. H., and Buresh, R. J. 2005.** Leaf Color Chart for managing nitrogen fertilizer in lowland rice in Bangladesh. Agronomy Journal 97: 949-959.

**Nachimuthu, G., Velu, V., Malarvizhi, P., Ramasamy, S., and Gurusamy, L. 2007.** Standadisation of Leaf Color Chart based nitrogen management in direct wet seeded rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agronomy 6(2): 338-343.

**Nahvi, M., and Sabouri, H. 2009.** Determination of best method of partitioning N fertilizer by using Leaf Color Chart (LCC) and chlorophyll meter (SPAD) in rice. Electronic Journal of Crop Production 2 (3): 55-68. (In Persian).

**Novoa, R., and Loomis, R. S. 1989.** Nitrogen and plant production. Plant Soil 58: 177-204.

**Peng S., Garcia, F. V., Laza, R. C., Sanico, A. L., Visperas, R. M., and Cassman, K. G. 1996.** Increased nitrogen use efficiency using a chlorophyll meter in high-yielding irrigated rice. Field Crops Research 47: 243-252.

**Schnier H. F., Dingkuhn, M., De Datta, S. K., Marquesses, E. P., and Faronilo, J. E. 1990.** Nitrogen-15 balance in transplanted and direct-seeded flooded rice as affected by different methods of urea application. Biological Fertilizer Soils 10: 89-96.

**Shafe, L., Saffari, M., Emam, Y., and Mohammadinejad, G. 2011.** Effect of nitrogen and zinc fertilizers on leaf zinc and cholorophyll contents, grain yield and chemical composition of two maize (*Zea mays L.*) hybrids. Seed and Plant Production Journal 27-2(2): 235-246.

**Singh, B., Singh, Y., Ladha, J. K., Bronson, F., Balasubramanian, V., Singh, J., and Khind, C. S. 2002.** Chlorophyll meter and leaf color chart based nitrogen management for rice and wheat in Northwestern India. Agronmy Journal 94: 821-829.

**Woo-Ho, Y. Peng, S., Huang, J., Sonico, A. L., Buresh, R. J., and With, C. 2003.** Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice. Agronomy Journal 95: 212-217.