DOI: http://dx.doi.org/10.22092/aj.2016.106732

نشریه زراعت شماره ۱۰۸، پائیز ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

تأثیر کاربرد برگی نیتروژن و پتاسیم مکمل بر عملکرد شلتوک، مقدار و کارایی نیتروژن در برنج

- سمانه اسدی صنم، دانشگاه گیلان
- محسن زواره، دانشگاه گیلان (نویسنده مسئول)
- حسن شکری واحد، مؤسسه تحقیقات برنج کشور
- پریسا شاهین رخسار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان

تاریخ دریافت: تیر ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: بهمن ماه ۱۳۹۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: mzavareh@guilan.ac.ir

چکیده

به منظور بررسی عملکرد شلتوک، مقدار و کارایی نیتروژن در برنج دورگ (رقم بهار-۱) در واکنش به محلول‌پاشی کود مکمل نیتروژن و پتاسیم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ انجام شد. تیمارهای آزمایشی، شامل محلول‌پاشی کودهای نیتروژن و پتاسیم در مراحل مختلف رشد (به‌صورت محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه‌زنی، آبستنی و مرحله حداکثر پنجه‌زنی و آبستنی به‌تنهایی و همراه با محلول‌پاشی پتاسیم) بود. پاشش آب خالص به عنوان تیمار شاهد درنظر گرفته شد. نتایج آزمایش، افزایش عملکرد شلتوک و عملکرد پروتئین شلتوک را در تیمارهای محلول‌پاشی پیش از گلدهی نیتروژن و پتاسیم در مقایسه با تیمار پاشش آب خالص با کمترین عدد عملکرد، نشان داد. بیشترین مقدار نیتروژن شلتوک و کاه و کلش در مرحله غلاف‌رفتن برنج به‌دست آمد. با این‌حال، اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر مقدار پتاسیم شلتوک معنی‌دار نبود. کارایی زراعی، فیزیولوژیک و بازیافت ظاهری نیتروژن تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای محلول‌پاشی قرار نگرفتند اما، کارایی جذب نیتروژن افزایش ۱۴/۸ درصدی را در مرحله حداکثر پنجه‌زنی نسبت به پاشش آب خالص نشان داد. بیشترین مقدار پروتئین دانه (۱۱/۶ درصد) مربوط به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه‌زنی و آبستنی در مقایسه با پاشش آب خالص است. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که بهترین زمان پیش از گلدهی برای محلول‌پاشی رقم بهار-۱ با کودهای نیتروژن و پتاسیم، مراحل حداکثر پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن است.

کلمات کلیدی: برنج، محلول‌پاشی، کارایی نیتروژن، عملکرد پروتئین

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:108 pp: 127-136

Influence of supplemental foliar application of nitrogen and potassium on the grain yield, concentration and efficiency of nitrogen in rice (*Oryza sativa* L.)

By:

- *S. Asadi , (Corresponding Author), University of Guilan*
- *M. Zavareh , University of Guilan*
- *H. Shokri , Rice Research Institute of Iran*
- *P. Shahinrokhsar, Agriculture and Natural Resources Research Center of Guilan*

Received: June 2012 **Accepted: January 2015**

A randomized complete block design with three replications was performed in Rice Research Institute of Iran, Rasht in 2008, to find the effect of supplement foliar application of nitrogen and potassium on Bahar-1 hybrid rice's grain yield, concentration and efficiency of nitrogen. Foliar application of 20 kg nitrogen (5 % N) and 15 kg potassium (3 % K_2O) in different pre-anthesis stages (maximum tillering, booting, and both stages) was considered as treatments. Foliar application of distilled water was considered as control. Results revealed that the grain yield and grain protein yield were increased in treatments which nitrogen and potassium was applied in pre-anthesis stages compared to control treatment. Foliar fertilization in booting stage resulted to the highest amount of grain and straw nitrogen. No significant effect of foliar fertilization was seen on potassium amount of grains. Foliar nitrogen application had no significant effect on agronomic and physiological efficiency and apparent recovery of nitrogen. However, nitrogen uptake efficiency increased by 14.8 % compared to control treatment in maximum tillering stage. The highest amount of grain protein (11.6 %) was related to foliar application of nitrogen in both maximum tillering and booting stages compared to control. Overall, it could be concluded that maximum tillering and booting stages are the best pre-anthesis time for foliar application of nitrogen and potassium on cv. Bahar-1 hybrid rice.

key Words: Rice, Foliar application, Nitrogen efficiency, Protein yield.

مقدمه

برنج مهم‌ترین منبع غذایی برای تمامی جمعیت جهان به شمار می‌آید. برنج با سطح زیر کشت حدود ۱۵۰ میلیون هکتار و میانگین تولید ۳/۵ تن در هکتار، از مهم‌ترین غله مناطق گرمسیری است (پوستینی و همکاران، ۱۳۸۴). با تولید و مصرف ۹۰ درصد برنج جهان در آسیا و میانگین مصرف سرانه بیش از ۸۰ کیلوگرم در سال، انتظار می‌رود تقاضا برای تولید برنج تا سال ۲۰۱۵ به بیش از ۳۸ میلیون تن برسد (Pandy، ۲۰۰۸؛ Lestari و همکاران، ۲۰۱۰).

تأمین کمبود برنج از طریق کاشت و برداشت ارقام بومی دست‌یافتنی نمی‌باشد، زیرا ارقام بومی عمدتاً پابلند، با خاصیت کودپذیری کم و حساس به بیماری‌ها و خوابیدگی بوته بوده و عموماً عملکرد پائینی دارند (رحیم سروش و همکاران، ۱۳۸۶). افزایش تقاضا به علت افزایش جمعیت از یک‌سو و کاهش منابع آب و زمین موجود در زراعت برنج از سوی دیگر، اهمیت گسترش و استفاده از شیوه‌های نوین در دستیابی به عملکرد بیشتر در واحد سطح را افزایش داده است (Wilson و همکاران، ۱۹۹۶). از این رهیافت‌ها می‌توان به استفاده از ارقام جدید و پربازده، از جمله ارقام دورگ اشاره کرد که با توجه به پتانسیل عملکرد بالا، پاسخی مناسب به تقاضای روزافزون این محصول و راهکار مناسبی برای بهبود امنیت غذایی در کشور به‌نظر می‌رسد و می‌تواند در کنار اجرای مدیریت زراعی درست، به تولید بیشتر محصول منجر شود. ارقام دورگ در مقایسه با ارقام خودگشن حدود ۲۰ درصد بازده بیشتری در واحد سطح دارند (Longping، ۲۰۰۴). انتظار می‌رود که با بهبود کیفیت بذر این نوع برنج و کاهش طول دوره رشد آن، سطح زیر کشت آن در ۲۰ سال آینده در حدود پنج تا ۱۰ درصد افزایش یابد (Balasu-bramanian، ۲۰۰۳).

