برآورد فراهمی بومی عناصر غذایی برای مدیریت عناصر غذایی مختص مکان در اراضی شالیزاری

محمد محمدیان[1]، صاحب سودایی مشایی*[2]، رضا مهدوی[3]، وحید خسروی[1]، مهرداد عماقلی طبری[1]، محمدزمان نوری دلاور[1]

۱- اعضای هیئت علمی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران

۲- محقق بخش خاک و آب مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران

۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

*ssoodaie78@gmail.com

چکیده

استفاده از کرت شاهد عنصر غذایی روشی بسیار ساده را برای تعیین فراهمی بومی عنصر غذایی و حاصلخیزی خاک فراهم می‌سازد که پایه و اساس مدیریت عناصر غذایی مختص مکان است. برای ارزیابی این روش در تعیین عرضه بومی عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، آزمایشی تحقیقاتی با ۴ تیمار در مزارع کشاورزان در شهرستان‌های آمل (و مزارع تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران) و بابل به اجرا درآمد. تیمارها عبارت بودند از: کرت شاهد نیتروژن، کرت شاهد فسفر، کرت شاهد پتاسیم و تیمار NPK+Zn بر اساس توصیه مؤسسه تحقیقات برنج کشور، در کرت شاهد به جز عنصر غذایی مورد نظر، سایر عناصر غذایی پرمصرف بر اساس مقادیر توصیه شده مؤسسه تحقیقات برنج کشور مصرف شدند. عملکرد تیمارها و نیز میزان جذب عنصر غذایی مربوط به هر کرت شاهد محاسبه شد و با تیمار NPK+Zn و مزرعه زراع مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج آزمایش نشان داد که در تمامی نقاط آزمایشی نیتروژن همواره محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در عملکرد برنج بوده و میزان جذب سایر عناصر غذایی به شدت تحت تأثیر میزان فراهمی این عنصر قرار دارد به‌طوریکه میزان جذب عناصر غذایی پرمصرف فسفر و پتاسیم در کرت شاهد نیتروژن کمتر از میزان جذب این دو عنصر در کرت شاهد آن‌ها بوده است. همچنین مشخص شد که ماده آلی خاک در همه حال نمی‌تواند شاخص مناسبی برای توصیه کود نیتروژن در برنج غرقابی باشد و این امر از مقایسه عملکرد دانه و میزان جذب نیتروژن دو کرت شاهد نیتروژن در دو مزرعه مؤسسه به‌وضوح دیده می‌شود. نتایج همچنین نشان‌دهنده تنوع بسیار زیاد فراهمی بومی عناصر غذایی در نقاط مختلف می‌باشد که بازنگری توصیه‌های کلی را ضروری می‌نماید.

کلمات کلیدی: مدیریت عناصر غذایی مختص مکان، اراضی شالیزاری، کرت شاهد، فراهمی بومی عنصر غذایی

مقدمه

برای انجام توصیه کودی مناسب آگاهی از میزان نیاز محصول به عنصر غذایی، راندمان مصرف عنصر غذایی و مهم‌تر از همه اطلاع از وضعیت تأمین طبیعی این عناصر توسط خاک ضروری است. بدیهی است که در بین روش‌های ارزیابی حاصلخیزی خاک، تجزیه خاک بهترین روش برای اطلاع از وضعیت عناصر غذایی خاک است. اما واقعیت آن است که تجزیه خاک اگرچه روش علمی، صحیح و متداول در کشورهای پیشرفته است ولی این روش در شرایط اجتماعی و اقتصادی برنج‌کاران کشور ما از کاربرد ناچیز و اندکی برخوردار است. دلیل ساده آن کوچک بودن سطح زیرکشت هر کشاورز است که در نتیجه تعداد نمونه خاک لازم بسیار زیاد و بسیار بیشتر از امکانات آزمایشگاهی کشور است (فلاح، ۱۳۷۸). مشکل دیگر عدم استقبال کشاورزان در استفاده از تجزیه خاک برای انجام توصیه مقدار مصرف کود است که علیرغم پرداخت بخشی از هزینه انجام تجزیه خاک به‌صورت یارانه از سوی دولت، با این همه کمتر از ۵ درصد کشاورزان از تجزیه خاک استفاده می‌کنند (محمدیان، ۱۳۸۹). با توجه به عدم استقبال و استفاده از تجزیه خاک در توصیه کود، مؤسسه تحقیقات برنج توصیه‌های کلی برای مصرف کود بر اساس شناخت از خاک‌ها و نیاز ارقام با عملکرد مشابه (ارقام محلی کم محصول و ارقام اصلاح شده پرمحصول) انجام داده است که مقادیر ثابتی از کود برای سطوح وسیعی از اراضی شالیزاری مورد استفاده قرار می‌گیرد و این بدین‌معنی است که توصیه‌های موجود تغییرپذیری و تنوع مزارع زارعین را از نظر عرضه عناصر غذایی و نیز پاسخ محصول به عنصر غذایی را در نظر نمی‌گیرند (دبرمن و همکاران، ۲۰۰۲؛ پیلای و کندی، ۱۹۹۳؛ کاسمن و همکاران، ۱۹۹۸). نکته بسیار مهم دیگری که باید به آن اشاره شود عدم کفایت بسیاری از آزمون‌های خاک مورد استفاده موجود، برای انجام توصیه کود در برنج غرقابی است. تحقیقات صورت گرفته روی پتاسیم و فسفر به این نتیجه منجر شد که روش‌های موجود آزمون خاک برای اراضی برنج از کارآیی اندکی برخوردار است (دبرمن و همکاران،۱۹۹۶a و دبرمن و همکاران،۱۹۹۶b). به منظور ارزیابی رابطه بین میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه در کرت‌های شاهد این عناصر با آزمون خاک، آزمایشات تحقیقاتی بسیاری در مزارع زارعین در اراضی برنج‌خیز آسیا انجام شد. رابطه بین میزان جذب عناصر غذایی و آزمون خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این آزمایشات نشان داد که تنها ۱۷ درصد تنوع در میزان جذب نیتروژن گیاه در کرت‌های شاهد نیتروژن توسط کربن آلی کل خاک قابل توضیح است. فسفر قابل عصاره‌گیری با روش السن تنها ۳۴ درصد از میزان جذب فسفر گیاه در کرت‌های شاهد فسفر را توضیح می‌دهد در حالی که پتاسیم قابل عصاره‌گیری با استات آمونیم یک مولار، هیچ رابطه‌ای را با میزان جذب پتاسیم گیاه در کرت‌های شاهد پتاسیم نشان نداد (کاسمن و همکاران، ۱۹۹۶a؛ کاسمن و همکاران، ۱۹۹۶b). لازم به یادآوری است که

