

# پژوهش، تطبیق و ترویج کارت رنگ برگ برای توصیه کود نیتروژنی مورد نیاز گندم در شرایط شور

یوسف هاشمی نژاد: استادیار پژوهش، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی | رایانامه: razmjooi@yahoo.com



**ولی سلطانی** محقق، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
**مجید نیکخواه** محقق، مرکز ملی تحقیقات شوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی  
**محمد فیضی** بازنشسته، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

ویراستار ترویجی: جواد قاسمی

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۱۲/۱۵

## چکیده

برگ تهیه شد و مزارع تحقیقی-ترویجی در دو استان خراسان رضوی و یزد ایجاد و با تیمار شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. در مجموع نتایج حاکی از کاهش ۳۰ درصدی مصرف کود نیتروژنی در مقایسه با شاهد و افزایش کارایی مصرف کود با استفاده از کارت رنگ برگ بود.

## واژگان کلیدی



اپلیکیشن، تقسیط، سرک، گندم، نیتروژن

## مقدمه

نیتروژن مهم‌ترین عنصر مورد نیاز گیاهان است. از آنجایی که تنها منبع تأمین نیتروژن، به استثنای تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، مواد آلی خاک است و خاک‌های مناطق خشک حاوی مقادیر بسیار کمی از مواد آلی هستند، بنابراین استفاده از کودهای حاوی نیتروژن برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان ضروری است. استفاده از کودهای حاوی نیتروژن در سال‌های گذشته تضمین‌کننده افزایش عملکرد گیاهان زراعی و تأمین‌کننده بخشی از نیاز غذایی جمعیت در حال رشد دنیا بوده است. در عین حال، به دلیل پویایی منابع کودهای نیتروژنی در خاک، به دلیل تلفات مختلف مانند آبشویی، تصعید و تثبیت، مصرف کودهای نیتروژنی به صورت تقسیطی برای افزایش

کارت رنگ برگ روشی است که در ابتدا برای تشخیص و توصیه کود سرک نیتروژنی در برنج معرفی شد ولی پس از آن برای سایر غلات نیز کاربرد پیدا کرد. مرکز ملی تحقیقات شوری از سال ۱۳۸۸ پژوهش، تطبیق و سپس ترویج این روش را برای توصیه کود نیتروژنی در گندم در شرایط شور در دستور کار قرار داده است. هدف این مقاله بررسی روند پژوهش تا ترویج این دستاورد است. در مرحله پژوهشی که در مقیاس پلات آزمایشی در مزرعه تحقیقات شوری صدوق واقع در استان یزد انجام شد، تیمارهای آزمایش به‌نحوی تعریف شدند که هر دو کمیت زمان و میزان مصرف کود سرک هم‌زمان مورد واسنجی قرار گیرند. بر اساس نتایج عملکرد و کارایی مصرف کود چهار تیمار از مرحله پژوهشی به‌عنوان تیمارهای برتر انتخاب شدند و به‌همراه تیمار توصیه کودی مرسوم در مرحله تطبیقی در سه استان اصفهان، خراسان رضوی و یزد در سطح مزارع کشاورزان مورد تطبیق قرار گرفتند. نتایج حاصل از هر سه استان در مجموع نشان داد که تیمار مصرف کود اوره سرک به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار در صورتی که متوسط قرائت کارت رنگ برگ کم‌تر از چهار باشد، تیمار برتر مرحله تطبیقی بوده است. در مرحله ترویجی، برنامه کاربردی (اپلیکیشن) کارت رنگ

(نحوی و همکاران، ۱۳۸۵) و حتی دستورالعمل نحوه استفاده از آن برای توصیه کودی نیتروژن در شالیزارها تقریباً بلافاصله آماده و منتشر شد (نحوی و همکاران، ۱۳۸۶). هر چند به نظر می‌رسد دستورالعمل مورد اشاره بیش‌تر برگرفته از توصیه‌های مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج باشد، برخی محققان داخلی امکان استفاده از این روش برای توصیه کودی نیتروژن در مزارع کشاورزان را نیز به اثبات رسانده‌اند (نحوی و صبوری، ۱۳۸۸). هدف از این مقاله تشریح سیر مراحل پژوهشی کاربرد کارت رنگ برگ برای تعیین مناسب‌ترین زمان و میزان مصرف کود سرک نیتروژنی مزارع گندم در شرایط شور تا تبدیل آن به یک دستاورد قابل ترویج است.