کود نیتروژن پس از هزینه نیروی کارگر، دومین و مهم‌ترین نهاده پرهزینه در تولید برنج است. پتاسیم نیز، به عنوان یکی از کاتیون‌های مهم در فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان، نقش تعیین‌کننده‌ای در رشد و افزایش عملکرد برنج دارد (Dobermann و همکاران، ۲۰۰۳). بنابراین، مدیریت مصرف این عناصر موجب کاهش مصرف، افزایش کارایی و کاهش تلفات آن‌ها می‌شود (Balasubramanian و همکاران، ۲۰۰۰؛ Dobermann و همکاران، ۲۰۰۳).

افزایش روزافزون قیمت کودهای شیمیایی در جهان، ضرورت اقتصادی بودن تولید، آلودگی آب‌های زیرزمینی و همچنین، تخریب ساختمان خاک در اثر مصرف بی‌رویه و ناآگاهانه‌ی کودهای شیمیایی، از جمله مشکلاتی هستند که باید با شیوه‌های مناسب برطرف شوند. تغذیه برگی روشی است که برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی

و استفاده مؤثرتر از آن‌ها در دنیا مطرح شده است. از مزایای این روش می‌توان، به جذب و استفاده سریع کود بوسیله گیاه، کاهش مصرف خاکی کود، و کاهش آلودگی‌های محیطی اشاره کرد (Finck، ۱۹۸۲). با این‌حال، تغذیه برگی در زمان درست، می‌تواند رشد برنج را افزایش داده و استفاده از کودهای شیمیایی را کاهش دهد (Sharief و همکاران، ۲۰۰۶).

از آنجا که نیتروژن مورد استفاده در خاک می‌تواند از طریق آبشویی و یا تصعید از دسترس گیاه خارج شود و عرضه نیتروژن از خاک، ریشه، گره‌ها یا ساقه‌ها به خاطر تنش‌های محیطی یا پیری محدود می‌شود، لذا پاشیدن اوره به عنوان منبع نیتروژن بر روی شاخ و برگ گیاه می‌تواند عامل مؤثری در افزایش کیفیت و احتمالاً کمیت غلات دانه‌ای باشد (Zhao، ۲۰۰۶). Maitlo و همکاران (۲۰۰۶) با انجام محلول‌پاشی پیش از گلدهی مقادیر مختلف کود اوره (۱، ۲ و ۲/۵ درصد) همراه با کاربرد خاکی ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر گندم، افزایش مقدار نیتروژن در دانه و کاه و کلش گندم را با محلولپاشی ۲/۵ درصد اوره در مرحله غلاف‌رفتن گزارش کردند. برتری محلول‌پاشی پتاسیم در مقایسه با کاربرد خاکی آن از نظر کاهش مصرف پتاسیم، در گزارش Abou El-Nour (۲۰۰۲) مورد اشاره قرار گرفته است.Jayaraj و Chandrasekharan (۱۹۹۷) هم بیان کردند که محلول‌پاشی گیاه برنج با کلرور پتاسیم در سه مرحله آغاز تشکیل پانیکول، غلاف‌رفتن و ۵۰ درصد گلدهی، موجب افزایش عملکرد شلتوک و بهبود کیفیت آن شده است. Narang و همکاران (۱۹۹۷) نیز، در مطالعه خود با کاربرد ۹۵ کیلوگرم در هکتار کلرید پتاسیم (KCL)، یک سوم در موقع کاشت، یک سوم به صورت محلول‌پاشی در مرحلهٔ ظهور برگ پرچم و یک سوم به صورت محلول‌پاشی در مرحله نمو دانه، افزایش عملکرد شلتوک برنج (۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) را نسبت به کاربرد خاکی آن در زمان کاشت (۷۸۵۰ کیلوگرم در هکتار) گزارش کردند.

در کنار تأمین عناصر غذایی، افزایش کارآیی استفاده از آن‌ها نیز، برای حفظ محیط زیست و کاهش هزینه‌های تولید اهمیت به‌سزایی دارد. متوسط جهانی کارایی مصرف نیتروژن در غلات، ۱۸ کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی و درصد بازیافت نیتروژن آن ۳۳ درصد می‌باشد (Raun و Johnson، ۲۰۰۸). این ارقام در ایران به دلایل مختلف از جمله نوع، مقدار و زمان مصرف کودهای نیتروژن پایین می‌باشد. Raun و Johnson (۲۰۰۸) تقسیط هر چه بیشتر کود نیتروژن طی دوره رشد و مطابق با نیاز گیاه، کاربرد کود در آب آبیاری و محلول‌پاشی را از راه‌های افزایش کارایی نیتروژن دانستند. در بین ژنوتیپ‌های برنج، تفاوت معنی‌داری در کارایی مصرف نیتروژن[1] در ارتباط با عملکرد شلتوک وجود دارد (Samonte و همکاران، ۲۰۰۶). Norman و همکاران (۱۹۹۲) با مصرف کود نیتروژن در ۲۷ و یا ۵۵ روز پس از سبز شدن برنج، کارایی مصرف نیتروژن را بین ۷۲ تا ۷۹ درصد به‌دست آوردند. با این‌حال، Cras-well و Godwin (۱۹۸۴) کارایی عناصر غذایی را به سه گروه کارایی زراعی[2]، کارایی فیزیولوژیک[3] و بازیافت ظاهری[4] طبقه‌بندی کردند.