در حال حاضر در کشور ما از آزمون‌های یاد شده برای تجزیه خاک و توصیه کود استفاده می‌شود. برای انجام توصیه کودی لازم است تا توان و قدرت خاک را در فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه، مقدار نیاز گیاه به عنصر غذایی و راندمان بازیافت عنصر غذایی را بدانیم.

$$\text{میزان کود مصرفی} = \frac{\text{(عرضه بومی عنصر غذایی} - \text{نیاز عنصر غذایی محصول)}}{\text{بازیافت کود}}$$

بر اساس کارهای تحقیقاتی انجام شده نیاز گیاه به عناصر غذایی ضروری و از جمله عناصر غذایی پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای تولید یک تن شلتوک مشخص شده است. گیاه برنج برای تولید یک تن شلتوک ۱۵ کیلوگرم نیتروژن، ۳ کیلوگرم فسفر و ۱۵ کیلوگرم پتاسیم جذب می‌کند. برای کاربردهای عملی راندمان بازیافت نیتروژن را ۵۰ درصد، راندمان بازیافت فسفر را ۲۵ درصد و راندمان بازیافت پتاسیم را ۵۰ درصد درنظر می‌گیرند (میرنیا و محمدیان، ۱۳۸۴). بنابراین برای تعیین مقدار کود مصرفی بر اساس فرمول فوق لازم است تا مقدار عرضه بومی هر عنصر غذایی تعیین شود که می‌توان با استفاده از کرت شاهد این کار را انجام داد. در این روش، برای هر عنصر غذایی یک کرت شاهد جداگانه ایجاد می‌شود. بطوریکه در آن کرت، همه عناصر غذایی به جز عنصر مورد نیاز، برای رقم مورد کشت در حد کفایت مصرف می‌شوند. ضمن اینکه سایر عوامل رشد باید در طی فصل رشد در حد بهینه حفظ شوند. استفاده از کرت شاهد برای محاسبه نیاز کودی مبنای روشی است که مدیریت عناصر غذایی مختص مکان یا SSNM نامیده می‌شود. استفاده از کرت شاهد در توصیه کود (که یک روش مبتنی بر گیاه است)، روشی بسیار ساده و آسان است که به واسطه آن هر کشاورزی قادر است مقدار کودهای مورد نیاز محصول را در مزرعه خود تعیین کند.

راهبردهای مبتنی بر گیاه برای مدیریت مقدار مصرف نیتروژن برای افزایش عملکرد محصول و راندمان مصرف نیتروژن امیدبخش نشان داده است (بالاسوبرامانیام و همکاران، ۲۰۰۰، پنگ و همکاران ،۱۹۹۶a و پنگ و همکاران، ۱۹۹۶b). در تحقیقاتی که به منظور بررسی کارآیی روش مدیریت عناصر غذایی مختص مکان در آسیا صورت گرفت، از میان ۸ مکان، متوسط عملکرد دانه در روش مدیریت عناصر غذایی مختص مکان حدود ۰/۳۶ تن در هکتار در مقایسه با مقادیر عملکرد مزارع زارعین افزایش یافت و افزایش عملکرد دانه در این روش در مقایسه با مزارع زارعین معنی‌دار بود. افزایش میزان جذب عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتر از افزایش عملکرد دانه بود. متوسط میزان جذب عناصر غذایی در کرت SSNM به میزان ۱۳ درصد (نیتروژن) و ۲۱ درصد (فسفر و پتاسیم) در مقایسه با داده‌های جمع‌آوری شده از مزارع زارعین قبل از اجرای SSNM افزایش یافت و این افزایش میزان جذب در بیشتر موارد معنی‌دار بود. این نتایج در حالی به دست آمد که میزان متوسط مصرف کود نیتروژن در کرت SSNM حدود ۵ کیلوگرم کمتر از نیتروژن مورد استفاده در مزارع زارعین بود.