### ◀ مواد و روش‌ها

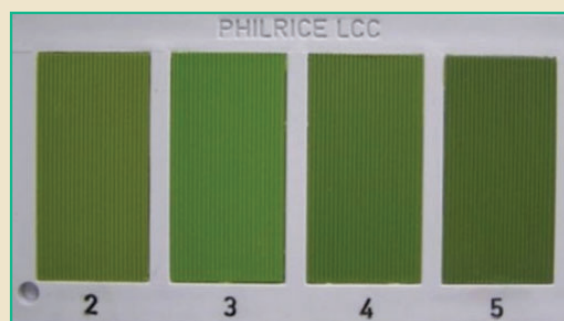
این مقاله حاصل سه پژوهش متوالی است که در سه سطح تحقیقی، تحقیقی - تطبیقی و تحقیقی - ترویجی در استان‌های یزد، اصفهان و خراسان رضوی اجرا شده است. در سطح (مرحله) تحقیقی، یک پژوهش دو ساله برای واسنجی مقدار و زمان مصرف کود سرک نیتروژنی با ۱۱ تیمار در ۴ بلوک در مزرعه تحقیقات شوری صدوق وابسته به مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد طی سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای برتر حاصل از مرحله تحقیقی وارد مرحله تحقیقی - تطبیقی (یا به اختصار تطبیقی) شدند که در مقیاس وسیع‌تر با تیمار شاهد مقایسه شدند. نهایتاً برترین تیمار وارد مزارع نمایشی (مرحله ترویجی) شد.



شکل ۲- نحوه قرائت کارت رنگ برگ روی جوان‌ترین برگ‌های کاملاً توسعه یافته سالم

کارایی مصرف آنها ضروری است. از طرف دیگر، نیاز محصول به نیتروژن در طول فصل رشد نیز متغیر است. در نتیجه میزان مصرف کود باید بر الگوی تغییرات نیاز گیاه نیز منطبق باشد. در حالی که روش مرسوم تقسیط در فواصل مساوی و با مقادیر مساوی است (برزویی و همکاران، ۱۳۹۱).

مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج برای تصمیم‌گیری در مورد زمان مصرف کودهای نیتروژنه، روش «کارت رنگ برگ» را ابداع کرد که روشی ارزان قیمت، ساده و قابل حمل است. روش کارت رنگ برگ، اولین بار برای مدیریت مصرف کود نیتروژنی مورد نیاز برنج در ژاپن مورد استفاده قرار گرفت. این روش، مبتنی بر مقایسه رنگ سبز برگ با قطعات سبز رنگ موجود بر روی یک کارت است. هر کدام از قطعات رنگی با عددی مشخص شده‌اند که با روش‌های واسنجی که بسته به نوع محصول، رقم و تنش‌های محیطی متفاوت است می‌توان بهترین عدد را برای حصول عملکرد بهینه و یا حداکثر کارایی مصرف کود تعیین کرد. همچنین، در مرحله واسنجی تعیین می‌شود که در صورت پایین‌تر بودن سبزی‌نگی برگ از حد بهینه، میزان کود مورد نیاز چقدر خواهد بود. این روش به سرعت به وسیله مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج مورد پذیرش قرار گرفت و توسعه یافت (شکل ۱).



شکل (۱)- نمونه‌ای از کارت رنگ برگ توسعه یافته در مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج

در ایران نیز به دلیل ارتباط بین مؤسسه تحقیقات برنج کشور با مؤسسه بین‌المللی تحقیقات برنج، روش مورد اشاره با فاصله کوتاهی برای برنج مورد آزمایش قرار گرفت

یزد و خراسان رضوی در مزارع کشاورزان با شاهد مورد مقایسه قرار گرفت.



شکل ۳- نمایی از اپلیکیشن (برنامه کاربردی) کارت رنگ برگ



شکل ۴- فلوچارت تشخیص نیاز نیتروژنی گندم از طریق کارت رنگ برگ، مورد استفاده در اپلیکیشن (برنامه کاربردی)

## نتایج و بحث

### الف- مرحله تحقیقی

در جدول (۱) نتایج عملکرد این مرحله به کیلوگرم در هکتار تبدیل شده و به طور خلاصه میزان کود مصرفی در هر تیمار، میانگین تعداد تقسیط در چهار تکرار، عملکرد دانه و عملکرد دانه و کاه، برای تیمارهای مختلف نشان داده شده است. تیمار برتر بر مبنای استدلال بالا تیمار ۳ انتخاب شده است که از لحاظ عملکرد دانه و کاه در هر دو سال اختلاف معنی داری با تیمارهای ۲، ۴ و ۵ نداشته است. میزان بازیافت کود اوره برای تیمارهای مختلف بر مبنای

در تمام این مراحل برای قرائت کارت رنگ برگ از هر کرت ۱۰ برگ کاملاً توسعه یافته جوان انتخاب، در نور آفتاب با کارت رنگ برگ مقایسه، قرائت و یادداشت می شد (شکل ۲). در صورتی که متوسط قرائت از آستانه کم تر بود، به میزان مشخص شده در تیمار کود اوره سرک استفاده می شد. کل میزان مصرف کود، عملکرد، اجزای عملکرد و بازیافت کود در انتهای فصل رشد برای انتخاب تیمار برتر مورد استفاده قرار گرفت بر حسب تعریف بازیافت کود عبارتست از میزان عملکرد محصول تقسیم بر میزان کود مصرفی.

