"مجله علوم زراعي ايران"

جلد هفتم ، شماره ۲، تابستان ۱۳۸٤

تعيين نياز به كود نيتروژن در مراحل مختلف رشد برنج رقم خزر با استفاده از كلروفيل‌متر دستي

Determination of nitrogen requirement at different growth stages of rice (*Oryza sativa* Cv. Khazar) using chlorophyll meter

حميدرضا علي‌عباسي[۱]، مسعود اصفهانی[۲]، مسعود كاوسی[۳] و بابك ربيعی[٤]

چكيده

علي‌عباسي، ح . ر.، م. اصفهاني، م. كاوسي و ب. ربيعي. ۱۳۸٤. تعيين نياز به كود نيتروژن در مراحل مختلف رشد برنج رقم خزر با استفاده از كلروفيل متردستی. مجله علوم زراعی ايران. جلد هفتم، شماره ۲، صفحه ۱٤٥-۱۳٤.

به منظور تشخيص وضعيت نيتروژن برگ برنج (*Oryza sativa* L.) رقم خزر و تعيين زمان مناسب مصرف كود نيتروژن به صورت سرك با استفاده از دستگاه كلروفيل‌متر دستي (SPAD) آزمايشي در سال ۱۳۸۲ در خاك هاي سبك و ساحلي استان گيلان در قالب طرح بلوك هاي كامل تصادفي با شش تيمار اجرا گرديد. كود نيتروژن از منبع اوره در مقادير: ٤۰ كيلوگرم (به‌صورت پايه)، ٤۰+٤۰ كيلوگرم (پايه + اواسط پنجه‌زني)، ٤۰+۲۰+۲۰ كيلوگرم (پايه+اواسط پنجه‌زني+تشكيل مريستم خوشه)، ٦۰+٦۰ كيلوگرم (پايه+اواسط پنجه‌زني)، ٦۰+۳۰+۳۰ كيلوگرم (پايه+اواسط پنجه‌زني+تشكيل مريستم خوشه)، به همراه شاهد (بدون مصرف نيتروژن) در سه تكرار مورد مطالعه قرار گرفت. مقادير كلروفيل‌متر و غلظت نيتروژن بالاترين برگ كاملاً توسعه يافته بوته برنج (براساس روش كجلدال) در ۹ مرحله: ۱۹، ۲۹، ۳۹، ٤۹، ٥۹، ٦۹، ۷۹، ۸۹ و ۹۹ روز پس از نشاءكاري اندازه‌گيري شد. بررسي روابط رگرسيوني براي كليه مراحل رشد نشان داد كه مقادير كلروفيل‌متر تنها ۲۲/٥ درصد از تغييرات غلظت نيتروژن را برحسب واحد وزن خشك برگ توجيه مي‌كند، اما زماني كه غلظت نيتروژن برحسب واحد سطح برگ بيان شد، حدود ۸۲ درصد از تغييرات نيتروژن توسط مقادير كلروفيل‌متر قابل توجيه گرديد. در هر يك از مراحل رشد برنج، مقادير كلروفيل‌متر با غلظت نيتروژن برحسب واحد سطح برگ همبستگي بالاتري را نسبت به غلظت نيتروژن برحسب وزن برگ نشان داد. بنابراين كلروفيل‌متري مي‌تواند يك روش ساده، سريع و غير تخريبي براي تخمين غلظت نيتروژن برحسب واحد سطح برگ باشد و پيش‌بيني نياز كود سرك نيتروژن را در برنج فراهم آورد.

واژه‌هاي كليدي: برنج، نيتروژن، تقسيط نيتروژن، كلروفيل‌متر دستي.

تاريخ دريافت: ۱۳۸۲/۱۰/۱٦

۱ـ دانشجوی كارشناسی ارشد دانشگاه گيلان

۲ـ استاديار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشكده علوم كشاورزی دانشگاه گيلان

۳ـ پژوهشگر مؤسسه تحقيقات برنج كشور (رشت)

٤ـ استاديار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشكده علوم كشاورزی دانشگاه گيلان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

مقدمه

در سیستم کشت غرقابی برنج به علت تصعید آمونیاک، دنیتریفیکاسیون، آبشویی، تثبیت و غیرمتحرک شدن آمونیوم و خروج آن توسط رواناب، میزان تلفات نیتروژن بالا ودر نتیجه کارآیی مصرف آن در این سیستم پایین است. از آن جایی که در برنج بین میزان فتوسنتز ونیتروژن برگ ارتباط‌نزدیکی‌وجود دارد (Mitsui and Ishi, 1938; Yoshida and Coronel, 1976; Uchida, 1982; Mallino *et al*., 1988) و از طرفی میزان نیتروژن گیاه ارتباط نزدیکی با میزان عملکرد دارد، بنابراین متعادل نگه داشتن میزان نیتروژن برگ در طی دوره رشد برای به دست آوردن عملکرد بالا قطعاً ضروری‌است (Yoshida, 1981). به‌علاوه برخلاف اکثر ارقام محلی، ارقام نیمه پاکوتاه برنج اکثراً مقاوم به ورس، کودپذیر و پر محصول هستند. این خصوصیات امکان افزایش استفاده از کود نیتروژن را به منظور دستیابی به عملکرد بالاتر فراهم خواهد ساخت. البته این امر موجب افزایش هزینه تامین کود و تلفات بالای نیتروژن نیز خواهد شد. بنابراین لازمه دستیابی به عملکرد مناسب و مدیریت صحیح نیتروژن در شالیزارها آگاهی از وضعیت نیتروژن گیاه است. با توجه به این که روش تجزیه بافت گیاه به علت وقت‌گیر بودن (۱۰ تا ١٤ روز تا اعلام نتیجه) کمتر مورد استقبال کشاورزان قرار می‌گیرد، معرفی روشی ساده، سریع و حتی‌الامکان غیرتخریبی برای تعیین میزان نیتروژن برگ و تعیین زمان دقیق مصرف کود نیتروژن بسیار مفید است (Turner and Jund, 1991).