در این‌راستا، اگرچه بررسی‌های چندی در این زمینه انجام شده ولی، اطلاعات مناسبی در مورد اولین رقم دورگ در کشور فراهم نیست. لذا، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی کودهای نیتروژن و پتاسیم در مراحل پیش از گلدهی بر مقدار تجمع عناصر در شلتوک برنج و تعیین کارایی نیتروژن در دورگه بهار-۱ انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷، در مزرعه‌ی پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) با عرض جغرافیایی ۳۷° و ′۱۹ شمالی، طول جغرافیایی ۴۹° و ′۳۹ شرقی و ارتفاع ۷- متر از سطح دریای آزاد اجرا شد. میانگین ۳۰ ساله بارندگی و دما در نیمه‌ی اول سال در محل انجام آزمایش به‌ترتیب ۴۲۰ میلی‌متر و۲۱/۳ درجه سلسیوس بود. سه ماه پیش از اجرای آزمایش، شخم اول انجام شد. خزانه‌گیری از بذرها در ابتدای اردیبهشت ماه با تراکم ۱۰۰-۵۰ گرم بذر برای هر متر مربع خزانه انجام شد و شخم دوم، مرزبندی، کانال‌کشی و تسطیح زمین اصلی در نیمه‌ی دوم اردیبشهت صورت گرفت. رقم برنج مورد استفاده در این آزمایش، برنج دورگ بهار-۱ با میانگین عملکرد حدود ۸-۷/۵ تن در هکتار و طول دوره رشد ۱۳۰-۱۲۵ روز در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت (۱۳۸۶) بود که جزو گروه برنج‌های دانه بلند با آمیلوز متوسط و مقاوم به بیماری بلاست است.

عملیات کاشت به صورت دستی و در تاریخ دو و سه خرداد ماه با نشاهای سه تا چهار برگی انجام شد. عملیات نشاکاری براساس نقشه آزمایش در فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف در کرت‌هایی با ابعاد ۵×۵ متر به‌صورت تک‌نشاء انجام شد. هر کرت شامل ۲۰ ردیف کاشت به فاصله ۲۵ سانتی‌متر بود. برای مبارزه با علف‌های هرز، علاوه بر استفاده از علف‌کش بوتاکلر ۶۰ درصد با ماده مؤثره ۶۰۰ گرم در لیتر (درصد ماده مؤثره در فرمولاسیون/۱۰۰× مقدار ماده مؤثره توصیه شده در هکتار =مقدار سم) در پنج روز پس از نشاکاری، سه نوبت وجین دستی در فاصله ۱۵،۲۵ و ۳۵ روز پس از نشاکاری نیز، صورت گرفت. برای کنترل آفت کرم ساقه‌خوار، در ۱۵، ۳۵ و ۵۵ روز پس از نشاکاری از آفت‌کش گرانول ۱۰ درصد دیازینون در نسل اول به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار، ۵ درصد دیازینون در نسل دوم به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار و محلول یک در هزار دیازینون ۶۰ درصد برای نسل سوم این آفت استفاده شد.

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی، شامل محلول‌پاشی کودهای نیتروژن و پتاسیم در سه مرحله رشد (بصورت محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه‌زنی (RGS 2) – بدون و با محلول‌پاشی پتاسیم (T_2,T_3)، محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله آبستنی (RGS 4) - بدون و با محلول‌پاشی پتاسیم (T_4,T_5)، و محلول‌پاشی نیتروژن در هر دو مرحله حداکثر پنجه‌زنی و آبستنی - بدون و با محلول‌پاشی پتاسیم (T_6,T_7)) بود. تیمار پاشش آب خالص به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شد (T_1). برای تعیین مراحل رشد برنج، از کلید مراحل رشد برنج (International Rice Research Institute، ۱۹۸۸) استفاده شد.

پیش از آغاز آزمایش با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و کودپذیری رقم مورد استفاده، به خاک تمام کرت‌های آزمایشی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره، ۴۵ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 از منبع سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O از منبع سولفات پتاسیم افزوده شد. برای اعمال تیمارهای محلول‌پاشی، از محلول پنج درصد نیتروژن خالص از منبع اوره و سه درصد اکسید پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به میزان ۲/۵ لیتر در هر کرت و به کمک سمپاش پشتی تنظیم‌شده، در سپیده‌دم استفاده شد.

عملیات برداشت برای تعیین عملکرد نهایی از شش متر مربع میان هر کرت و با رعایت اثر حاشیه انجام شد و عملکرد شلتوک

بر مبنای ۱۴ درصد رطوبت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Dobermann and Fairhurst, ۲۰۰۰).

رابطه (۱)

$$\text{عملکرد شلتوک در رطوبت ۱۴٪} = \frac{\text{عملکرد شلتوک خشک شده در آون} \times ۰/۹۷}{۰/۸۶}$$

پس از قرار دادن شلتوک و کاه وکلش برداشت شده در دستگاه خشک‌کن (آون) در دمای ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۷۲ ساعت، وزن خشک آن‌ها با استفاده از ترازوی دقیق با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال[۵] با استفاده از دستگاه کجل تک و پتاسیم گیاه به روش نشر شعله‌ای[۶] با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر در آزمایشگاه شیمی خاک مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام گرفت (امامی، ۱۳۷۵). سپس، مقدار جذب نیتروژن و پتاسیم در شلتوک و کاه و کلش از حاصل‌ضرب درصد غلظت عناصر در شلتوک و کاه و کلش در وزن خشک آن‌ها محاسبه و برحسب کیلوگرم در هکتار تعیین شد.

پس از اندازه‌گیری میزان پروتئین شلتوک با استفاده از رابطه درصد نیتروژن شلتوک × ۵/۷= میزان پروتئین شلتوک (Fowler و همکاران، ۱۹۸۹)، عملکرد پروتئین شلتوک از حاصل‌ضرب عملکرد شلتوک در درصد پروتئین آن محاسبه و بر حسب کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شد. با استفاده از عملکرد شلتوک و نیتروژن برداشت شده توسط شلتوک و کاه و کلش، کارایی زراعی(AE_N)، کارایی فیزیولوژیک (PE_N) و بازیافت ظاهری (RE_N) نیتروژن در تیمارهای مختلف به ترتیب با استفاده از روابط ۲، ۳ و ۴ اندازه‌گیری شدند (Dobermann and Fairhurst, ۲۰۰۰):

$$AE_N = \frac{(GY_{+N} - GY_{0N})}{FN} \qquad (۲)$$

$$PE_N = \frac{GY_{+N} - GY_{0N}}{UN_{+N} - UN_{0N}} \qquad (۳)$$

$$RE_N = \frac{(UN_{+N} - UN_{0N})}{FN} \times 100 \qquad (۴)$$

که در آن‌ها GY_{+N} و GY_{0N} به ترتیب عملکرد شلتوک در کرت تیمارشده و شاهد (کیلوگرم در هکتار)، UN_{+N} و UN_{0N} میزان جذب کل نیتروژن شلتوک در کرت تیمارشده و شاهد (کیلوگرم در هکتار) و FN مقدار نیتروژن کودی مصرف‌شده (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد. شاخص برداشت نیتروژن[۷] از نسبت نیتروژن تجمع‌یافته در شلتوک به نیتروژن تجمع‌یافته در اندام‌های هوایی در مرحله رسیدگی برنج محاسبه شد. کارایی جذب نیتروژن[۸] هم، از نسبت نیتروژن کل گیاه (شلتوک + اندام‌های هوایی) به نیتروژن مصرف‌شده در مرحله رسیدگی برنج محاسبه شد (Van و Macrown، ۱۹۸۷).