متوسط مقادیر مصرف کود پتاسیمی در SSNM (۵۸ کیلوگرم در هکتار) عمدتاً حدود ۹۰ درصد بیشتر از مصرف کود در مزارع زارعین (۳۱ کیلوگرم در هکتار) بود. هدف از اجرای این آزمایش، افزایش عملکرد بدون کاهش در میزان مصرف کود، کاهش مصرف کود بدون کاهش جدی در عملکرد محصول و افزایش سودمندی درنظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش تحقیقاتی در مزارع زارعین برای آزمون، معرفی و توسعه روش جدید توصیه کودی با استفاده از کرت شاهد عنصر غذایی انجام شد. این آزمایش در ۵ مزرعه از اراضی شالیزاری شهرستان‌های آمل (و مزارع تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران) و بابل برای در برگرفتن دامنه‌ای از شرایط اقتصادی- اجتماعی و معمول‌ترین نوع خاک اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: ۱- تیمار شاهد نیتروژن (N_0)، ۲- تیمار شاهد فسفر (P_0)، ۳- تیمار شاهد پتاسیم (K_0) و ۴- تیمار NPK+Zn: مصرف کود در این تیمار بر اساس دستورالعمل فنی مؤسسه تحقیقات برنج کشور صورت گرفت.

این تیمارها در کرت‌هایی به مساحت حدود ۴۰ تا ۱۰۰ متر مربع در متن مزرعه زارع اجرا شد. در هر کرت شاهد به جز عنصر مورد نظر، سایر عناصر غذایی پرمصرف (مثلاً در مورد کرت شاهد نیتروژن، کودهای فسفره و پتاسیمی) در حد کفایت مصرف شدند برای اطمینان از این که دیگر عناصر غذایی پرمصرف به جز عنصر موردنظر، جذب آن عنصر توسط گیاه از منابع بومی را محدود نمی‌کنند. سایر عملیات داشت شامل آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها در کلیه کرت‌ها به صورت یکنواخت انجام شد. ارقام برنج مورد آزمایش، ارقام مورد استفاده کشاورز بودند و در تمامی تیمارهای هر مزرعه از یک رقم استفاده شد. فاصله نشاکاری برای تمامی ارقام ۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر درنظر گرفته شد.

نمونه‌های خاک قبل از اجرای آزمایش برای تعیین خصوصیات عمومی خاک هر مزرعه از عمق صفر تا ۱۵ سانتی‌متر تهیه شد. تهیه نمونه خاک به صورت مرکب انجام و طبق روش‌های استاندارد تجزیه شدند (وان ریوویک، ۱۹۹۲). تهیه نمونه گیاه، با پیروی از روش استاندارد در تمامی مکان‌های آزمایش صورت گرفت. دو سطح نمونه‌برداری (۵ متر مربعی اعم از مزرعه زارع، شاهد عناصر غذایی و NPK+Zn) به طور تصادفی در هر تیمار برای نمونه‌برداری تکرار دار گیاه انتخاب شدند. دو نمونه ۱۲ بوته‌ای در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی برای تعیین اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی در بافت گیاهی تهیه شد. عملکرد دانه از دو سطح برداشت ۵ متر مربعی در زمان برداشت بدست آمد و بر اساس رطوبت استاندارد ۱۴ درصد محاسبه شدند. نمونه دانه و کاه از نمونه‌های ۱۲ بوته‌ای در ۷۰

درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک شدند (میرنیا و محمدیان، ۱۳۸۴). عملکرد دانه، ماده خشک و نیز میزان جذب عنصر غذایی مربوط به هر کرت شاهد محاسبه شد و با تیمار NPK+Zn و مزرعه زراع مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

اختلاف بین تیمارها از نظر عملکرد دانه در تمامی نقاط آزمایشی (به جز دونه‌سر) معنی‌دار بود. در نظام‌آباد (رقم طارم) بیشترین مقدار عملکرد دانه از تیمار شاهد فسفر به میزان ۴۹۹۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. اگرچه تیمارهای NPK+Zn و شاهد پتاسیم در مقایسه میانگین به روش دانکن در کلاس متفاوتی نسبت به تیمار شاهد فسفر قرار دارند ولی اختلاف عملکرد بین آن‌ها معنی‌دار نیست. کمترین مقدار عملکرد به میزان ۴۱۳۵ کیلوگرم در هکتار به تیمار شاهد نیتروژن تعلق داشت که از نظر آماری اختلاف عملکرد این تیمار با سایر تیمارها در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار است. در مزرعه شماره ۱ مؤسسه (رقم فجر)، بیشترین مقدار عملکرد از تیمار NPK+Zn به مقدار ۷۸۳۱ کیلوگرم در هکتار و سپس تیمارهای شاهد پتاسیم و فسفر که در یک کلاس قرار داشتند، به دست آمد و اختلاف عملکرد دو تیمار اخیر با تیمار NPK+Zn از نظر آماری معنی‌دار نبود. پایین‌ترین مقدار عملکرد نیز از تیمار شاهد نیتروژن به مقدار ۶۷۱۵ به دست آمد که تنها با تیمار دارای بیشترین عملکرد اختلاف معنی‌داری را داشت. با یادآوری این نکته که اختلاف بین تیمارها تنها در سطح احتمال آماری ۵ درصد معنی‌دار بود.