تاکبه و یونیاما، کمپل و همکاران و اسمیل و ژانگ (Takebe and Yoneyama, 1989; Campbell *et al*., 1990; Smeal and Zhang, 1994) در مطالعات جداگانه‌ای گزارش کردند که رگرسیون خطی بین مقادیر کلروفیل‌متر (Soil-Plant Analysis Development: SPAD)،مقدار کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن برگ تا حد زیادی به مرحله رشد، ژنوتیپ و شرایط محیطی و زراعی بستگی دارد. بنابراین پیش‌بینی دقیق وضعیت نیتروژن گیاه با استفاده از کلروفیل‌متر به کالیبراسیون جداگانه برای تعیین ارتباط بین غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن برگ و مقادیر کلروفیل‌متر برای ارقام مختلف در مراحل مختلف رشدی و در شرایط محیطی متفاوت نیاز دارد (Peng *et al*., 1993). گزارش شده است که در برنج همبستگی مثبتی بین نیتروژن برحسب واحد وزن برگ و مقادیر کلروفیل‌متر در حدود ۰/۸۲ تا ۰/۹۸ وجود دارد (Chubachi *et al*., 1986; Miyashita *et al*., 1986; Takebe and Yoneyma, 1989; Takebe *et al*., 1990). ترنر و جوند (Turner and Jund, 1991) نشان دادند که کلروفیل‌متر با دقت قابل قبولی نیازمندی به کود سرک نیتروژن (برحسب واحد وزن خشک یا سطح برگ) را در ارقام نیمه پاکوتاه برنج در مراحل خاصی از رشد مانند مراحل قبل از ظهور خوشه یا آغاز شکل‌گیری خوشه، پیش‌بینی می‌کند.

پنگ و همکاران (Peng *et al*., 1995b) طی بررسی ارتباط بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح و وزن برگ در ۸۰ ژنوتیپ برنج نشان دادند که مقادیر کلروفیل‌متر همبستگی بالاتری را با غلظت نیتروژن بر آورد شده برحسب واحد سطح برگ دارد تا زمانی که غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن برگ بیان شود (به ترتیب r=۰/۸۸ و r=۰/٤۹).

پنگ و همکاران (Peng *et al*., 1993) همبستگی بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن برگ در رقم IR72 را برای کلیه مراحل رشد (اواسط پنجه‌زنی، تشکیل مریستم خوشه و گلدهی) ضعیف گزارش کردند. آن‌ها همچنین در ۵ ژنوتیپ برنج در یک هفته بعد از گلدهی (در ۷٦ روز بعد از نشاءکاری) همبستگی دو متغیر فوق را ۰/۷۱ اعلام کردند. یانگ و همکاران (Yang *et al*, 2003) مقادیر کلروفیل‌متر و جدول‌های رنگ برگ

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

(LCC: Leaf Color Chart) را جهت تشخیص وضعیت غلظت نیتروژن برگ در برنج مورد مقایسه قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که همبستگی ضعیفی بین رنگ برگ و غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن برگ به صورت تجمعی برای کلیه مراحل رشد وجود دارد (r= ۰/۶۷ تا ۰/۷۸).

حدآستانه کلروفیل‌متر، میزان‌غلظت نیتروژن بحرانی برگ برحسب واحد سطح یاوزن برگ را نشان می‌دهد. هنگامی که مقادیر قرائت شده از کلروفیل‌متر پایین‌تر از حد آستانه کلروفیل‌متر باشد، باید اقدام به مصرف کود سرک نیتروژن کرد تا گیاه دچارکمبود نیتروژن نگردد. براساس نتایج حاصل از تحقیقات مشخص گردیده است که برای هرگروه واریته‌ای حدآستانه کلروفیل‌متر متفاوتی‌وجود دارد (Balasubramanian *et al*., 2000; Thiyagarajan *et al*., 2000). حد آستانه کلروفیل‌متر برای واریته‌های محلی یا واریته‌های اصلاح شده محلی فیلیپین در حدود ۳۰ تا ۳۲ و برای واریته‌های نیمه پاکوتاه در سیستم نشاءکاری بین ۳۵ تا ۳۷ پیشنهاد شده است. در برنج‌های هیبرید استوایی که دارای برگ‌های نازک‌تر و تا حدی غلظت نیتروژن پایین‌تری نسبت به اینبردها هستند، حد آستانه کلروفیل‌متر معادل یا اندکی پایین‌تر از حد آستانه کلروفیل‌متر اینبردها بوده است (Balasubramanian *et al*., 2000). بر اساس تحقیقات پنگ و همکاران (Peng *et al*., 1995a) برای واریته‌های نیمه پاکوتاه برنج ایندیکا با غلظت بحرانی نیتروژن برگ ۱/٤ گرم بر مترمربع، حد آستانه کلروفیل‌متر ۳۵ است. درحالی که ترنر و جوند (Turner and Jund, 1991) در ارقام نیمه پاکوتاه برنج، بالاترین مقدار قرائت شده کلروفیل‌متر را برای تیمارهای کود نیتروژن در مرحله پنجه‌زنی بین ۳۸ تا ٤۳، در مرحله تشکیل مریستم خوشه بین ۳۵ تا ٤٤ و در مرحله ظهور خوشه بین ۳۳ تا ۳۸ اعلام کردند. آن‌ها حد آستانه کلروفیل‌متر برای مراحل تشکیل مریستم خوشه و شکل‌گیری خوشه‌ها جهت دستیابی به حداکثر عملکرد را ٤۲ و برای تولید تجاری برنج، ٤۰ پیشنهاد کردند.

