

تعیین نیاز کود نیتروژن در برنج براساس دیاگرام رنگ برگ

Determination of Nitrogen Fertilizer Requirement 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.، دریغ گفتار، ف.، شیخ حسینیان، 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 کارایی 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 درآمد. عوامل آزمایش شامل ارقام برنج سه رقم: دیلم، خزر و هاشمی به عنوان کرت اصلی و پنج سطح کود نیتروژن (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 هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد پنجه و تعداد دانه پر شده دارای اختلاف معنی‌دار بودند. مقدار مصرف نیتروژن و اثر برهمکنش رقم \times 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 ارقام دیلم و خزر ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص (۶۵ کیلوگرم اوره) و برای رقم هاشمی با کاهش عدد دیاگرام رنگ برگ به کمتر از ۳ مقدار ۲۰ 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 محدود کننده‌ترین 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 در مرحله پرشدن دانه نیز نقش بسزایی دارد (De Data et al., 1988; Evans, 1975). نیتروژن عنصر کلیدی در رشد گیاه برنج بوده و تشکیل دهنده 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 (SPAD) Soil Plant Analysis Development و دیاگرام رنگ برگ (LCC) Leaf Color Chart 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 استاندارد کردن توسط کلروفیل متر مورد استفاده قرار گرفت. 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 در این زمینه بر روی 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 و صبوری (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 از کلروفیل متر، گران بودن آن برای زارعین موجب شده است تا محققان وسیله‌ای ارزاتر بسازند که نه تنها کاربرد آن آسان باشد بلکه قیمت آن برای کشاورزان نیز گران نباشد. بر این اساس

نیتروژن خالص در هکتار در هر بار (و در مجموع با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار 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 کردند که 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 از حد بحرانی می‌بایستی مقدار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار مصرف نمود. این محققین همچنین گزارش کردند که 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) در آزمایشی برای تعیین زمان دقیق مدیریت مصرف نیتروژن با استفاده از دیاگرام رنگ

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 بر روی گیاه برنج در فیلپین 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 و کود 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) مقدار مصرف کود نیتروژن 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

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 در پنج 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 آورده) 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 از آماده‌سازی در بستر خزانه پاشیده و مراقبت‌های لازم در طول دوره رشد انجام و پس از سه تا چهار برگه شدن در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ 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

برگ یا کلروفیل متردستی در اراضی شالیزاری کشاورزان در چند منطقه با راندمان زراعی پایین نشان دادند که 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 کردند که 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 نیز در حد مطلوب بود. اشنیر و همکاران (Schnier *et al.*, 1990) و داتا و همکاران (De Data *et al.*, 1988) در دو تحقیق جداگانه عنوان کردند که در آسیا و در زمین‌هایی که در آنها کشت برنج انجام می‌گیرد، راندمان بازیافت نیتروژن پایین و در حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد می‌باشد.

این آزمایش با هدف تعیین مقدار کود 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

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.

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

جدول ۱- تجزیه فیزیکی- شیمیایی خاک (عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) مزرعه آزمایشی
Table 1. Soil physico- chemical analysis for experimental site (0-30 cm depth)

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

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 کارایی مصرف نیتروژن نیز مانند راندمان

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 مقادیر کمتر 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،

بازیافت، راندمان زراعی، راندمان فیزیولوژیکی و شاخص برداشت نیتروژن محاسبه شدند. غلظت نیتروژن در دانه و بقایای گیاهی در هر تیمار کودی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد و پس از محاسبه میزان جذب نیتروژن، راندمان زراعی (Agronomic efficiency = AE) برای محاسبه راندمان بازیافت (RE) از رابطه زیر استفاده شد (Dilz, 1988).

راندمان بازیافت نیتروژن (Recovery efficiency = RE)، راندمان فیزیولوژیکی (Physiological efficiency = PE) و شاخص برداشت نیتروژن (Nitrogen harvest index = NHI) محاسبه شدند.