در مزرعه شماره ۲ مؤسسه (رقم فجر)، کمترین مقدار عملکرد از تیمار شاهد نیتروژن به مقدار ۴۰۱۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و سه تیمار دیگر از نظر عملکرد دانه در یک کلاس قرار داشتند که بیشترین عملکرد از تیمار شاهد پتاسیم به میزان ۶۴۸۵ و سپس تیمار NPK+Zn به مقدار ۶۳۱۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نکته قابل توجه در مقایسه عملکرد دانه تیمارها در دو مزرعه مؤسسه، اختلاف فاحش عملکرد در تیمارهای مشابه است و همان‌طوری که در جدول ۳ دیده می‌شود مقادیر عملکرد تیمارها در مزرعه شماره ۱ به طور چشمگیری از مقادیر عملکرد آن‌ها در مزرعه شماره ۲ بیشتر است. توجه به نتایج تجزیه خاک (جدول ۱) مؤید مطلب دیگری است. در حال حاضر برای توصیه کود نیتروژن در بسیاری از محصولات زراعی از کربن آلی خاک به عنوان شاخص توصیه استفاده می‌شود و در برنج نیز توصیه شده است که به ازای هر ۰/۵ واحد افزایش در کربن آلی خاک ۵۰ کیلوگرم از مقدار مصرف کود نیتروژن کم شود (فلاح و سعادتی، ۱۳۶۷). نتایج به دست آمده در این آزمایش نشان می‌دهد که کربن آلی خاک حداقل در خاک‌های غرقابی شاخص مناسبی برای عرضه

نیتروژن نمی‌باشد. این امر از مقایسه عملکرد کرت‌های مشابه در دو مزرعه شماره ۱ و ۲ مؤسسه که دارای ماده آلی مختلفی هستند (به خصوص تیمارهای شاهد نیتروژن) پیداست. لازم به یادآوری است که این مطلب توسط محققین دیگر اعلام شده و در آزمایش‌های قبلی نیز به اثبات رسیده است (محمدیان، ۱۳۸۲). در کلاگرمحله (رقم پرمحصول شجاعی)، تیمار شاهد فسفر بالاترین تولید را داشته است و پس از آن تیمار NPK+Zn قرار دارد. عملکرد این دو تیمار با تیمار شاهد پتاسیم اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. نکته جالب توجه، سطح عملکرد در تیمار عرف زارع (۵۶۲۵ کیلوگرم در هکتار) است که با عملکرد تیمار شاهد نیتروژن (۵۵۷۹ کیلوگرم در هکتار) در یک کلاس قرار دارد. مقادیر بالای فسفر و پتاسیم قابل جذب (جدول ۱)، دلیل اصلی عملکرد بالای دو تیمار شاهد فسفر و پتاسیم در زمانی است که نیتروژن در حد کفایت در اختیار گیاه قرار گیرد و به طور یقین عملکرد پایین مزرعه زارع را باید در مدیریت کود نیتروژن (مقدار و زمان مصرف) جستجو کرد. به نظر می‌رسد در مزرعه دونفسر، نیتروژن عامل اصلی و تعیین کننده در سقف عملکرد است و کود نیتروژن مصرف شده در تیمار NPK+Zn نیز برای تولید بهینه محصول کافی نبوده است اگرچه این تیمار بیشترین عملکرد را در بین تیمارها داشته است با این همه اختلاف عملکرد تیمارها در هیچ یک از سطوح احتمال آماری معنی‌دار نیست اگرچه در مقایسه میانگین دانکن، تیمارها در کلاس‌های متفاوتی قرار می‌گیرند. به دلیل سوء تفاهم به وجود آمده، کشاورز نیز در مزرعه تحت مدیریت خود هیچ‌گونه کودی مصرف نکرده است و این دلیل عملکرد پایین در مزرعه زارع می‌باشد.