با توجه به اینکه در مرحله تحقیقی برخی از تیمارها به عنوان تیمارهای برتر انتخاب شده بودند. این تیمارها شامل کود سرک شامل ۷۵ در مقادیر قرائت کارت رنگ برگ کم تر از ۴ و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار در مقادیر قرائت کارت رنگ برگ کم تر از ۴ و ۵ بود. در مرحله تطبیقی این تیمارها در مزارع کشاورزان با تیمار شاهد (مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در ۳ تقسیط) در دو سال مقایسه شدند. تیمارهای برتر حاصل از مرحله تحقیقی عبارت بودند از: مصرف ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره سرک در زمانی که متوسط قرائت کارت رنگ برگ کم تر از ۴ و ۵ باشد. به این ترتیب ۴ تیمار از مرحله تحقیقاتی به همراه تیمار شاهد که شامل مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در ۳ تقسیط بود در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سه استان اصفهان، خراسان رضوی و یزد با یکدیگر مقایسه شدند. عملکرد، برخی صفات رشدی و کارایی مصرف کود در انتهای فصل اندازه گیری و مورد مقایسه آماری قرار گرفت.

در مرحله ترویجی اپلیکیشن (برنامه کاربردی) تشخیص نیاز نیتروژنی گندم از طریق کارت رنگ برگ تهیه شد که در شکل (۳) نمایی از منوی اصلی این برنامه نشان داده شده است. این اپلیکیشن بر مبنای تیمار برتر حاصل از مرحله تطبیقی تهیه شده بود. شکل (۴) نیز فلوچارت تصمیم گیری اپلیکیشن را نشان می دهد. تأثیر مصرف کود با استفاده از اپلیکیشن در مرحله ترویجی در دو استان

(۲) نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سه استان برای دو سال اجرای پروژه را نشان می‌دهد. در این جدول نیز ردیف‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر ندارند. نکته قابل توجه عدم کاهش معنی‌دار و یا بعضاً افزایش غیرمعنی‌دار عملکرد گندم در نتیجه کاهش مصرف کود نیتروژنی بوده است که در نتیجه کارایی مصرف کود نیتروژنی در تیمارهای مدیریت شده با کارت رنگ برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

بر مبنای شاخص کارایی مصرف کود و تعداد تقسیط تیمار، مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره سرک در متوسط قرائت کارت رنگ برگ کم‌تر از آستانه ۴ به‌عنوان تیمار برتر مراحل تحقیقی و تطبیقی انتخاب شد. برای انتخاب تیمار برتر نیاز به رتبه‌بندی تیمارها بود. به این ترتیب که از لحاظ صفات مورد بررسی هر تیماری که بالاترین رتبه را کسب کرد به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شود. رتبه‌بندی بر اساس میزان مصرف کود، تعداد تقسیط و کارایی کود بود. بر مبنای نتایج حاصل از سه استان در دو سال اجرای تحقیق تیمار مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره سرک در قرائت کارت رنگ برگ کم‌تر از ۴ به‌عنوان تیمار برتر انتخاب شد.

عملکرد کاه و دانه محاسبه شده است. در بین تیمارهای برتر (۲، ۳، ۴ و ۵) بالاترین بازافت کود مربوط به تیمار ۳ است. تیمار ۱ که در آن کودی مصرف نشده است و در نتیجه نمی‌توان بازافت کود را برای آن محاسبه کرد و سایر تیمارها نیز به‌دلیل مصرف بسیار کم کود هر چند دارای کارایی مصرف کود بالاتری هستند ولی به‌دلیل اینکه عملکرد دانه و کاه در آنها به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای یاد شده است مورد مقایسه قرار نمی‌گیرند. در نتیجه تیمار ۳ با تولید ۲۴ کیلوگرم دانه و ۳۳ کیلوگرم کاه به ازای هر کیلوگرم کود اوره مصرفی برترین تیمار تحقیق است. در انتخاب بهترین تیمار، مسایل دیگری مانند نظر کشاورزان از لحاظ سهولت کارکرد، تعداد دفعات مراجعه به مزرعه، تأثیر تیمارها روی ورس، پرشدگی دانه و ... نیز موثر است.

### ب- مرحله تطبیقی

در این مرحله از لحاظ عملکرد دانه، کاه و عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. در حالی که از لحاظ کارایی مصرف کود تفاوت بین تیمارها معنی‌دار بود. از لحاظ طول سنبله و طول گیاه در برخی محل- سال‌ها تفاوت معنی‌دار مشاهده می‌شود. جدول

جدول ۱- میانگین مصرف کود، تعداد تقسیط، عملکرد دانه و کاه برای تیمارهای مختلف.