با توجه به اهمیتی که زمان مناسب مصرف کود سرک برای دستیابی به عملکرد بالاتر برنج دارد و از طرفی کلروفیل‌متر دستی می‌تواند روشی ساده و غیرتخریبی برای تعیین غلظت نیتروژن برگ و تعیین زمان مناسب نیازمندی به کود سرک نیتروژن در ارقام مختلف برنج فراهم آورد، لزوم انجام مطالعات مختلف در این زمینه آشکار می‌گردد. بنابراین تحقیق حاضر به منظور تشخیص ارتباط بین غلظت نیتروژن برگ و مقادیر کلروفیل‌متر و تعیین بهترین معادله برای تخمین غلظت نیتروژن برگ برحسب واحد سطح یا وزن برگ با استفاده از مقادیر قرائت شده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی برای تشخیص میزان نیتروژن برگ و زمان دقیق مصرف کود نیتروژن سرک در رقم خزر انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۲ در یک مزرعه شخصی با بافت سبک ساحلی (۸۸ درصد شن، ۸ درصد سیلت و ٤ درصد رس) در آبکنار از توابع شهرستان بندر انزلی با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۰/۲٦ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد اجرا گردید (جدول ۱). میزان بارندگی سالانه در محل آزمایش بر مبنای میانگین ۳۰ ساله گذشته ۱۳۵۳/٦ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه آن ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد بود. براساس روش اقلیم بندی کوپن‌Cf، این منطقه جزء مناطق معتدله نیمه مدیترانه‌ای گرم محسوب می‌شود که تابستان گرم و زمستان‌های ملایم دارند.

در این آزمایش، برنج‌رقم خزر مورد استفاده قرار گرفت.این‌رقم دارای طول دوره‌رشدی حدود ۱۳۰ روز، ارتفاع۱۲۵سانتی‌متر وطول خوشه۱۸سانتی‌متر است. این رقم جزء گروه خیلی مقاوم به ورس طبقه‌بندی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه آزمایش

Table 1. Soil characteristics of the experimental field

بلوک Block	بافت خاک Soil texture	درصد رس Caly %	درصد سیلت Silt %	درصد شن Sand %	پتاسیم قابل جذب K ($mg.Kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب P ($mg.Kg^{-1}$)	درصد نیتروژن کل N %	درصد کربن آلی Organic C %	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec ($ds.m^{-1}$)	درصد اشباع S.P %
B1	Sandy	2	4	94	86	41.7	0.070	0.65	6.4	0.68	43
B2	Sandy	4	8	88	95	22.9	0.065	0.61	6.5	0.66	44
B3	Sandy	4	8	88	86	36.9	0.077	0.72	6.5	0.63	49

می‌شود و مقاوم به ریزش و بیماری بلاست است. وزن هزار دانه آن ۲٤/۵ گرم و متوسط عملکرد آن ۵/۵ تن در هکتار است.

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و شش تیمار اجرا گردید. یک روز قبل از نشاءکاری کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار صفر، ٤۰، ٤۰، ٤۰، ٦۰ و ٦۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به ترتیب برای تیمارهای اول یا شاهد (T1)، دوم (T2)، سوم (T3)، چهارم (T4)، پنجم (T5) و ششم (T6) همراه با ٤۵ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم (برای تمام تیمارها) به زمین اصلی اضافه گردید. در اواسط مرحله پنجه زنی، کود سرک اول در کرت‌های مربوط به تیمارهای سوم، چهارم، پنجم و ششم به ترتیب به مقدار ٤۰، ۲۰، ٦۰ و ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به طور یکنواخت پخش گردید. کود سرک دوم نیتروژن در مرحله تشکیل مریستم خوشه (۵۳ روز بعد از نشاءکاری) به تیمارهای پنجم و ششم (به ترتیب ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص) به طور یکنواخت اضافه گردید (جدول۲).

جدول ۲- تیمارهای تقسیط کود نیتروژن

Table 2. Nitrogen fertilizer application treatments

تیمار Treatment		مقادیر کود نیتروژن مصرف شده (kg/ ha) Nitrogen fertilizer rates (kg/ha)		
		پایه Basal	اواسط پنجه‌زنی Midtillering	ابتدای رشد زایشی Panicle initiation
(T1)	شاهد	–	–	–
(T2)	تیمار ۲	40	–	–
(T3)	تیمار ۳	40	40	–
(T4)	تیمار ٤	40	20	20
(T5)	تیمار ۵	60	60	–
(T6)	تیمار ٦	60	30	30

در طول اجرای آزمایش، عملیات قرائت کلروفیل‌متر و نمونه‌برداری برای تمام تیمارها و تکرارها از ۱۹ روز بعد از نشاءکاری با فاصله هر ۱۰ روز یک بار تا ۱۱ روز قبل از برداشت طی ۹ مرحله انجام گرفت و مقادیر کلروفیل‌متر برای بالاترین برگ کاملاً توسعه یافته بوته‌ها ثبت شد. برای این منظور در هر کرت تعداد ۳۰ برگ از بالاترین برگ هر بوته که به حداکثر اندازه خود رسیده بود به طور تصادفی انتخاب و برای هر برگ در سه نقطه از پهنک برگ (نوک، وسط و قاعده) در یک سوی رگبرگ اصلی، قرائت دستگاه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

کلروفیل‌متر دستی (SPAD-502, Minolta Co. Japan) انجام گرفت، به طوری که برای هر کرت ۹۰ قرائت انجام شد (Peng *et al*., 1993, 1995b) (شکل ۱).