ماده خشک

جدول تجزیه واریانس، وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها را در مزرعه نظام‌آباد از نظر ماده خشک در سطح احتمال آماری یک درصد نشان داد. بیشترین مقدار تولید ماده خشک مربوط به تیمار شاهد پتاسیم و سپس تیمار NPK+Zn می‌باشد. کمترین مقدار ماده خشک از تیمار شاهد نیتروژن به دست آمد. ماده خشک تیمارها در مزرعه شماره ۱ مؤسسه از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بیشترین مقدار ماده خشک تولیدی به تیمار NPK+Zn به میزان ۱۶۲۶۹ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. در این مزرعه نیز نیتروژن به عنوان محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در تولید ماده خشک بود و کمترین ماده خشک از تیمار شاهد نیتروژن به مقدار ۱۲۳۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. روند تغییرات ماده خشک در مزرعه شماره ۲ مؤسسه در تیمارها با روند تغییرات عملکرد آن‌ها مطابقت داشت. سطوح تولید ماده خشک تیمارها در مزرعه کلاگرمحله مشابه سطح تولید آن‌ها در مزرعه شماره ۲ مؤسسه بود بطوریکه سطح تولید ماده خشک تیمارهای شاهد پتاسیم، شاهد فسفر و NPK+Zn بسیار به هم نزدیک بود و این تیمارها از نظر این صفت در یک کلاس قرار داشتند. این امر نشان‌دهنده

عدم محدودیت سطح قابل جذب دو عنصر پتاسیم و فسفر در تولید ماده خشک در این مزرعه است. نکته جالب توجه در این مزرعه و سایر مزارع، نزدیک بودن سطح عملکرد دانه و ماده خشک دو تیمار شاهد نیتروژن و تیمار عرف زراع است. همانند مورد عملکرد دانه، اختلاف تیمارها در مزرعه دونه‌سر از نظر ماده خشک نیز در هیچ یک از سطوح احتمال آماری معنی‌دار نبود علیرغم اینکه تیمارها در مقایسه میانگین به روش دانکن در کلاس‌های متفاوتی قرار گرفتند.

میزان جذب نیتروژن

در مزرعه نظام‌آباد اختلاف بین تیمارها از نظر میزان جذب نیتروژن در سطح یک درصد معنی‌دار است. میزان جذب نیتروژن در کرت شاهد نیتروژن به طور قابل توجهی کمتر از مقدار آن در سایر تیمارهاست. بیشترین میزان جذب نیتروژن به تیمار شاهد پتاسیم تعلق دارد که اگرچه با دو تیمار شاهد فسفر و NPK+Zn اختلاف معنی‌داری ندارد ولی در دو کلاس متفاوت قرار دارند. در مزرعه شماره ۱ مؤسسه میزان جذب نیتروژن از ۱۱۴/۶ کیلوگرم در هکتار در کرت شاهد نیتروژن تا ۱۷۹ کیلوگرم در هکتار در کرت شاهد فسفر نوسان دارد. اگرچه مقایسه آماری بین مقادیر جذب نیتروژن تیمارها در دو مزرعه نظام‌آباد و مزرعه شماره ۱ مؤسسه به دلیل تفاوت در ارقام مورد استفاده صورت نگرفته است ولی در جدول ۳ تفاوت چشمگیر میزان جذب نیتروژن در تیمارهای مشابه دیده می‌شود که این تفاوت حتی در برخی موارد به نزدیک دو برابر می‌رسد و این امر تأکیدی بر نیاز بسیار بیشتر ارقام پرمحصول برنج (فجر، مزرعه شماره مؤسسه) به عناصر غذایی به خصوص نیتروژن در مقابل ارقام محلی (طارم، مزرعه نظام‌آباد) است.

در مزرعه شماره ۲ مؤسسه میزان جذب نیتروژن از ۶۲/۱ کیلوگرم در هکتار در کرت شاهد نیتروژن تا ۱۳۴/۴ کیلوگرم در هکتار در کرت شاهد فسفر نوسان دارد. توجه به میزان جذب نیتروژن تیمارها در دو مزرعه مؤسسه موید نکته جالبی است. همانند آنچه که در بحث مربوط به عملکرد دانه گفته شد میزان جذب نیتروژن تیمارها در مزرعه دارای ماده آلی کمتر (مزرعه شماره ۱) بسیار بیشتر از میزان جذب نیتروژن تیمار مشابه در مزرعه دارای ماده آلی بیشتر (مزرعه شماره ۲) است و این دلیل دیگری برای این مطلب است که مقدار ماده آلی خاک شاخص مناسبی از فراهمی مقدار نیتروژن خاک در شرایط غرقابی نیست و در این مورد میزان جذب نیتروژن کرت شاهد نیتروژن شاخص مناسب‌تری به نظر می‌رسد. در مزرعه کلاگرمحله کمترین و بیشترین میزان جذب نیتروژن از تیمارهای شاهد نیتروژن و شاهد پتاسیم به ترتیب به مقدار ۸۰/۲ و ۱۱۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میزان جذب نیتروژن در تیمار شاهد پتاسیم ۲۹ درصد از میزان جذب این عنصر در کرت شاهد نیتروژن بیشتر است. همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود میزان جذب نیتروژن تیمارهای شاهد