تیمار	سال اول				سال دوم			
	کود مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	تعداد تقسیط	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کود مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	تعداد تقسیط	عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۱ شاهد (بدون کود)	۰	۰	۵۰۹۷	(d) ۳۳۱۶	۰	۰	۲۷۲۲	(f) ۱۶۲۵
۲ شاهد (روش مرسوم)	۳۰۰	۳	۹۱۰۶	(a) ۵۵۰۶	۳۰۰	۳	۶۰۵۰	(ab) ۳۴۵۰
۳ سرک ۵۰ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 5$	۲۵۰	۵	۸۶۱۹	(a) ۵۳۵۹	۱۶۲٫۵	۳/۲۵	۵۲۱۹	(bc) ۳۴۰۹
۴ سرک ۷۵ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 5$	۳۱۸٫۷۵	۴/۲۵	۸۷۶۹	(a) ۵۷۰۹	۲۴۳٫۷۵	۳/۲۵	۶۴۰۹	(a) ۳۶۷۲
۵ سرک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 5$	۴۰۰	۴	۸۹۵۶	(a) ۵۲۶۶	۳۲۵	۳/۲۵	۶۱۲۵	(abc) ۳۱۹۱
۶ سرک ۵۰ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 4$	۷۵	۱/۵	۶۶۱۹	(bc) ۴۴۶۶	۷۵	۱/۵	۳۵۱۹	(e) ۲۱۳۴
۷ سرک ۷۵ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 4$	۱۱۲٫۵	۱/۵	۷۱۹۱	(ab) ۵۰۷۸	۱۱۲٫۵	۱/۵	۵۱۳۸	(c) ۳۰۰۶
۸ سرک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 4$	۱۰۰	۱	۷۳۹۴	(ab) ۴۸۶۳	۱۲۵	۱/۲۵	۴۳۶۳	(d) ۲۴۹۷
۹ سرک ۵۰ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 3$	۱۲٫۵	۰/۲۵	۴۸۴۱	(d) ۳۲۰۶	۰	۰	۲۳۶۳	(f) ۱۵۶۶
۱۰ سرک ۷۵ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 3$	۵۶٫۲۵	۰/۷۵	۶۰۸۱	(cd) ۴۰۵۳	۰	۰	۲۵۱۳	(f) ۱۴۹۴
۱۱ سرک ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در $LCC < 3$	۲۵	۰/۲۵	۵۵۲۲	(cd) ۳۵۵۹	۰	۰	۲۲۴۴	(f) ۱۳۶۶

ردیف‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۲- مقایسه نتایج عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف کود اوره در مرحله تطبیقی.

استان	سال	تیمار	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد کاه	میزان مصرف کود	طول سنبله	طول گیاه	کارایی مصرف کود
							(سانتی متر)	(سانتی متر)	
یزد	اول	شاهد	۳۲۰۰ <sup>a</sup>	۹۸۱۷ <sup>a</sup>	۶۶۱۷ <sup>a</sup>	۳۰۰ <sup>ba</sup>	۷/۶ <sup>a</sup>	۵۲/۵ <sup>a</sup>	۱۰/۷ <sup>b</sup>
		سرک ۷۵ در $4 > CCL$	۳۱۶۷ <sup>a</sup>	۹۲۶۷ <sup>a</sup>	۶۱۰۰ <sup>a</sup>	۱۵۰ <sup>c</sup>	۶/۶ <sup>b</sup>	۴۲/۹ <sup>b</sup>	۲۱/۱ <sup>a</sup>
		سرک ۱۰۰ در $4 > CCL$	۳۴۶۷ <sup>a</sup>	۱۰۱۷۳ <sup>a</sup>	۶۷۰۷ <sup>a</sup>	۲۰۰ <sup>cb</sup>	۷/۳ <sup>ba</sup>	۴۶/۳ <sup>ba</sup>	۱۷/۳ <sup>a</sup>
		سرک ۷۵ در $5 > CCL$	۳۵۱۷ <sup>a</sup>	۹۷۵۰ <sup>a</sup>	۶۲۳۳ <sup>a</sup>	۳۲۵ <sup>ba</sup>	۷/۹ <sup>a</sup>	۴۷/۳ <sup>ba</sup>	۱۱/۱ <sup>b</sup>
		سرک ۱۰۰ در $5 > CCL$	۳۴۰۰ <sup>a</sup>	۹۹۳۳ <sup>a</sup>	۶۵۳۳ <sup>a</sup>	۳۶۷ <sup>a</sup>	۷/۸ <sup>a</sup>	۵۲/۸ <sup>a</sup>	۹/۴ <sup>b</sup>

ادامه جدول ۲- مقایسه نتایج عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف کود اوره در مرحله تطبیقی.