برای تجزیه داده‌ها، از رویه‌های نرم‌افزار SAS نسخه نه (SAS Institute، ۲۰۰۲)، استفاده شد. پس از انجام آزمون نرمال‌بودن توزیع خطاهای آزمایشی داده‌ها به روش تبدیل لگاریتمی، مقایسه میانگین‌ها برای ویژگی‌های موردارزیابی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) و روش مقایسه‌های گروهی تعیین شد.

نتایج و بحث

الف- عملکرد شلتوک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم در مراحل مختلف رشد برنج، اثر معنی‌داری بر عملکرد شلتوک در سطح احتمال پنج درصد دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد شلتوک در تیمارهای محلول‌پاشی پیش از گلدهی نیتروژن به تنهایی و در کاربرد توأم نیتروژن با پتاسیم نسبت به تیمار پاشش آب خالص با کمترین مقدار عملکرد، افزایش داشت. با توجه به نتایج مقایسات گروهی نیز، استفاده از محلول‌پاشی پیش از گلدهی نیتروژن و پتاسیم بر استفاده از پاشش آب خالص برتری دارد و در بین گروه‌های تیماری تفاوتی مشاهده نشد (جدول ۴). با این وجود، بیشترین مقدار عددی عملکرد شلتوک (معادل ۱۰۲۵۶/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه‌زنی به‌دست آمد اما، به لحاظ آماری تفاوتی در بین مراحل پیش از گلدهی برنج دیده نشد. علت این امر احتمالاً حاکی از آن است که محلول‌پاشی در مراحل حداکثر پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن تا مرحله گلدهی برنج، با افزایش تعداد و دوام برگ، تولید پنجه‌های مؤثر، افزایش تجمع نیتروژن، ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و افزایش تعداد خوشه و درصد باروری خوشه‌ها، موجب افزایش تولید کربوهیدرات و عملکرد شلتوک شده در حالی‌که، اگر محلول‌پاشی تا مرحله گلدهی و پس از آن به تعویق افتد، افزایش اندازه دانه و میزان پروتئین را به دنبال خواهد داشت (Bly و Woodard، ۲۰۰۳). از طرفی، این امکان وجود دارد که مصرف نیتروژن و پتاسیم به تنهایی در این مراحل، پاسخگوی تأمین مواد لازم و کافی برای افزایش عملکرد بیشتر در برنج دورگ نباشد و برای افزایش عملکرد نیاز باشد که سایر عناصر نیز جهت تغذیه متعادل در اختیار گیاه قرار گیرد. در مطالعه Strong (۱۹۸۶) نشان داده شد که کاربرد نیتروژن پس از کاشت و طی مرحله پنجه‌زنی در مقایسه با کودپاشی پس از پنجه‌زنی یا چند مرحله کودپاشی به صورت سرک بین مراحل پنجه‌زنی و گل‌دهی در افزایش عملکرد گندم مؤثرتر بود. با این وجود خلیلی (۱۳۸۷) و فلاح (۱۳۸۴) در بررسی اثر محلول‌پاشی نیتروژن در مقایسه با کاربرد خاکی آن در مراحل مختلف رشد برنج، تأثیر مثبت و معنی‌دار محلول‌پاشی را بر عملکرد شلتوک گزارش کرده‌اند. Sharief و همکاران (۲۰۰۶) و Arif و همکاران (۲۰۰۶) نیز، در مطالعات خود بیان داشتند محلول‌پاشی نیتروژن در ۴۵ روز پس از نشاکاری (اواسط مرحله پنجه‌زنی)، عملکرد شلتوک برنج را در مقایسه با ۱۵ روز پس از نشاکاری افزایش داده است. همچنین در آزمایشی، محلول‌پاشی پیش از گلدهی کود اوره در چهار سطح صفر، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در مرحله غلاف‌رفتن گندم مورد بررسی قرار گرفت، نتایج آزمایش بیانگر افزایش معنی‌دار عملکرد دانه با محلول‌پاشی اوره در مقادیر ۲۰ کیلوگرم و بالاتر نیتروژن خالص در هکتار بود به طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد دانه (۵۶۳/۷ گرم بر متر مربع) در تیمار ۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نشان داده شد (برجیان و امام، ۱۳۷۹). با توجه به مقدار پتاسیم قابل دسترس و موجود در خاک (جدول ۱)، محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد شلتوک تأثیر معنی‌داری نداشته است. از آن‌جا که یکی از عوامل مؤثر در استفاده از کود نیتروژن، برهم‌کنش نیتروژن

با دیگر عوامل مؤثر در رشد گیاه است، کاربرد کافی و به‌هنگام کود نیتروژن زمانی عملکرد بهینه را در پی خواهد داشت که کمبود یا بیشبود سایر عوامل و عناصر به ویژه پتاسیم محدود کننده نباشد. De Datta و Gumez (۱۹۹۰) هم معتقدند که واکنش ارقام پرمحصول برنج به پتاسیم خاک به شدت تحت تأثیر میزان نیتروژن قرار دارد.