نیتروژن و مزرعه زارع بسیار بهم نزدیک می‌باشند. عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای شاهد فسفر، پتاسیم و تیمار NPK+Zn نشان می‌دهد که سطح این دو عنصر عامل محدودکننده‌ای در جذب نیتروژن در این خاک نیست. به‌دلیل عدم کفایت مقدار نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه و میزان جذب نیتروژن تیمارها در مزرعه دونه‌سر در مقایسه با مقادیر این صفات در مزرعه نظام‌آباد (که در هردو مزرعه رقم محلی طارم کشت شده بود) بسیار پایین‌تر است به‌طوریکه به جز تیمار NPK+Zn بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری از نظر جذب نیتروژن وجود ندارد. عرضه نیتروژن بومی در اکثر خاک‌های شالیزاری فاریاب اراضی پایین‌دست از ۱۵ تا بیش از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای هر محصول نوسان دارد و مقدار حدود ۴۰ تا ۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشتر معمول است (متوسط عرضه نیتروژن بومی ۶۰ کیلوگرم در هکتار است). بنابراین عملکرد دانه کرتی که در آن کود نیتروژن مصرف نشده، عمدتاً در دامنه ۳ تا ۵ تن در هکتار است (میرنیا و محمدیان، ۱۳۸۴). بطورکلی میزان فراهمی بومی نیتروژن در خاک‌های مورد بررسی به جز در مزرعه دونه‌سر از مقدار مناسبی برخوردار است و این مطلب به راحتی از مشاهده مقدار جذب نیتروژن کرت شاهد این عنصر در مزارع مختلف قابل مشاهده است.

میزان جذب فسفر

میزان جذب فسفر تیمارها در تمامی مزارع آزمایشی در سطح احتمال آماری یک درصد معنی‌دار بود. در دو مزرعه شماره ۱ و ۲ مؤسسه و نیز در مزرعه کلاگرمحله که ارقام پرمحصول کشت شده بودند کمترین میزان جذب فسفر به مقدار ۲۱/۸ کیلوگرم در هکتار از تیمار شاهد نیتروژن مزرعه شماره ۱ مؤسسه و بیشترین میزان جذب از تیمار NPK+Zn مزرعه شماره ۱ مؤسسه به مقدار ۶۵/۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. نکته جالب توجه در مورد میزان جذب فسفر این است که پایین‌ترین مقدار جذب فسفر در بیشتر نقاط آزمایشی از کرت شاهد نیتروژن به دست آمد و این نکته نقش و اهمیت کلیدی نیتروژن را به عنوان محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در تولید دانه و ماده خشک ثابت می‌کند. به عبارت دیگر میزان جذب فسفر در کرت شاهد فسفر (که کود فسفره مصرف نشده است ولی نیتروژن در حد کفایت مصرف شده است) بیشتر از کرت شاهد نیتروژن (که کود فسفره در حد کفایت مصرف شده ولی کود نیتروژن مصرف نشده است) می‌باشد. در مزرعه نظام‌آباد علیرغم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها (در سطح ۵ درصد) از نظر میزان جذب فسفر، کمترین و بیشترین مقدار جذب در دامنه ۲۵/۲ تا ۲۹/۶ کیلوگرم در هکتار قرار داشت. همان‌طور که در جدول ۱ دیده می‌شود در این مزرعه سطح فسفر خاک عامل محدود کننده رشد و عملکرد محصول نبوده و این امر در عملکرد تیمار شاهد فسفر و میزان جذب فسفر آن پیداست. عرضه فسفر بومی در اکثر خاک‌های برنج فاریاب اراضی

پایین‌دست ۵ تا ۳۰ کیلوگرم فسفر در هکتار بوده و معمولاً در حدود ۱۲ تا ۱۹ کیلوگرم فسفر در هکتار (متوسط: ۱۵ کیلوگرم فسفر در هکتار) می‌باشد که برای حفظ عملکردهایی معادل ۴ تا ۶ تن در هکتار در کوتاه مدت کافی است (میرنیا و محمدیان، ۱۳۸۴).

میزان جذب پتاسیم

در مزارع نظام‌آباد و کلاگرمحله اختلاف معنی‌داری بین میزان جذب پتاسیم تیمارها وجود ندارد ولی این اختلاف بین تیمارها در سایر نقاط آزمایشی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. در مزرعه نظام‌آباد میزان جذب پتاسیم از مقدار ۱۰۷/۳ کیلوگرم در هکتار در کرت شاهد نیتروژن تا مقدار ۱۲۲/۳ کیلوگرم در هکتار تیمار NPK+Zn متغیر است. در مزرعه شماره ۱ مؤسسه، کمترین مقدار جذب پتاسیم به تیمار شاهد پتاسیم به مقدار ۱۸۳/۴ کیلوگرم در هکتار و بیشترین مقدار از کرت شاهد فسفر به مقدار ۳۱۶/۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نکته قابل توجه مقدار زیاد پتاسیم خروجی توسط ماده خشک برنج است که مقدار آن از نیتروژن خروجی از مزرعه بیشتر است. با توجه به اینکه قسمت عمده پتاسیم جذب شده در مرحله برداشت در کاه باقی می‌ماند بنابراین مدیریت کاه برنج در توازن پتاسیم خاک اراضی شالیزاری اهمیت بسیار زیادی دارد.