شکل ۱- دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD-502)

Fig. 1. Chlorophyll meter (SPAD-502)

پس از قرائت مقادیر کلروفیل‌متر در هر مرحله، مساحت برگ‌های نمونه برداری شده به روش وزنی تعیین و وزن‌تر و خشک (پس از خشکانیدن در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد) برگ‌های انتخاب شده اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه بخش خاک و آب موسسهٔ تحقیقات برنج کشور (رشت) منتقل شدند و میزان غلظت نیتروژن آن با استفاده از روش کجلدال تعیین گردید. در این تحقیق برای برازش بهترین مدل رگرسیونی (خطی و غیر خطی) بین غلظت نیتروژن (بر حسب سطح و وزن برگ) و مقادیر کلروفیل‌متر و ضرایب همبستگی از نرم افزار SPSS و برای رسم نمودار از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون برای کلیه مراحل رشد به صورت تجمعی (٦ تیمار و ۹ مرحله =٥٤ داده)، نشان داد که یک رابطه خطی و معنی‌دار بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن و سطح برگ برنج وجود داشت (جدول‌های٤ و ۳). روابط رگرسیونی به صورت زیر محاسبه گردید:

معادله (۱) $Y= 2.22X - 50.584$ $R^2=0.225$

معادله (۲) $Y= 0.126X - 3.065$ $R^2=0.819$

(X) مقادیر کلروفیل‌متر (متغیر مستقل) و (Y) میزان نیتروژن برحسب واحد وزن و سطح برگ (متغیرهای وابسته) به ترتیب در معادله ۱ و ۲ است.

با استفاده از معادله (۱) مقادیر کلروفیل‌متر به صورت تجمعی تنها حدود ۲۲/۵ درصد از تغییرات نیتروژن برحسب واحد وزن برگ را توجیه کرد (شکل۲). بر اساس مطالعات قبلی مشخص شده است که رابطه خطی ضعیفی بین دو متغیر فوق به صورت تجمعی برای ده مرحله رشد دو هیبرید نیمه پاکوتاه برنج وجود دارد (R^2=۰/۱۸۵) (Peng *et al*., 1995b).

پنگ و همکاران (Peng *et al*., 1993) نیز یک رابطه خطی ضعیف را بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن برگ به صورت تجمعی برای سه مرحله رشد برنج رقم نیمه پاکوتاه IR72 گزارش کردند(R^2=۰/٤۹). آنها معتقد بودند که علت ارتباط ضعیف بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن برگ به صورت تجمعی برای کلیه مراحل رشد، وجود تفاوت معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) بین شیب خط رگرسیونی برای دو متغیر فوق بین مرحله گلدهی، مراحل اواسط پنجه‌زنی و تشکیل مریستم خوشه بوده است.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

بر اساس معادله (۲) مقادیر کلروفیل‌متر به صورت تجمعی سهم بیشتری از تغییرات نیتروژن برحسب واحد سطح برگ را نسبت به وزن برگ توجیه کرد (R^2=۰/۸۱۹) (شکل۳). با توجه به وجود رابطه نزدیک‌تر بین مقادیر کلروفیل‌متر و کلروفیل استخراج شده برحسب واحد سطح برگ در مقایسه با کلروفیل استخراج شده برحسب واحد وزن برگ (Marquard and Tipton, 1987) و ارتباط نزدیک بین کلروفیل و غلظت نیتروژن برگ در گیاه برنج (Evans, 1986; Blackmer and Schepers, 1994)، می‌توان برازش دقیق‌تر تغییرات نیتروژن برحسب واحد سطح برگ را توسط مقادیر کلروفیل‌متر انتظار داشت.

یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2003) گزارش کردند که به صورت تجمعی برای سه مرحله رشد بین رنگ برگ (جدول‌های رنگ برگ) و غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ (۰/۸۰ تا R^2=۰/۷۵) رابطه مستقیم و قوی‌تری از رنگ برگ و غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن برگ (۰/٦۲ تا R^2=۰/٤٦) وجود داشت. پنگ و همکاران (Peng *et al.*, 1995b) نیز نشان دادند که در ۸۰ ژنوتیپ برنج امکان تخمین غلظت نیتروژن برگ با استفاده از رابطه رگرسیونی بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ در مقایسه با غلظت نیتروژن بر حسب وزن برگ از ۲٤ به ۷۷/٤ درصد

جدول ۳- تجزیه رگوسیون بین غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن (Ndw) و مقادیر کلروفیل‌متر (SPAD) برای کلیه مراحل رشد در طی روزهای بعد از نشاءکاری

Table 3. Analysis of regression (pooled) of nitrogen concentration based on leaf dry weight (Ndw) and chlorophyll meter readings (SPAD values) at various days after transplanting (DAT)

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	R^2_{adj}a	عرض از مبدأ Intercept	ضریب رگرسیون درجهٔ یک	ضریب رگرسیون درجهٔ دو
Linear	1	1556.15 **	0.225	-50.5843**	2.2198**	-
Residuals	52	94.83				
Quadrati	2	778.41 **	0.210	-27.4577 ns	0.9212 ns	0.0181 ns
Residuals	51	96.67				

R^2: adjusted R^2: a تصحیح شده

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

ns and ** : Non significant, significant at the 1% level of probability respectively.