ب- مقدار نیتروژن و پتاسیم شلتوک و کاه و کلش

بر اساس نتایج تجزیه واریانس آزمایش مشاهده شد که محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم در مراحل مختلف پیش از گلدهی برنج باعث افزایش معنی‌دار مقدار نیتروژن تجمع‌یافته در شلتوک شد اما، میزان پتاسیم شلتوک تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی قرار نگرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های نیتروژن تجمع‌یافته در شلتوک نشان داد (جدول ۳) که محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم در مراحل پیش از گلدهی برنج نسبت به تیمار پاشش آب خالص با کمترین مقدار عددی نیتروژن شلتوک (۱۱۸/۱ کیلوگرم در هکتار)، افزایش داشت (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسات گروهی، در گروه‌های تیماری مقایسه‌شده استفاده از محلول‌پاشی نیتروژن به تنهایی و در مصرف توأم با پتاسیم در مراحل پیش از گلدهی برنج تفاوتی را از لحاظ میزان تجمع نیتروژن و پتاسیم در شلتوک و کاه و کلش نشان ندادند و تنها بر استفاده از پاشش آب خالص برتری نشان دادند (جدول ۴). بیشترین سهم نیتروژن تجمع‌یافته به اندام تازه تشکیل‌شده و دارای رشد فعال تخصیص می‌یابد. پیش از شروع رشد زایشی، بیشترین مقدار نیتروژن در آخرین برگ یافت می‌شود اما، پس از ظهور خوشه یک انتقال سریع نیتروژن از برگ به سوی خوشه و دانه‌های در حال نمو رخ می‌دهد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۷). همان‌طور که نتایج آزمایش نشان داد محلول‌پاشی ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به عنوان مکمل مصرف خاکی، توانسته نیتروژن را به خوبی به دانه‌ها انتقال دهد و تا حدودی نیاز بالای دورگه بهار-۱ را به نیتروژن تأمین کند. محلول‌پاشی اوره به عنوان مکمل مصرف خاکی می‌تواند با کاهش تلفات نیتروژن از طریق دنیتریفیکاسیون و آبشویی، توانایی فراهمی نیتروژن در زمانی که فعالیت ریشه در شرایط شور یا خشک خاک آسیب دیده است و جذب سریع‌تر و آسان‌تر نیتروژن، باعث افزایش میزان نیتروژن دانه شود (Gooding، ۲۰۰۵). Thom و همکاران (۱۹۸۱) در مطالعه خود با محلول‌پاشی نیتروژن به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با یا بدون کود پتاسیم در مرحله نیمه غلاف‌دهی[۹] برنج (۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متر میان‌گره پانیکول)، افزایش ۰/۱۳ تا ۰/۷۵ درصد مقدار نیتروژن شلتوک را گزارش کردند. محیطی (۱۳۸۷) هم در مطالعه خود با بررسی کارایی مصرف خاکی و برگی (به عنوان مکمل مصرف خاکی) پتاسیم بر عملکرد برنج، به تأثیر معنی‌دار و افزایشی کاربرد برگی پتاسیم بر مقدار نیتروژن شلتوک اشاره کرده است. Eagle و همکاران (۲۰۰۰) نیز، بیشترین جذب نیتروژن در شلتوک برنج را در ۸۰ روز پس از کاشت (مرحله غلاف‌روی برنج) گزارش کرده‌اند. Mai-tlo و همکاران (۲۰۰۶) نیز در مطالعه خود در بررسی محلول‌پاشی پیش از گلدهی مقادیر ۱، ۲ و ۲/۵ درصد اوره همراه با کاربرد خاکی ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و پتاسیم در هکتار، بیان کردند محلول‌پاشی تأثیر معنی‌داری بر میزان پتاسیم دانه گندم نداشت.

یافته‌های این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی در مراحل مختلف رشد اثر معنی‌داری بر مقدار نیتروژن و پتاسیم کاه و کلش برنج داشته است (جدول ۲). با توجه به داده‌های مقایسه میانگین این دو ویژگی (جدول ۳)، بیشترین مقدار نیتروژن کاه و کلش (۱۱۶/۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله غلاف‌رفتن برنج و بیشترین مقدار پتاسیم کاه و کلش (۱۶۴/۹ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلول‌پاشی نیتروژن مرحله حداکثر پنجه‌زنی به‌دست آمد. کمترین مقدار نیتروژن (۶۴/۴ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (۹۳/۱ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار پاشش آب خالص بود (جدول ۳). در تشابه با یافته‌های این آزمایش، خلیلی (۱۳۸۷) با انجام محلول‌پاشی نیتروژن و محیطی (۱۳۸۷) با اعمال محلول‌پاشی پتاسیم در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد برنج، افزایش نیتروژن و پتاسیم در کاه و کلش برنج را گزارش کردند که با یافته‌های این آزمایش شباهت دارد. Woolfolk و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه خود که محلول‌پاشی مقادیر مختلف اوره (صفر، ۱۱، ۲۲، ۳۴ و ۴۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) را در مراحل پیش و پس از گلدهی گندم انجام دادند، جذب نیتروژن در کاه و کلش گندم را از ۳۱ تا ۶۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با محلول‌پاشی پیش از گلدهی ۴۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به استفاده از آب خالص گزارش کردند. Maitlo و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی محلول‌پاشی پیش از گلدهی مقادیر مختلف کود اوره همراه با کاربرد خاکی ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و پتاسیم در هکتار، بیشترین مقدار پتاسیم کاه و کلش را در مصرف برگی ۲/۵ درصد اوره همراه با کاربرد خاکی ۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار در مرحله غلاف‌رفتن گندم گزارش کردند.

پ- درصد پروتئین و عملکرد پروتئین شلتوک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای محلول‌پاشی در مراحل مختلف رشد برنج باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار بر درصد پروتئین شلتوک شده است (جدول ۲). بیشترین مقدار پروتئین شلتوک (۱۱/۶ درصد) مربوط به تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن بود که نسبت به تیمار پاشش آب خالص ۱۰ درصد افزایش معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). در مقایسه گروه‌های تیماری در مقایسات مستقل هم، استفاده از محلول‌پاشی در مرحله حداکثر پنجه‌زنی بر استفاده از محلول‌پاشی در مرحله غلاف‌رفتن برتری دارد (جدول ۴). یافته‌های آزمایش نشان می‌دهد که محلول‌پاشی دو کود نیتروژن و پتاسیم در پیش از گلدهی برنج، تأثیر چندانی بر مقدار پروتئین شلتوک در مقایسه با پاشش آب خالص نداشته است. با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه، کاربرد نیتروژن به صورت پیش‌کاشت یا طی مراحل پنجه‌زنی، سبب افزایش تعداد پنجه شده در حالی‌که، کوددهی پس از پنجه‌زنی موجب افزایش اندازه دانه و محتوای پروتیین آن شد (Bly و Woodard (۲۰۰۳)، Strong (۱۹۸۶)). این نتایج موافق با نظر Thom و همکاران (۱۹۸۱) است که بیان کردند محلول‌پاشی اوره پیش از گلدهی برنج سبب افزایش عملکرد شلتوک می‌گردد و اگر محلول‌پاشی به مرحله گلدهی و پس از آن به تأخیر افتد، افزایش پروتئین شلتوک را به دنبال خواهد داشت. این افزایش احتمالاً به این دلیل است که برنج تا اواخر دوره رشد خود توانایی جذب نیتروژن و ساخت پروتئین را دارد. در طی سالیان گذشته ثابت شده است که افزایش در عملکرد و میزان نیتروژن مصرفی، منجر به کاهش درصد پروتئین شلتوک شده است. این مسئله می‌تواند به دلیل همبستگی منفی بین عملکرد شلتوک و غلظت پروتئین دانه (Heithold و همکاران، ۱۹۹۰؛ Loffer و همکاران، ۱۹۸۵) و یا کاهش مقدار پروتئین‌ها در نتیجه افزایش کربوهیدرات‌ها باشد

(Kibite و Evans, ۱۹۸۴) که در نتیجه، بهبود همزمان این دو صفت را مشکل می‌سازد. این نتایج همچنین، با یافته‌های Bly و Woodard (۲۰۰۳) مطابقت دارد؛ در آزمایش ایشان کاربرد برگی نیتروژن در مراحل پس از گلدهی گندم، به‌طور معنی‌داری غلظت پروتئین دانه را در مقایسه با استفاده از آب خالص افزایش داده است.