در مزرعه شماره ۲ مؤسسه، مقدار حداقل میزان جذب پتاسیم به تیمار عرف زارع و سپس کرت شاهد نیتروژن و کرت شاهد پتاسیم تعلق داشت و بیشترین جذب در تیمار NPK+Zn صورت گرفت. در کلاگرمحله نیز حداقل جذب در مزرعه زارع به مقدار ۹۹/۷ کیلوگرم در هکتار و سپس کرت شاهد فسفر و پس از آن کرت شاهد پتاسیم صورت گرفت و مقادیر حداکثر جذب از تیمار شاهد نیتروژن به دست آمد. در مزرعه دونه‌سر نیز بیشترین و کمترین مقدار جذب به ترتیب از تیمار NPK+Zn به مقدار ۸۶/۵ و کرت شاهد نیتروژن به مقدار ۶۹/۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. عرضه پتاسیم بومی در اکثر خاک‌های برنج اراضی پایین‌دست بین ۳۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار در نوسان بوده و معمولاً در حدود ۶۰ تا ۹۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار (متوسط ۸۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار) می‌باشد که برای حفظ سطح عملکردی در حدود ۴ تا ۶ تن در هکتار در کوتاه مدت کافی است (میرنیا و محمدیان، ۱۳۸۴).

با دقت روی نتایج به دست آمده در این آزمایش، یک‌بار دیگر نقش بی‌بدیل نیتروژن در تولید محصولات زراعی مشخص می‌شود و همانطوریکه پیش‌تر نیز توضیح داده شده است میزان جذب سایر عناصر غذایی به شدت تحت تأثیر فراهمی و جذب این عنصر قرار دارد بنابراین مدیریت مصرف کود نیتروژن به خصوص در برنج نیاز به توجه ویژه‌ای دارد. اگر نتایج مزرعه دونه‌سر را درنظر نگیریم تولید تیمار دارای حداکثر عملکرد از ۱۴/۳ درصد تا ۳۸/۱ درصد از تولید کرت شاهد نیتروژن بیشتر است که عملکردی قابل توجه محسوب می‌شود. فاصله عملکردی بین تیمار دارای حداکثر عملکرد و مزرعه زارع

از حدود ۴ درصد تا ۲۰/۷ درصد متغیر است. نکته قابل توجه در عملکرد دانه این است که عملکرد مزرعه زارع در بیشتر موارد به عملکرد کرت شاهد نیتروژن نزدیک است که بیانگر مدیریت نامناسب مصرف کود توسط کشاورزان است. تیمار NPK+Zn در بیشتر موارد یا خود دارای بیشترین عملکرد است یا اینکه در زمره تیمارهای دارای حداکثر عملکرد قرار دارد. با مشخص بودن مقدار نیاز گیاه به هر یک از عناصر غذایی برای تولید مقدار معینی از عملکرد و نیز راندمان بازیافت این عناصر، تنها قسمتی که از فرمول توصیه کود همچنان مجهول باقی می‌ماند، توان طبیعی خاک در تأمین عناصر غذایی و یا فراهمی بومی عناصر غذایی خاک است که با اجرای کرت‌های شاهد عنصر غذایی مانند آنچه که در تحقیق حاضر انجام شده است می‌توان به آن دست یافت. ولی برای به دست آوردن فراهمی بومی هر عنصر غذایی لازم است تا علاوه بر اندازه‌گیری عملکرد دانه و عملکرد خشک کرت شاهد هر عنصر، غلظت آن عنصر در دانه و کاه در آزمایشگاه مورد اندازه‌گیری واقع شود و ممکن است این تلقی پیش آید که استفاده از کرت شاهد عنصر غذایی در توصیه کود به جای استفاده از آزمون خاک، در واقع استفاده از نتایج تجزیه گیاه به جای نتایج تجزیه خاک باشد و مشکل اصلی که عدم علاقه کشاورزان به تجزیه خاک یا گیاه باشد همچنان حل نشده باقی بماند. برای حل این مشکل می‌توان تنها از عملکرد کرت شاهد نیز برای برآورد میزان فراهمی بومی عنصر غذایی استفاده کرد چرا که تحقیقات نشان داد که با واسنجی مناسب، عرضه بومی نیتروژن، فسفر و پتاسیم را می‌توان از عملکرد دانه کرت شاهد با دقت حدود ۵± تا ۱۰± کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ۲± تا ۳ ±کیلوگرم فسفر در هکتار و ۱۰± تا ۲۰± کیلوگرم پتاسیم در هکتار تخمین زد (دبرمن و دیگران، ۲۰۰۳). بنابراین در استفاده از این روش نیازی به تجزیه گیاه نیز نخواهد بود. پیشنهاد می‌شود این تحقیق در استان گیلان و سایر استان‌های برنج‌خیز به اجرا درآید و کارآیی روش توصیه کود با استفاده از داده‌های کرت شاهد مورد ارزیابی واقع شود.

منابع

۱. فلاح، و. م. و ن. سعادتی. ۱۳۶۷. مدیریت مصرف کود در شالیزار. معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران. شماره ثبت ۷۶/۳۰۱-۷۶/۸/۱۲.

۲. محمدیان، م. ۱۳۸۲. تعیین راندمان کود نیتروژن برای برنج رقم ندا. معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران. گزارش نهایی ۸۲/۲/۱۳ – ۸۲/۱۱۰.