جدول ٤- تجزیه رگرسیون بین غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ (Na) و مقادیر کلروفیل‌متر (SPAD) برای کلیه مراحل رشد در طی روزهای بعد از نشاءکاری

Table 4. Analysis of regression (pooled) of nitrogen concentration based on leaf area (Na) and chlorophyll meter readings (SPAD values) at various days after transplanting (DAT)

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	R^2_{adj}	عرض از مبدأ Intercept	ضریب رگرسیون درجهٔ یک	ضریب رگرسیون درجهٔ دو
Linear	1	5.05 **	0.819	-3.0647*	0.1264**	-
Residuals	52	0.021				
Quadrati	2	2.54 **	0.821	2.1534 ns	-0.1665 ns	0.0041 ns
Residuals	51	0.021				

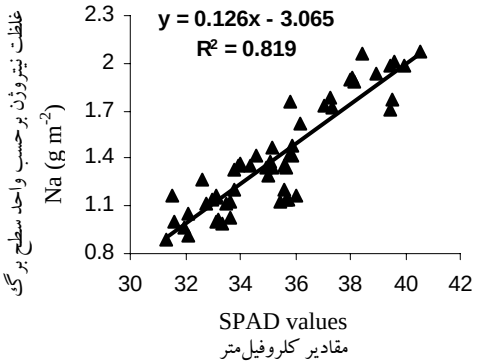
ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح ۵٪ و ۱٪ احتمال.

ns, * and ** : Non significant, significant at the 5% and 1 % level of probability respectively.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

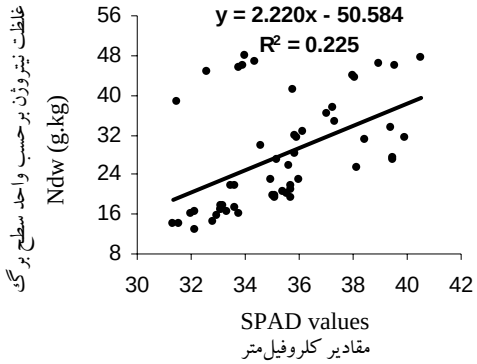
[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

افـزایش مـی‌یابـد. در سـایر مطالعـات انجـام شـده نیـز گـزارش‌هـای موجـود حـاکی از ایـن اسـت کـه مقـادیر کلروفیـل‌متـر در بـرنج، غلظـت نیتـروژن را برحسب واحـد سـطح بـرگ بـا دقـت بـالایی پیش‌بینـی مـی‌کنـد (Peng *et al*., 1996; Garcia *et al*., 1996; Balasubramanian *et al*., 1999; Hussain *et al*., 2000).



شکل ۳- ارتباط بین غلظت نیتروژن برحسب و مقادیر کلروفیل‌متر (Na)واحد سطح برگ برای کلیه مراحل رشد

Fig.3. Relationship (pooled) between nitrogen concentration based on leaf area and chlorophyll meter readings



شکل ۲- ارتباط بین غلظت نیتروژن برحسب و مقادیر کلروفیل‌متر (Ndw)واحد وزن برگ برای کلیه مراحل رشد

Fig.2. Relationship (pooled) between nitrogen concentration based on leaf dry weight and chlorophyll meter readings

با مقایسه ضرایب همبستگی بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن بـرگ در ۹ مرحلـه انـدازه‌گیـری غلظـت نیتروژن بافت برگ در مراحل مختلف رشـد روز بعـد از نشاءکاری مشخص گردید کـه در کلیـه مراحـل مقـادیر کلروفیل‌متر همبستگی بالاتری با غلظت نیتروژن برحسب واحـد سـطح بـرگ در مقایسـه بـا غلظـت نیتـروژن رحـسب واحـد وزن بـرگ دارد (جـدول۵). پنـگ و همکـاران (Peng *et al*., 1995b) در برنـج همبـستگی قـوی‌تـری بـین مقـادیر کلروفیـل‌متـر و غلظـت نیتـروژن برحـسب واحدسـطح بـرگ در هـر یـک از مراحـل رشـد (ده مرحلـه) بـه‌خـصوص در مراحـل میـانی رشـد و بعـد از آن را نـسبت بـه غلظـت نیتـروژن برحـسب واحـد وزن بـرگ گـزارش کردند.

در این تحقیق، ضریب همبستگی برای کلیـه مراحـل رشد به صورت تجمعی بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظـت نیتروژن برحسب واحد سطح بـرگ (r=۰/۹۰۷) بـالاتر از ضـریب همبـستگی بـین مقـادیر کلروفیـل‌متـر و غلظـت نیتـروژن برحـسب واحـد وزن بـرگ بـود (r=۰/٤۹۰). پنـگ و همکـاران (Peng *et al*., 1993) همبـستگی ضـعیف را بـین مقـادیر کلروفیـل‌متـر و غلظـت نیتـروژن برحسب واحد وزن برگ به صـورت تجمعـی بـرای سـه مرحله اواسط پنجه‌زنی، تشکیل مریستم خوشه و گلدهی برنج گزارش کردند(R^2=۰/۷۰). امـا زمـانی کـه آنهـا در آزمایش دیگر در سال ۱۹۹۵ همبستگی دو متغیر فـوق را به صورت تجمعی در ده مرحلهٔ رشد مورد محاسـبه قـرار دادند این همبستگی به ۰/٤۳ کاهش یافت، در حالی کـه همبستگی بـالاتـری بـین مقـادیر کلروفیـل‌متـر و غلظـت نیتـــروژن برحـــسب واحـــد ســـطح بـــرگ در دو بـرنج هیبریـد نیمـه پاکوتـاه مـشاهده شـد (r=۰/۸۱) (Peng *et al*., 1995b). بـا توجـه بـه ایـن کـه ضـریب همبـستگی بـین مقـادیر کلروفیـل‌متـر و غلظـت نیتـروژن برحسب واحد وزن بـرگ در هـر یـک از مراحـل رشـد بالاتر از ۰/۸۸ بود احتمالاً علت همبستگی ضعیف این دو