نتایج تجزیه واریانس آزمایش گویای این است که محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم در مراحل مختلف پیش از گلدهی برنج تأثیر معنی‌داری بر عملکرد پروتئین شلتوک داشته است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌های عملکرد پروتئین شلتوک نیز برتری محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم در مراحل پیش از گلدهی برنج را نسبت به تیمار پاشش آب خالص با کمترین مقدار عدد عملکرد پروتئین نشان داد (جدول ۳). با این وجود، بیشترین عدد عملکرد پروتئین شلتوک (۱۱۵۴/۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم در مرحله غلاف‌رفتن به‌دست آمد (جدول ۳). در گروه‌های تیماری مقایسه‌شده در آزمون مقایسات گروهی برای عملکرد پروتئین شلتوک، برتری محلول‌پاشی پیش از گلدهی نیتروژن به تنهایی و در مصرف توأم با پتاسیم بر استفاده از پاشش آب خالص مشاهده شد (جدول ۴). مشابه این یافته‌ها در مطالعات Simmonds (۱۹۹۶) و Fowler و همکاران (۱۹۸۹) گزارش شده است که در آن‌ها، افزایش عملکرد پروتئین دانه گندم به افزایش عملکرد دانه و پروتئین دانه نسبت داده شد. از طرفی در تناقض با نتایج این آزمایش، احمدی و همکاران (۱۳۷۹) در مطالعه خود با محلول‌پاشی اوره به میزان ۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در مراحل رشد (اوایل و اواخر پنجه‌زنی، ساقه‌روی، ظهور برگ پرچم و گرده‌افشانی) گندم، به عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای محلول‌پاشی بر عملکرد پروتئین دانه گندم اشاره کردند و علت آن را، ناشی از معنی‌دار نشدن عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه در تیمارهای محلول‌پاشی دانستند.

ت-کارایی نیتروژن

در این آزمایش اثر تیمارهای محلول‌پاشی دو کود پرمصرف نیتروژن و پتاسیم در مراحل پیش از گلدهی برنج بر کارایی زراعی (کیلوگرم افزایش عملکرد شلتوک به کیلوگرم نیتروژن مصرف‌شده)، کارایی فیزیولوژیک (کیلوگرم افزایش عملکرد شلتوک بر کیلوگرم نیتروژن کودی جذب‌شده) و بازیافت ظاهری نیتروژن (مقدار عنصر غذایی جذب‌شده به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف‌شده؛ Fage-ria، ۱۹۹۲) از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسات گروهی در بیان تفاوت بین تیمارها نیز، مؤید همین امر است به طوری‌که هیچ اختلافی در بین گروه‌های تیماری مقایسه‌شده، دیده نشد (جدول ۶). علت عدم تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای محلول‌پاشی کود نیتروژن به عنوان مکمل مصرف خاکی، می‌تواند افزایش جذب نیترات و اشباع فرآیندهای متابولیسم نیتروژن در کاربرد زیاد کود نیتروژن باشد که منجر به کاهش نسبت C/N می شود (Jiangو Hull, 1998). از مشکلات اساسی استفاده از کارایی فیزیولوژیک این است که در آن، تنها به افزایش عملکرد اقتصادی گیاه اهمیت داده شده و افزایش و یا کاهش کیفیت محصول مدنظر قرار نگرفته است که این نقیصه را می‌توان با استفاده از شاخص‌های بازیافت ظاهری و شاخص برداشت نیتروژن برطرف کرد (Harmsen، ۱۹۸۴؛ Williams و Haramein، ۱۹۸۲).