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)

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

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

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 در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود) بود (جدول ۲). نیتروژن بر همه صفات

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 ^{ns}	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 معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

خزر و دیلم 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 ناگیسواری و بالاسوبرامانیان (Nageswari and Balasubramanian, 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 بر استفاده 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 پرافزوده شد که می‌تواند به دلیل فراهم شدن مواد لازم برای انجام فتوسنتز بیشتر و در نتیجه پرفزودگی دانه بیشتر باشد (جدول ۴). این روند در رقم هیبرید دیلم محسوس‌تر از 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

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 در هکتار) 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

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	ارتفاع بوته	تعداد پنجه	طول خوشه	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	وزن هزار دانه
		(کیلوگرم در هکتار)	(سانتی متر)	No. tiller	(سانتی متر)	No. of filled grain	No. of unfilled grain	(گرم)
		Grain yield (kg ha ⁻¹)	Plant height (cm)		Panicle length (cm)			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- اثر متقابل رقم × نیتروژن بر روی صفات برنج
Table 4. Variety × nitrogen interaction effect on different traits in rice

سطح نیتروژن Nitrogen level	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	تعداد دانه پر No. of filled grain	تعداد دانه پوک No. of unfilled grain	وزن هزار دانه (گرم) 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.

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 می توان 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 می دهد 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 معنی دار بود (جدول ۵). این را می توان ناشی از تفاوت در ماهیت ژنتیکی ارقام که از مراحل نمو و عملکرد متفاوتی برخوردار هستند، دانست. اثر مصرف مقادیر مختلف نیتروژن نیز بر روی این صفات به جز شاخص برداشت نیتروژن معنی دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین سطوح مختلف نیتروژن بر صفات کارایی مصرف نیتروژن نشان داد که مصرف ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار باعث افزایش راندمان بازیافت (۷۲/۴۱ درصد)، راندمان زراعی

افزایش یافت که با توجه به خاصیت کود نیتروژن این قابل پیش بینی بود، در حالی که در رقم بومی هاشمی معنی دار نبود (جدول ۴). این برای تعداد پنجه نیز صادق بود. از آنجائیکه مبنای مصرف کود نیتروژن استفاده از دیاگرام رنگ برگ با شماره رنگ های 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 بر آن رقم هاشمی در گروه ارقام پابلند قرار دارد، در حالی که دو رقم دیگر از ارقام اصلاح شده با ارتفاع بوته کوتاه تر 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 با توجه 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، می توان 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 و صبوری (Nahvi and Sabouri, 2009) که مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به ازای هر هکتار را پیشنهاد داده اند مطابقت ندارد. دلیل مغایرت نتایج این تحقیق با نتایج محققان اخیر آنست که آنها در آزمایش خود مقدار کود مصرفی را برای

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, respectively.

ns: Not significant

ns: غیر معنی‌دار

RE: Recovery efficiency, AE: Agronomic efficiency, TNU: Total nitrogen used.

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

(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 Fairhurst, 2000). برهمکنش ارقام × نیتروژن بر برخی از

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	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	راندمان بازیافت (%)	راندمان زراعی (کیلوگرم بر کیلوگرم)	کل نیتروژن مصرف شده (کیلوگرم در هکتار)
Treatment	Grain yield (Kg ha ⁻¹)	Recovery efficiency (%)	Agronomic efficiency (Kg kg ⁻¹)	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.

نشان می‌دهد که استفاده از ابزار کمکی و ارزان دیاگرام رنگ برگ می‌تواند در بهینه کردن مصرف کود نیتروژن و افزایش 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 و آب، مؤسسه برنج و همچنین از راهنمایی‌های ارزنده جناب آقای دکتر مهرزاد اله‌قلی‌پور عضو هیئت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور تشکر و قدر دانی می‌نمایند.

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

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل ارقام و مقادیر نیتروژن مختلف بر روی صفات کارآیی مصرف نیتروژن

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

سطح نیتروژن	عملکرد دانه (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. *Agronomy Journal* 96: 1606-1621.

- Babazadeh, S. 2006.** Study on effect of nitrogen rates and most proper split method on hybrid rice (GRH₁) 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 Science 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 Fairhurst, 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., Ayneband, 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.** Standardisation 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 chlorophyll 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. *Agronomy 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.