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

متغیر به صورت تجمعی (r=۰/٤۹۰) وجود شیب‌های متفاوت بین دو متغیر فوق و تفاوت غلظت نیتروژن در مراحل مختلف رشد بوده است (Yang *et al*., 2003; Peng *et al*., 1993).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با وجود این که مقادیر کلروفیل‌متر به صورت تجمعی با غلظت نیتروژن برحسب واحدوزن برگ رابطه ضعیفی دارد، اما با غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ در اکثر مراحل رشد و به صورت تجمعی همبستگی بالا و قابل قبول است. با توجه به این که روش برآورد میزان نیتروژن برحسب واحد سطح برگ توسط مقادیر کلروفیل‌متر روشی غیر تخریبی و ساده است، لذا برای تعیین وضعیت نیتروژن گیاه برنج مناسب است.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین غلظت نیتروژن برحسب واحد وزن (Ndw) و سطح برگ (Na) و مقادیر کلروفیل‌متر (SPAD) در طی روزهای بعد از نشاءکاری

Table 5. Correlation coefficients (r) of nitrogen concentration [based on leaf dry weight (Ndw) and area (Na)] and chlorophyll meter readings (SPAD values) at various days after transplanting (DAT)

روز بعد از نشاءکاری	تعداد مشاهدات	ضرایب همبستگی (Correlation coefficients)	
DAT	Number of observations	SPAD and Ndw	SPAD and Na
19	6	0.933**	0.988**
29	6	0.974**	0.994**
39	6	0.887**	0.988**
49	6	0.892**	0.985**
59	6	0.964**	0.999**
69	6	0.981**	0.981**
79	6	0.975**	0.995**
89	6	0.969**	0.994**
99	6	0.965**	0.995**
pooled	54	0.490**	0907**

** : معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

** : Significant at the 1% probability level.

در تحقیق حاضر با توجه به این که بر خلاف سایر تیمارها، کود نیتروژن به صورت پایه در تیمار شاهد مصرف نشد در نتیجه در اواسط مرحله پنجه‌زنی غلظت نیتروژن برگ در این تیمار می‌تواند در حد غلظت بحرانی نیتروژن باشد، بنابراین با قرار دادن غلظت نیتروژن برگ (۲۹ روز بعد از نشاءکاری) تیمار شاهد در معادله ۲ مقادیر کلروفیل‌متر حدود ۳۸/۱ برآورد گردید (جدول ٦). از آنجایی که بالاترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد دانه در تیمارهای چهارم و ششم با سه تقسیط نیتروژن مشاهده شد (٤٦۷۰ و ٤۸۳۰ کیلوگرم در هکتار) و این دو تیمار از نظر عملکرد تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۷). رابطه بین مقادیر کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ در این دو تیمار نیز برازش گردید (معادله‌های ۳ و ٤) اما با توجه به نزدیک بودن مقادیر عرض از مبدأ و ضریب رگرسیونی معادله‌های ۳ و ٤ با معادله ۲ و مشابه بودن مقادیر برآورد شده کلروفیل‌متر در سه معادله، ترجیحاً از معادله ۲ که اثر زمان و تیمارها در آن حذف شده است استفاده گردید. در نتیجه بر اساس معادله ۲ مقادیر کلروفیل‌متر در تیمارهای چهارم و ششم برای مصرف کود سرک اول نیتروژن (۳٤ روز بعد از نشاءکاری) حدود ۳۹/۲ تا ۳۹/۸ برآورد گردید (جدول ٦). ترنر و جوند (Turner and Jund, 1991) در ارقام نیمه پاکوتاه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

برنج، مقادیر کلروفیل‌متر را برای تیمارهای کود نیتروژن در اواسط مرحله پنجه‌زنی بین ۳۸ تا ۴۳ گزارش کردند.

معادله (۳) R^2=0.691 Y_{T4}= 0.1309X - 3.2424

معادله (٤) R^2=0.788 Y_{T6}= 0.1273X - 3.1017

با در نظر گرفتن غلظت نیتروژن برگ در تیمارهای چهارم و ششم (بهترین تیمار از نظر عملکرد) در ابتدای مرحله رشد زایشی (۵۳ روز بعد از نشاءکاری) و قرار دادن آن در معادله (۲) مقادیر کلروفیل‌متر برای این دو تیمار حدود ۳٤ تا ۳٤/٤ تعیین گردید (جدول ٦).

جدول ٦- مقادیر کلروفیل‌متر بر آورد شده بر پایه معادله (۲) و غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ در طی روزهای بعد از نشاءکاری

Table 6. Estimated SPAD values based on equation [2] and nitrogen concentration based on leaf area (Na) at various days after transplanting(DAT)