شاخص برداشت نیتروژن نشان‌دهنده مقدار نیتروژن تجمع‌یافته در شلتوک به مقدار تجمع این عنصر در اندام‌های هوایی است که برای مقایسه ویژگی‌های کیفی و توان انتقال نیتروژن جذب‌شده به شلتوک مورد استفاده قرار می‌گیرد (Harmsen، ۱۹۸۴). بالاتر بودن این ویژگی، نشان‌دهنده کارآمد بودن فرآیندهای انتقال مواد درون بافت‌های گیاهی است. یافته‌های این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی در مراحل مختلف رشد اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن داشته است (جدول ۲). محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله غلاف‌رفتن، کمترین شاخص برداشت (۵۷/۴ درصد) را داشت که علت می‌تواند به‌دلیل افزایش مجدد رشد رویشی و رشد پنجه‌ها و انتقال کمتر نیتروژن به شلتوک باشد (جدول ۳). کمترین میزان درصد باروری پنجه‌ها و تعداد خوشه در این مرحله نیز، مؤید همین امر است که می‌تواند نشان‌دهنده کاهش توانایی گیاه در انتقال نیتروژن جذب‌شده به شلتوک و یا شاخص برداشت نیتروژن باشد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). با مقایسات گروهی انجام‌شده در بیان تفاوت بین تیمارها (جدول ۴)، در بین تیمارهای محلول‌پاشی و همچنین در مقایسه بین تیمارهای محلول‌پاشی با تیمار پاشش آب خالص تفاوتی برای شاخص برداشت نیتروژن مشاهده نشد. در نتیجه می‌توان گفت که با تقسیط نیتروژن به‌صورت محلول‌پاشی در پیش از گلدهی، افزایش اندکی در شاخص برداشت نیتروژن به‌دست آمده است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های کارایی جذب نیتروژن (نیتروژن کل گیاه تقسیم بر نیتروژن مصرف‌شده) نشان داد که محلول‌پاشی پیش از گلدهی برنج بر کارایی جذب نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شده است (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌های این ویژگی نشان داد که محلول‌پاشی نیتروژن در مرحله حداکثر پنجه‌زنی با میانگین ۵۸/۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین کارایی جذب نیتروژن را داشته که نسبت به کمترین کارایی جذب در تیمار محلول‌پاشی نیتروژن در دو مرحله حداکثر پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن، ۱۴/۸ درصد افزایش داشت (جدول ۳). بر اساس نتایج آزمایش تیماری که بالاترین کارایی جذب نیتروژن را داشت، توانست بالاترین عملکرد را نیز، تولید کند (جدول ۳). با مقایسات گروهی انجام‌شده در بیان تفاوت بین تیمارها (جدول ۶)، محلول‌پاشی در مرحله حداکثر پنجه‌زنی بر محلول‌پاشی در مرحله غلاف‌رفتن و محلول‌پاشی در هر دو مرحله برتری دارد. با توجه به قانون بازده نزولی در مورد مصرف عناصر غذایی مبنی بر این‌که واحدهای اولیه کود مصرفی تأثیر بیشتری روی عملکرد دارند، هر قدر مصرف نیتروژن افزایش یابد، کارایی جذب و استفاده از آن کاهش می‌یابد. Alcoz و همکاران (۱۹۹۳) به این نتیجه رسیدند که کارایی جذب نیتروژن گندم با افزایش تقسیط کود نیتروژن، از ۳۷ به ۱۹ درصد کاهش یافت. Sinebo و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه خود دریافتند که همبستگی عملکرد دانه جو با جذب نیتروژن، قوی‌تر از ارتباط آن با مصرف نیتروژن (کارایی فیزیولوژیک) بود. این امر نشان‌دهنده اهمیت بیشتر جذب نیتروژن از خاک نسبت به انتقال آن از اندام هوایی در افزایش عملکرد دانه بود. Van و Macrown (۱۹۸۷) کارایی جذب نیتروژن را مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده اختلاف ارقام در تولید ماده خشک و عملکرد پروتئین شلتوک دانستند. طبق یافته‌های Alfred و همکاران (۲۰۰۰) کارایی جذب نیتروژن، تأثیر نسبی بیشتری نسبت به کارایی مصرف نیتروژن روی کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی) در عملکرد دانه غلات دارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، یافته‌های این آزمایش نشان داد که محلول‌پاشی دو کود نیتروژن و پتاسیم در مقایسه با پاشش آب خالص سبب افزایش چشم‌گیری در عملکرد شلتوک رقم بهار-۱ شده ولی تأثیر چندانی بر پروتئین آن نداشته است. با توجه به معنی‌دار نشدن کارایی زراعی، فیزیولوژیک و بازیافت ظاهری نیتروژن و افزایش اندک کارایی جذب نیتروژن، می‌توان گفت که در شرایطی مشابه با شرایط اقلیمی و خاکی این آزمایش، محلول‌پاشی پیش از گلدهی نیتروژن و پتاسیم نسبت به استفاده از آب خالص، مزیتی از نظر افزایش کارایی نیتروژن در دورگه بهار-۱ ندارد. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که بهترین زمان پیش از گلدهی برای محلول‌پاشی رقم بهار-۱ با کودهای نیتروژن و پتاسیم، مراحل حداکثر پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن است.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت به جهت حمایت از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

پاورقی ها

1. Nitrogen Use Efficiency (NUE)
2. Agronomic efficiency (AEN)
3. Physiological efficiency (PEN)
4. Apparent recovery (REN)
5. Kjeldal
6. Atomic Emission Spectrometry (AES)
7. Nitrogen Harvest Index (NHI)
8. Nitrogen Uptake Efficiency (UPE)
9. Mid- boot

جدول ۱- میانگین نتایج تجزیه سه نمونه خاک اولیه مزرعه آزمایش

ویژگی‌های اندازه‌گیری شده							
عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	واکنش گل اشباع	کربن آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل‌جذب (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل‌جذب (پی‌پی‌ام)	بافت خاک
۰-۳۰	۲/۳۷	۶/۸۳	۲/۶۵	۰/۲۵	۱۵/۸۴	۱۹۶/۳	رسی‌سیلتی

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد شلتوک، مقدار نیتروژن و پتاسیم و عملکرد پروتئین شلتوک رقم بهار-۱ در تیمارهای محلول‌پاشی

		میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد شلتوک	نیتروژن شلتوک	نیتروژن کاه و کلش	پتاسیم شلتوک	پتاسیم کاه و کلش	پروتئین شلتوک	عملکرد پروتئین شلتوک	شاخص برداشت نیتروژن
بلوک	۲	۱۰۵۷۲۷/۴۴^{ns}	۳۱/۴^{ns}	۱۱۹۸/۱**	۲۰/۲^{ns}	۲۹۱/۲^{ns}	۰/۰۲۷^{ns}	۶۴۱/۸^{ns}	۶۷/۹*
تیمار محلول‌پاشی	۶	۴۸۵۹۷۶۴/۸*	۱۷۳۴/۱*	۱۰۵۰/۸**	۱۲۴/۱^{ns}	۱۶۹۹/۵**	۰/۴۸۸*	۷۵۸۰۹/۱*	۵۱/۷*
اشتباه آزمایشی	۱۲	۱۲۷۸۵۶۳/۳	۴۳۱/۴	۱۵۶/۹	۴۲/۸	۳۱۱/۹	۰/۱۳۷	۲۴۶۵۴/۵	۱۴/۸
کل	۲۰	-	-	-	-	-	-	-	-
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۲/۴	۱۲,۳	۱۳/۰۴	۱۳/۹	۱۳/۳	۳/۴	۱۵/۷	۶/۰۳

ns= غیر معنی‌دار، *و** = به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد شلتوک، مقدار نیتروژن و پتاسیم و عملکرد پروتئین شلتوک رقم بهار-۱ در تیمارهای محلول‌پاشی