۳. محمدیان، م. ۱۳۸۹. بررسی کارآیی SSNM در اراضی شالیزاری مازندران. معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران. گزارش نهایی (در حال ثبت).

۴. فلاح، و. م. ۱۳۷۸. پلات شاهد، توصیه علمی کود ازته بدون انجام آزمون خاک (نشریه ترویجی)، شماره ثبت ۷۹/۲۱۵- ۷۹/۴/۲۷ ، مؤسسه تحقیقات برنج کشور – معاونت مازندران.

۵. میرنیا، خ. و م. محمدیان. ۱۳۸۴. برنج، اختلالات عناصر غذایی، مدیریت عناصر غذایی. (ترجمه) انتشارات دانشگاه مازندران، ۴۳۹ صفحه.

6. Balasubramaniam, V., A.C Morales, T.M. Thiyagarajan, R. Nagarajan, and M. Babu .2000. Adoption of the chlorophyll meter (SPAD) technology for real-time N management in rice: a review. *International Rice Research Newsletter*. 25: 4-8.

7. Cassman, K.G., A. Dobermann, P.C. Sta Cruz, H.C. Gines, and M.I. Samson. 1996a. Soil organic matter and the indigenous nitrogen supply of intensive irrigated rice systems in the tropics. *Plant and Soil*. 182: 267-278.

8. Cassman, K.G., H.C. Gines, M. Dizon, M.I. Samson, and J. M. Alcantara. 1996b. Nitrogen use efficiency in tropical lowland rice systems: Contribution from indigenous and applied nitrogen. *Field Crops Research*. 47: 1-12.

9. Cassman, K.G., S. Peng, D.C. Olk, J. K. Ladha, and W. Reichardt, 1998. Opportunities for increased nitrogen use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. *Field Crops Research*. 56: 7-39.

10. Dobermann, A., Cassman, K.G., P.C. Sta.Cruz, M.A.A. Adviento, M.F. Pampolino, 1996a. Fertilizer inputs, nutrient balance and soil nutrient-supplying power in intensive, irrigated rice systems. II. Effective soil K-supplying capacity. Nutrient *Cycling* in *Agro ecosystems*. 46: 11-21.

11. Dobermann, A., K.G. Cassman, P.C. Sta.Cruz, M.A.A. Adviento, and M.F. Pampolino, 1996b. Fertilizer inputs, nutrient balance and soil nutrient-supplying power in intensive, irrigated rice systems. III. Phosphorus. Nutrient *Cycling* in *Agroecosystems*. 46: 111-125.

12. Dobermann, A., C. Witt, D. Dawe, S. Abdulrachman, and H.C. Gines, 2002. Site-Specific Nutrient Management for intensive rice cropping systems in Asia. *Field Crop Research*. 74: 37-66.

13. Dobermann, A., C. Witt, D. Dawe, S. Abdulrachman, and H.C. Gines, 2003. Estimating indigenous nutrient supplies for site-specific nutrient management in irrigated rice. *Agronomy Journal*. 95: 924-935.

14. Peng, S., F.V. Garcia, H.C. Gines, R.C. Laza, and M.I. Samson, 1996a. Nitrogen use efficiency of irrigated tropical rice established by broadcast wet-seeding and transplanting. *Fertilizer Research.* 45: 12s3-134.
15. Peng, S., F.V. Garcia, R.C. Laza, A.L. Sanico, and R.M. Visperas, 1996b. Increased use efficiency using a chlorophyll meter on high yielding irrigated rice. *Field Crops Research.* 47: 243- 252.
16. PhilRice. 1991. Rice production technoguide. Philippine Rice Research Institute, Munoz, Neuva Ecija, Philippines.
17. Pillai, K.G., and D.K. Kundu, 1993. Fertilizer management in rice. In: Tandon, H. L. S. (ed), Fertilizer management in food crops. Fertilizer Development and Consulation Organization. New Delhi, pp, 1-26.
18. Van Reeuwijk, L. P. 1992. Procedure for soil analysis. ISRIC, Wageningen.

جدول۱- نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعات آزمایشی

نام محل آزمایش	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر)	واکنش خاک	مواد خنثی شونده (درصد)	کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	بافت خاک
					میلی‌گرم در کیلوگرم		
روستای نظام آباد (آمل)	۰/۹	۷/۵	۱۵	۲/۷۳	۲۶	۱۶۰	لوم رسی
مزرعه تحقیقاتی مؤسسه (۱)	۱/۱۲	۷/۲۵	۱۷/۵	۱/۵۶	۷	۱۴۰	لوم سیلتی
روستای کلاگرمحله (بابل)	۲/۱	۷/۴	۵	۱/۲	۹	۱۴۰	لوم رسی
روستای دونه سر (بابل)	۰/۷۴	۷/۸	۵	۰/۷۸	۲۹	۳۰۰	لوم رسی
مزرعه تحقیقاتی مؤسسه (۲)	۱/۶	۷/۸	۲۷	۲/۴	۱۲	۱۲۰	لوم سیلتی