DAT / تیمار Treatment	غلظت نیتروژن برحسب واحد سطح برگ (Na)										
	19	29	*34*	39	49	*53*	59	69	79	89	99
شاهد (T1)	1.17	1.76	*1.63*	1.41	1.13	*1.06*	1.01	1.05	0.99	0.89	1.14
تیمار۲ (T2)	1.27	1.90	*1.78*	1.47	1.12	*1.07*	1.03	0.97	1.01	0.92	1.20
تیمار۳ (T3)	1.36	1.90	*1.81*	1.62	1.42	*1.30*	1.16	1.35	1.29	1.16	1.00
تیمار٤ (T4)	1.34	1.93	*1.89*	1.72	1.36	*1.23*	1.14	1.71	1.98	2.05	1.35
تیمار٥ (T5)	1.36	2.01	*1.96*	1.78	1.48	*1.33*	1.14	1.21	1.34	1.16	1.12
تیمار٦ (T6)	1.37	2.07	*1.97*	1.73	1.43	*1.27*	1.13	1.77	1.99	1.88	1.37
	مقادیر کلروفیل‌متر بر آورد شده (Estimated SPAD values)										
شاهد (T1)	33.5	38.1	*37.1*	35.4	33.2	*32.6*	32.2	32.6	32.1	31.3	33.3
تیمار۲ (T2)	34.2	39.2	*38.3*	35.8	33.1	*32.7*	32.4	31.9	32.2	31.5	33.7
تیمار۳ (T3)	35.0	39.3	*38.6*	37.0	35.4	*34.5*	33.4	34.9	34.4	33.4	32.2
تیمار٤ (T4)	34.8	39.5	*39.2*	37.9	35.0	*34.0*	33.2	37.8	39.9	40.5	34.9
تیمار٥ (T5)	35.0	40.1	*39.7*	38.3	36.0	*34.8*	33.3	33.8	34.8	33.4	33.1
تیمار٦ (T6)	35.0	40.6	*39.8*	37.9	35.6	*34.3*	33.2	38.2	40.0	39.1	35.1

اعداد ایتالیک نشان‌دهنده مراحل مصرف کود سرک نیتروژن هستند.

Italic digits shows N fertilizer application topdressing.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج رقم خزر

Table 7. Mean comparison of yield and yield components of rice cv. Khazar

تیمار Treatment	نیتروژن مصرف شده N applied (Kg/h)			تعداد خوشه‌ها Panicles . m^{-2}	تعداد دانه در خوشه Grains . $Panicle^{-1}$	وزن هزار دانه 1000 grain wt. (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg/h)
	Ba	MT	PI				
شاهد (T1)	0	0	0	173.0 d	93.2 a	22.10 d	3.06 e
تیمار۲ (T2)	40	0	0	187.7 d	94.4 a	22.63 d	3.45 d
تیمار۳ (T3)	40	40	0	209.0 c	96.4 a	24.23 c	4.19 c
تیمار٤ (T4)	40	20	20	223.0 bc	94.2 a	25.87 ab	4.67 ab
تیمار٥ (T5)	60	60	0	236.0 ab	84.7 a	25.40 b	4.37 bc
تیمار٦ (T6)	60	30	30	248.0 a	86.7 a	26.17 a	4.83 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Mean with similar letters in each column have statistical insignificant different (Duncan's MRT).

Ba: مصرف به صورت پایه ، MT: اواسط پنجه‌زنی، PI: شروع مرحله زایشی

Ba: Basal, MT: Midtillering, PI: Panicle Initiation

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

پنگ و همکاران (Peng *et al*., 1995a) غلظت بحرانی نیتروژن برحسب واحد سطح برگ را برای رقم نیمه پاکوتاه ایندیکا IR72، ۱/٤ گرم بر متر مربع و حد آستانه کلروفیل‌متر ۳۵ تعیین کردند. همچنین در فیلیپین برای ارقام نیمه پاکوتاه با غلظت بحرانی نیتروژن برحسب واحد سطح برگ ۱/٤ تا ۱/۵ گرم بر متر مربع، حد آستانه کلروفیل‌متر بین ۳۵ تا ۳۷ تعیین گردید (Balasubramanian *et al*., 2000). درصورتی‌که غلظت بحرانی نیتروژن معرفی شده توسط این محققان در معادله برآورد شده در این تحقیق (معادله ۲) قرار داده شود، حد آستانه کلروفیل‌متر برای رقم خزر حدود ۳۵/۳ تا ۳٦/۱ به‌دست خواهد آمد. بنابراین در ادامه این مطالعه به منظور مدیریت نیتروژن با استفاده از کلروفیل‌متر در شالی‌زارها، انجام تحقیقات مختلف جهت تقسیط کود نیتروژن با استفاده از اعداد ۳۸ تا ٤۰ کلروفیل‌متر برای مرحله اواسط پنجه زنی و اعداد ۳٤ تا ۳٦ کلروفیل‌متر برای مرحله ابتدای رشد زایشی با در نظر گرفتن میزان عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن جهت دستیابی به حد آستانه کلروفیل‌متر (مربوط به هر مرحله) ضروری به نظر می‌رسد.

سپاسگزاري

از کلیه کارکنان موسسهٔ تحقیقات برنج کشور (رشت) به خصوص کارکنان آزمایشگاه بخش خاک و آب که امکان تعیین میزان غلظت نیتروژن برگ برنج را در این تحقیق فراهم کردند تشکر می‌گردد.

References

Balasubramanian, V., A. C. Morales, R. T. Cruz, and S. Abdulrahman. 1999. On-farm adaptation of knowledge-intensive nitrogen management technologies for rice systems. Nutr. Cycling Agroecosyst. 53: 93-101.

Balasubramanian, V., A. C. Morales, R. T. Cruz, T. M. Thiyagarajan, R. Nagarajan, M. Babu, S. Abdulrahman, and L. H. Hai. 2000. Adaptation of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: A review. Institute Rice Research. Notes, 25 (1): 4-8.

Blackmer, T. M., and J. S. Schepers. 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 1791-1800.

Campbell, R. J., K. M. Mobley, R. P. Marini, and D. G. Pfeiffer. 1990. Growing conditions alter the relationship between SPAD-510 values and apple leaf chlorophyll. Hort Science, 25: 330-331.