استان	سال	تیمار	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد کاه	میزان مصرف کود	طول سنبله	طول گیاه	کارایی مصرف کود
	دوم	شاهد	۲۵۳۳ <sup>b</sup>	۱۱۷۸۳ <sup>a</sup>	۹۲۵۰ <sup>a</sup>	۳۰۰ <sup>ba</sup>	۷/۵ <sup>b</sup>	۶۲/۷ <sup>ba</sup>	۸/۴ <sup>b</sup>
		سرک ۷۵ در 4>CCL	۴۶۳۳ <sup>a</sup>	۱۲۹۵۰ <sup>a</sup>	۸۳۱۷ <sup>a</sup>	۲۲۵ <sup>b</sup>	۷/۲ <sup>b</sup>	۵۸/۹ <sup>b</sup>	۲۰/۶ <sup>a</sup>
		سرک ۱۰۰ در 4>CCL	۳۲۵۰ <sup>ba</sup>	۱۲۱۰۰ <sup>a</sup>	۸۸۵۰ <sup>a</sup>	۲۳۳ <sup>ba</sup>	۸/۷ <sup>a</sup>	۶۶/۵ <sup>a</sup>	۱۴/۲ <sup>ba</sup>
		سرک ۷۵ در 5>CCL	۴۰۰۰ <sup>ba</sup>	۱۲۳۱۷ <sup>a</sup>	۸۳۱۷ <sup>a</sup>	۳۲۵ <sup>ba</sup>	۸/۲ <sup>ba</sup>	۶۲/۳ <sup>ba</sup>	۱۲/۹ <sup>b</sup>
		سرک ۱۰۰ در 5>CCL	۴۳۶۷ <sup>ba</sup>	۱۴۴۳۳ <sup>a</sup>	۱۰۰۶۷ <sup>a</sup>	۳۳۳ <sup>a</sup>	۸ <sup>ba</sup>	۶۱/۲ <sup>ba</sup>	۱۳/۱ <sup>b</sup>
		شاهد	۳۳۵۳ <sup>a</sup>	۱۰۷۶۲ <sup>a</sup>	۷۴۰۸ <sup>a</sup>	۳۰۰ <sup>ba</sup>	۶/۸ <sup>b</sup>	۵۴/۱ <sup>a</sup>	۱۱/۲ <sup>cb</sup>
خراسان رضوی	اول	سرک ۷۵ در 4>CCL	۳۲۸۸ <sup>a</sup>	۱۰۰۸۵ <sup>a</sup>	۶۷۹۷ <sup>a</sup>	۱۷۵ <sup>c</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۵۶/۱ <sup>a</sup>	۱۹/۵ <sup>a</sup>
		سرک ۱۰۰ در 4>CCL	۳۴۴۰ <sup>a</sup>	۹۹۹۴ <sup>a</sup>	۶۵۵۴ <sup>a</sup>	۲۳۳ <sup>cb</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۵۴/۷ <sup>a</sup>	۱۴/۹ <sup>ba</sup>
		سرک ۷۵ در 5>CCL	۳۳۰۳ <sup>a</sup>	۹۵۲۲ <sup>a</sup>	۶۲۱۹ <sup>a</sup>	۳۰۰ <sup>ba</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۵۳/۳ <sup>a</sup>	۱۱/۵ <sup>cb</sup>
		سرک ۱۰۰ در 5>CCL	۳۲۳۵ <sup>a</sup>	۹۴۹۸ <sup>a</sup>	۶۲۶۳ <sup>a</sup>	۳۶۷ <sup>a</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۵۳/۵ <sup>a</sup>	۹ <sup>c</sup>
		شاهد	۳۲۷۳ <sup>a</sup>	۱۱۱۸۶ <sup>a</sup>	۷۹۱۳ <sup>a</sup>	۳۰۰ <sup>ba</sup>	۷ <sup>a</sup>	۵۶/۸ <sup>a</sup>	۱۰/۹ <sup>b</sup>
		سرک ۷۵ در 4>CCL	۳۱۴۷ <sup>a</sup>	۹۱۲۶ <sup>a</sup>	۵۹۷۹ <sup>a</sup>	۲۰۰ <sup>c</sup>	۶/۹ <sup>a</sup>	۵۲/۶ <sup>a</sup>	۱۶ <sup>a</sup>
	دوم	سرک ۱۰۰ در 4>CCL	۳۵۹۰ <sup>a</sup>	۱۳۱۰۳ <sup>a</sup>	۹۵۱۳ <sup>a</sup>	۲۶۷ <sup>cb</sup>	۷/۱ <sup>a</sup>	۵۹/۴ <sup>a</sup>	۱۴/۲ <sup>ba</sup>
		سرک ۷۵ در 5>CCL	۳۳۹۷ <sup>a</sup>	۱۱۳۲۳ <sup>a</sup>	۷۹۲۶ <sup>a</sup>	۳۲۵ <sup>ba</sup>	۶/۹ <sup>a</sup>	۵۶/۸ <sup>a</sup>	۱۰/۴ <sup>b</sup>
		سرک ۱۰۰ در 5>CCL	۳۶۳۰ <sup>a</sup>	۱۱۹۵۴ <sup>a</sup>	۸۳۲۴ <sup>a</sup>	۳۶۷ <sup>a</sup>	۷ <sup>a</sup>	۵۸ <sup>a</sup>	۱۰ <sup>b</sup>
		شاهد	۳۵۱۶ <sup>a</sup>	۸۴۲۹ <sup>a</sup>	۴۹۱۳ <sup>a</sup>	۴۰۰ <sup>a</sup>	۶/۵ <sup>a</sup>	۷۵ <sup>a</sup>	۸/۸ <sup>b</sup>
		سرک ۷۵ در 4>CCL	۳۳۷۷ <sup>a</sup>	۷۹۷۲ <sup>a</sup>	۴۵۹۵ <sup>a</sup>	۱۸۶ <sup>b</sup>	۶/۶ <sup>a</sup>	۷۸/۵ <sup>a</sup>	۱۸/۲ <sup>a</sup>
		سرک ۱۰۰ در 4>CCL	۳۶۲۷ <sup>a</sup>	۸۷۷۶ <sup>a</sup>	۵۱۴۹ <sup>a</sup>	۲۲۰ <sup>ba</sup>	۶/۸ <sup>a</sup>	۷۶ <sup>a</sup>	۱۶/۵ <sup>a</sup>
اصفهان	اول	سرک ۷۵ در 5>CCL	۳۴۳۳ <sup>a</sup>	۸۲۳۶ <sup>a</sup>	۴۸۰۳ <sup>a</sup>	۱۸۶ <sup>b</sup>	۶/۹ <sup>a</sup>	۷۷ <sup>a</sup>	۱۸/۵ <sup>a</sup>
		سرک ۱۰۰ در 5>CCL	۳۲۱۴ <sup>a</sup>	۷۳۹۵ <sup>a</sup>	۴۱۸۱ <sup>a</sup>	۲۲۰ <sup>ba</sup>	۶/۶ <sup>a</sup>	۷۴/۳ <sup>a</sup>	۱۴/۶ <sup>a</sup>
		شاهد	۶۱۶۶ <sup>a</sup>	۱۳۱۸۹ <sup>a</sup>	۷۰۲۳ <sup>a</sup>	۳۰۰ <sup>a</sup>	۷ <sup>a</sup>	۹۷/۲ <sup>a</sup>	۲۰/۶ <sup>b</sup>
		سرک ۷۵ در 4>CCL	۵۲۴۹ <sup>c</sup>	۹۹۹۹ <sup>c</sup>	۴۷۵۰ <sup>c</sup>	۷۵ <sup>c</sup>	۶/۶ <sup>c</sup>	۹۰ <sup>c</sup>	۷۰ <sup>a</sup>
		سرک ۱۰۰ در 4>CCL	۵۶۰۰ <sup>b</sup>	۱۰۰۱۵ <sup>c</sup>	۴۴۱۵ <sup>c</sup>	۱۰۰ <sup>b</sup>	۶/۷ <sup>b</sup>	۸۹/۵ <sup>c</sup>	۵۶ <sup>ba</sup>
		سرک ۷۵ در 5>CCL	۵۸۳۱ <sup>ba</sup>	۱۱۱۶۲ <sup>b</sup>	۵۳۳۱ <sup>b</sup>	۱۵۰ <sup>b</sup>	۶/۸ <sup>b</sup>	۹۳ <sup>b</sup>	۳۸/۹ <sup>ba</sup>
	دوم	سرک ۱۰۰ در 5>CCL	۵۸۳۳ <sup>ba</sup>	۱۱۶۶۶ <sup>b</sup>	۵۸۳۳ <sup>b</sup>	۲۰۰ <sup>ba</sup>	۶/۹ <sup>a</sup>	۹۴ <sup>ba</sup>	۲۹/۲ <sup>b</sup>