Chubachi, T., I. Asano, and T. Oikawa. 1986. The diagnosis of nitrogen nutrition of rice plant (Sasanishki) using chlorophyll meter. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 57 (20): 190-193.

Evans, J. R. 1983. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat. Plant Physiol. 72: 297-302.

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

Mallino, A., T. Mae, and K. Ohira. 1988. Differences between wheat and rice in the enzymic properties of ribulose1, 5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and the relationship to photosynthetic gas exchange. Planta, 174: 30-38.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

Marquard, R. D., and J. L. Tipton. 1987. Relationship between extractable chlorophyll and an in situ method to estimate leaf greenness. Hort Science, 22 (6): 1327.

Mitsui, S., and Y. Ishii. 1938. Effects of supply of three major nutrients on photosynthetic rate of rice seedlings. J. Sci. Soil Manure (Japan), 12: 287-289.

Miyashita, K., H. Shinke, M. Endo, and M. Takahashi. 1986. Vegetative diagnosis and growth forecast of rice: I. Adaptability of SPAD- chlorophyll meter. Tohoku Agric. Res. 39: 53-54.

Peng, S., F. V. Garcia, R. C. Laza, and K. G. Cassman. 1993. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimation of rice leaf nitrogen concentration. Agron. J. 85: 987-990.

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

Peng, S., K. G. Cassman, and M. J. Kropff. 1995a. Relationship between leaf photosynthesis and nitrogen content of field-grown rice in the tropics. Crop Sci. 35: 1627-1630.

Peng, S., R. C. Laza, F. C. Garcia, and K. G. Cassman. 1995b. Chlorophyll meter estimates leaf area-based N concentration of rice. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 26: 927-935.

Smeal, D., and H. Zhang. 1994. Chlorophyll meter evaluation for nitrogen management in corn. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 25: 1495-1503.

Takebe, M., and T. Yoneyma. 1989. Measurement of leaf color scores and its implication to nitrogen nutrition of rice plants. JARQ, 23: 86-93.

Takebe, M., T. Yoneyma, K. Inada, and T. Murakam. 1990. Spectral reflectance ratio of rice canopy for estimating crop nitrogen status. Plant Soil, 122: 295-297.

Tenga, A. Z., B. A. Marie, and D. P. Ormrod. 1989. Leaf greenness meter to assess ozone injury to tomato leaves. Hort Science, 24 (3): 514.

Thiyagarajan, M., S. Aruna Geetha, and V. Balasubramanian. 2000. Assessing genotypic variation in N requirements of rice with chlorophyll meter. Int. Rice Res. Notes, 25 (1): 23.24.

Turner, F. T., and M. F. Jund. 1991. Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. Aust. J. Exp. Agric. 34: 1001-1005.

Uchida, N., Y. Wada, and Y. Murata. 1982. Studies on the changes in the photosynthetic activity of a crop leaf during its development and senescence. II. Effect of nitrogen deficiency on the changes in the senescing leaf of rice. Jpn. J. Crop Sci. 51: 577-583.

Yang, W. H., S. B. Peng, J. Huang, A. L. Sanico, R. J. Buresh, and C. Witt. 2003. Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice. Agron. J. 30: 261-270.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, los Bonos.

Yoshida, S., and Coronel V. 1976. Nitrogen nutrition leaf resistance, and leaf photosynthetic rate of the rice plant. Soil. Sci. plant Nutr. 22: 207-211.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]

Determination of nitrogen requirement at different growth stages of rice (*Oryza sativa* Cv. Khazar) using chlorophyll meter (SPAD)

Ali-Abasi[1]. H. M., M. Esfahani[2]., M. Kavoosi[3] and B. Rabiee[4]

ABSTRACT

In order to estimate the leaf nitrogen (N) status of rice plant (*oryza sativa* L Cv. Khazar) and to recommend the precise timing of N-fertilizer topdressing by using chlorophyll meter (SPAD-502), a field experiment was carried out in a RCBD with 6 treatments and three replications in a coastal light texture soil in Guilan province - Iran in 2003 cropping season. Six N rates using Urea T1-control (no N fertilizer), T2-40 kg/ha (Basal), T3-40+40 kg/ha (Basal + Mid-tillering), T4-40+20+20 kg/ha (Basal + Midtillering + Panicle initiation), T5- 60+60 kg/ha (Basal + Midtillering) and T6-60+30+30 kg/ha (Basal + Midtillering + Panicle initiation) Kg/ha were applied. The chlorophyll meter (SPAD) values and leaf N concentration (by Kjeldahl procedure) were determined at 9 stage: 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89 and 99 days after transplanting on the uppermost fully expanded leaf in rice plant. Regression analysis showed that, when data for all growth stages were pooled, SPAD values predicated only about 23% of variation of leaf N concentration on a dry-weight basis, but SPAD values predicated about 80% of variation of leaf N concentration on a leaf area basis. At each growth stage, SPAD values correlated with leaf N concentration on a leaf area basis better than leaf N concentration on a dry-weight basis.Thus, chlorophyll meter provides a simple, quick, and nondestructive method to estimate the leaf N concentration on a leaf area basis and can be used to predict the appropriate timing for N fertilizer topdressing in rice.

Key word: Rice, Nitrogen, Topdressing, Chlorophyll meter (SPAD), Leaf area, Dry weight.

1. MSc. Student, the university of Guilan, Rasht, Iran.
2. Assistant Prof. Crop Sciences Department. The University of Guilan, Rasht, Iran.
3. Faculty member, Iranian Rice Research Institute, Rasht, Iran.
4. Assistant Prof. Crop Sciences Department. The University of Guilan, Rasht, Iran.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1384.7.2.4.8]