ردیف‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند.



نیست، بلکه با مراجعه به مزرعه و تعیین متوسط قرائت ۱۰ برگ، می‌توان نیاز و یا عدم نیاز به مصرف کود سرک را تعیین کرد. به این ترتیب ممکن است؛ هم میزان کود استفاده شده و هم تعداد تقسیط‌ها در دو محل متفاوت کاملاً متفاوت باشد. همچنین در اپلیکیشن کارت رنگ برگ امکان دیگری گنجانده شده است که در صورتی که نوع کود نیتروژنی مورد استفاده متفاوت باشد، براساس درصد خلوص کود، معادل ۷۵ کیلوگرم در هکتار از اوره محاسبه می‌شود و در توصیه نهایی به کشاورز ارایه می‌گردد. به همین دلیل میزان کود مورد استفاده در استان یزد در یک تقسیط ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است.

### نتیجه‌گیری

نتایج سه پروژه تحقیقی، تطبیقی و ترویجی و نتایج پروژه ترویجی به‌صورت مجزا نشان می‌دهند که با استفاده از روش کارت رنگ برگ می‌توان کارایی مصرف کود نیتروژنی را افزایش داد. این افزایش کارایی مصرف کود نیتروژنی به‌علت تطبیق زمان مصرف کود سرک با نیاز واقعی گیاه رخ می‌دهد. در یک آزمایش مزرعه‌ای جدید، گسل و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که تکنیک‌های مدیریت دقیق مصرف کود نیتروژنی مانند کارت رنگ برگ و کلروفیل‌متر توانستند به‌اندازه روش آزمایشگاهی و زمان‌بر اندازه‌گیری نیتروژن خاک در صرفه‌جویی مصرف کود موثر بوده و منجر به کاهش ۲۰ درصدی مصرف کود شوند.

نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که با استفاده از تکنیک کارت رنگ برگ می‌توان مصرف کود نیتروژنی گندم را در شرایط شور کاهش داد. مقدار این کاهش در مقایسه با شاهد به ۳۰ درصد نیز می‌رسد (هاشمی‌نژاد، ۱۳۹۸). این کاهش مصرف کود در پروژه‌های تحقیقی و تطبیقی، منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و کاه نشد. در نتیجه کارایی مصرف کود به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. اگر تعداد دفعات قرائت کارت رنگ برگ و نیز تعداد دفعات تقسیط حداقل سه تا ۵ بار باشد، حتی افزایش عملکرد گندم در شرایط مشابه قابل انتظار است. این موضوع می‌تواند به دلیل تطابق زمان و مقدار مصرف کود با نیاز واقعی گیاه باشد که هم توسط محققان مختلف مانند لیو و همکاران (۲۰۱۹) به اثبات رسیده است و هم در پروژه‌های قبلی همین پژوهش نشان داده شده است.

### ج- مرحله ترویجی

در مرحله ترویجی (مزارع نمایشی) مقایسه آماری بین تیمار کارت رنگ برگ و تیمار شاهد امکان‌پذیر نیست، چرا که تیمارها فاقد تکرار هستند. ولی نتایج حاصله از استان یزد حاکی از افزایش عملکرد و افزایش کارایی مصرف کود و کاهش عملکرد و افزایش کارایی مصرف کود در استان یزد در تیمار کارت رنگ برگ در مقایسه با تیمار شاهد می‌باشد. جدول (۳) به‌صورت خلاصه نتایج عملکرد دانه و کاه، میزان مصرف کود، تعداد دفعات مصرف کود و کارایی مصرف کود را در دو استان یزد و خراسان رضوی نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه عملکرد دانه، کاه، کود مصرفی و کارایی مصرف کود در تیمار ترویجی (اپلیکیشن کارت رنگ برگ) با تیمار شاهد

محل تیمار	خراسان رضوی		یزد	
	کارت رنگ برگ	شاهد	کارت رنگ برگ	شاهد
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۵۲۱۰	۵۱۸۰	۴۶۲۰	۵۵۵۰
عملکرد کاه (کیلوگرم در هکتار)	۹۹۴۰	۹۷۵۰	۸۶۵۰	۱۰۰۹۰
کود مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	۲۲۵	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰
تعداد تقسیط	۳	۳	۲	۳
کارایی مصرف کود (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم کود)	۲۳/۱	۱۷/۳	۳۰/۸	۱۸/۵

در پروژه‌های تحقیقی و تطبیقی نیز کاهش عملکرد در تیمارهای کارت رنگ برگ در مقایسه با شاهد مشاهده می‌شد ولی این کاهش از لحاظ آماری در تیمارهای برتر معنی‌دار نبود. در واقع با استفاده از روش کارت رنگ برگ می‌توان میزان مصرف کود را بدون کاهش معنی‌دار عملکرد، کاهش داد. به‌نظر می‌رسد، علت کم‌شدن قابل توجه عملکرد در استان یزد در تیمار کارت رنگ برگ، کم بودن تعداد تقسیط‌ها در مقایسه با شاهد بوده است. در شرایط مشابه در استان خراسان رضوی به‌دلیل استفاده از سه تقسیط حتی عملکرد کاه و دانه مقداری افزایش نیز داشته است. تعداد تقسیط در روش کارت رنگ برگ از قبل مشخص



nitrogen management in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. doi:https://doi.org/10.1002/jpln.202000371

Ladha, J.K., Bains, J.S., Gupta, R.K., & Balasubramanian, V. (2007). On-farm evaluation of leaf color chart for need-based nitrogen management in irrigated transplanted rice in northwestern India, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 78: 167-76.

Liu, Z., Fang G., Yan L., Jianqun Y., Xiaoyv Z., Xinxin L., Ying L., Jihao Z., Jinrong L., & Bichang Q. (2019). Timing and splitting of nitrogen fertilizer supply to increase crop yield and efficiency of nitrogen utilization in a wheat-peanut relay intercropping system in China, *The Crop Journal*, 7: 101-12.

Shukla, A.K., Jagdish K.L., Singh V.K., Dwivedi B.S., Balasubramanian V., Gupta R.K., Sharma S.K., Singh Y., Pathak H., & Pandey P.S. (2004). Calibrating the leaf color chart for nitrogen management in different genotypes of rice and wheat in a systems perspective, *Agronomy Journal*, 96: 1606-21.

Singh, B., Singh Y., Ladha J.K., Bronson K.F., Balasubramanian V., Singh J., & Khind C.S. (2002). Chlorophyll meter-and leaf color chart-based nitrogen management for rice and wheat in Northwestern India, *Agronomy Journal*, 94: 821-29.

Tilman, D., Christian B., Jason H., & Belinda L.B. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 20260-64.

Yang, W., Shaobing P., Jianliang H., Arnel L.S., Roland J.B., and Christian W. (2003). Using leaf color charts to estimate leaf nitrogen status of rice, *Agronomy Journal*, 95: 212-17.

برزویی، ا؛ کافی، م؛ موسوی شلمانی، م و خراسانی، ع. (۱۳۹۱). تأثیر شوری و کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف کود در گندم با استفاده از ایزوتوپ پایدار (N15). *مجله پژوهش آب در کشاورزی*. ۵۰۱-۵۱۷: ۲۶ (۴).

نحوی، م و صبوری، ح. (۱۳۸۸). تعیین کاراترین شیوه تقسیم کود نیتروژن با استفاده از نمودار رنگ برگ (LCC) و کلروفیل متر (SPAD) در برنج. *تولید گیاهان زراعی (مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی)*. ۵۵-۶۸: ۲ (۳).

نحوی، م. (۱۳۸۵). استاندارد کردن چارت رنگ برگ (LCC) برای ارقام و هیبریدهای برنج به منظور ارزیابی میزان کارایی نیتروژن. *گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور*.

نحوی، م؛ اله‌قلی‌پور، م و جوهرعلی، ا. (۱۳۸۶). فناوری استفاده از دیاگرام رنگ برگ برای مدیریت مناسب نیتروژن در برنج. *نشریه ترویجی مؤسسه تحقیقات برنج کشور*.

هاشمی‌نژاد، ی. (۱۳۹۱). گزارش نهایی پروژه بررسی نیاز گندم به کود نیتروژن در شرایط شور با استفاده از جدول رنگ برگ. *مرکز ملی تحقیقات شوری*. شماره فروست ۴۲۳۱۰.

هاشمی‌نژاد، ی. (۱۳۹۵). گزارش نهایی پروژه کاهش مصرف کودهای نیتروژنی مزارع گندم در شرایط شور با استفاده از تکنیک کارت رنگ برگ. *مرکز ملی تحقیقات شوری*. شماره فروست ۵۰۶۲۲.

هاشمی‌نژاد، ی. (۱۳۹۷). اپلیکیشن تشخیص نیاز نیتروژنی گندم از طریق کارت رنگ برگ. *سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی*. معاونت آموزش و ترویج. دفتر شبکه دانش و رسانه‌های ترویجی. شماره ثبت: ۸-ا. ۱۳۹۷/۷/۷. قابل دانلود از [agrilib.ir](http://agrilib.ir)

هاشمی‌نژاد، ی. (۱۳۹۸). گزارش نهایی پروژه بهینه‌سازی مصرف کودهای نیتروژنی مزارع گندم در شرایط شور با استفاده از تکنیک کارت رنگ برگ. *مرکز ملی تحقیقات شوری*. شماره فروست ۵۷۲۹۹.

Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., & Hawkesford, M.J. (2010). Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement, *European Journal of Agronomy*, 33: 1-11.

Cameron, K.C., Jj Di, H., & Moir, J.L. (2013). Nitrogen losses from the soil/plant system: a review, *Annals of Applied Biology*, 162: 145-73.

Furuya, S. (1987). Growth diagnosis of rice plants by means of leaf color, *Japanese Journal of Agricultural Research*, 20: 147-53.

Gosal, S., Choudhary, R., Singh, R., & Adholeya, A. (2021). Improving nitrogen use efficiency using precision