تیمارها	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن کاه و کلش (کیلوگرم در هکتار)	پتاسیم کاه و کلش (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین شلتوک (درصد)	عملکرد پروتئین شلتوک (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت نیتروژن (درصد)	کارایی جذب نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)
محلول‌پاشی با آب خالص	۶۵۸۲/۱^{b}	۱۱۸/۱^{b}	۶۴/۴^{c}	۹۳/۱^{c}	۱۰/۵^{c}	۶۹۷/۳^{b}	۶۵/۱^{ab}	-
محلول‌پاشی N در حداکثر پنجه‌زنی	۱۰۲۵۶/۳^{a}	۱۷۶/۴^{a}	۱۰۵/۸^{ab}	۱۶۴/۹^{a}	۱۰/۷^{bc}	۱۱۰۳/۱^{a}	۶۲/۶^{abc}	۵۸/۳^{a}
محلول‌پاشی N و K در حداکثر پنجه‌زنی	۹۰۱۵/۷^{a}	۱۶۸/۶^{a}	۱۱۳/۶^{a}	۱۱۵/۳^{bc}	۱۰/۶^{c}	۹۵۰/۷^{ab}	۵۹/۹^{bc}	۵۴/۷^{ab}
محلول‌پاشی N در غلاف‌رفتن	۸۴۷۱/۳^{ab}	۱۶۴/۲^{a}	۱۱۶/۱^{a}	۱۴۵/۲^{ab}	۱۰/۹a^{bc}	۹۲۴/۳^{ab}	۵۷/۴^{c}	۵۲/۱^{b}
محلول‌پاشی N و K در غلاف‌رفتن	۱۰۱۰۶/۱^{a}	۱۸۸/۵^{a}	۸۲/۳^{bc}	۱۳۳/۸^{ab}	۱۱/۴^{ab}	۱۱۵۴/۱^{a}	۶۹/۶^{a}	۵۴/۴^{ab}
محلول‌پاشی N در حداکثر پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن	۹۵۲۶/۷^{a}	۱۸۶/۲^{a}	۱۰۲/۳^{ab}	۱۳۶/۱^{ab}	۱۱/۶^{a}	۱۱۰۹/۷^{a}	۶۴/۷^{abc}	۵۰/۸^{b}
محلول‌پاشی N و K در حداکثر پنجه‌زنی و غلاف‌رفتن	۹۷۶۷/۷^{a}	۱۷۹/۸^{a}	۸۷/۷^{bc}	۱۵۰/۸^{a}	۱۰/۹^{abc}	۱۰۷۴/۳^{a}	۶۷/۱^{ab}	۵۳/۸^{ab}

N: نیتروژن؛ K: پتاسیم. میانگین‌های با حروف یکسان در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

جدول ۴- مقایسات گروهی با استفاده از آزمون F برای عملکرد شلتوک، مقدار نیتروژن و پتاسیم و عملکرد پروتئین شلتوک رقم بهار-۱ در تیمارهای محلول‌پاشی

تیمار	عملکرد شلتوک	نیتروژن شلتوک	نیتروژن کاه و کلش	پتاسیم شلتوک	پتاسیم کاه و کلش	پروتئین شلتوک	عملکرد پروتئین شلتوک	شاخص برداشت نیتروژن
محلول‌پاشی N و N+K در مراحل پیش از گلدهی در مقابل پاشش آب خالص	۲۲۲۵۶/۷**	۹۰۲۷/۲**	۳۴۹۳/۹**	۵۵۲/۳**	۵۹۲۱/۸**	۰/۴۷ns	۳۲۴۶۷/۱**	۵/۲۰ns
محلول‌پاشی N در مراحل پیش از گلدهی در مقابل پاشش آب خالص	۱۸۰۹۸/۰۳**	۷۴۶۲/۱**	۴۲۸۳/۷**	۴۶۵/۱**	۶۹۸۶/۲**	۰/۵۱ns	۲۷۳۰۰/۲**	۲۵/۸ns
محلول‌پاشی N+K در مراحل پیش از گلدهی در مقابل پاشش آب خالص	۲۰۹۰۰/۱**	۸۳۴۷/۹**	۲۰۳۷/۱**	۵۰۱/۸**	۳۶۴۶/۲**	۰/۳۲ns	۲۹۵۳۹/۲**	۰/۶۶۷ns
محلول‌پاشی N در مراحل پیش از گلدهی در مقابل محلول‌پاشی N+K در مراحل پیش از گلدهی	۲۰۱۶۱۲/۵ns	۴۹/۷ns	۸۲۵/۵ns	۱/۳۹ns	۱۰۷۶/۴ns	۰/۰۴ns	۸۸۲/۱ns	۶۹/۶ns
محلول‌پاشی N و N+K در مرحله حداکثر پنجه‌زنی در مقابل محلول‌پاشی N و N+K در مرحله غلاف‌رفتن	۳۶۱۹۲۱/۳ns	۴۵/۲ns	۳۳۴/۹ns	۳۸/۵ns	۱/۰۸ns	۰/۸۲*	۴۵۶/۳ns	۱۴/۵ns
محلول‌پاشی N و N+K در مرحله غلاف‌رفتن در مقابل محلول‌پاشی N و N+K در هر دو مرحله	۳۸۵۵۶۶/۷ns	۱۳۲/۱ns	۵۲/۵ns	۲/۸۰ns	۴۶/۱ns	۰/۰۶ns	۸۳۷۴/۱ns	۰/۰۵۴ns

N: نیتروژن؛ K: پتاسیم. Ns = غیر معنی‌دار، *و** = به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارهای محلول‌پاشی بر انواع کارایی نیتروژن در دورگه بهار-۱

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کارایی زراعی نیتروژن	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن	بازیافت ظاهری نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن
بلوک	۲	۶۴۸/۴ ns	۸۵۴/۸**	۱۸۱۶۵/۳ ns	۲/۳۸ ns
تیمار محلول‌پاشی	۵	۳۴۵۱/۴ ns	۱۷۶/۲ ns	۶۸۸۷/۲ ns	۲۰/۱*
اشتباه آزمایشی	۱۰	۳۸۱۷/۲	۱۰۹/۴	۱۲۴۲۲/۳	۵/۹۷
ردیف کل	۱۷	-	-	-	-
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۴/۳	۲۰/۵	۱۹/۸	۴/۵

ns= غیر معنی‌دار، *و** = به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۶- مقایسات گروهی با استفاده از آزمون F برای انواع کارایی نیتروژن رقم بهار-۱ در تیمارهای محلول‌پاشی

تیمار	کارایی زراعی نیتروژن	کارایی فیزیولوژیک نیتروژن	بازیافت ظاهری نیتروژن	کارایی جذب نیتروژن
محلول‌پاشی N در مراحل پیش از گلدهی در مقابل محلول‌پاشی N+K در مراحل پیش از گلدهی	۵۰۴/۰۳ns	۲۰/۵ns	۱۲۴۱/۷ns	۱/۳۳ns
محلول‌پاشی N و N+K در مرحله حداکثر پنجه‌زنی در مقابل محلول‌پاشی N و N+K در مرحله غلاف‌رفتن	۹۰۴/۸ns	۱۲۹/۴ns	۱۱۳۱/۰۲ns	۳۱/۷*
محلول‌پاشی N و N+K در مرحله غلاف‌رفتن در مقابل محلول‌پاشی N و N+K در هر دو مرحله	۹۶۳/۹ns	۱۳/۹ns	۳۳۰۰/۱ns	۲/۶۷ns
محلول‌پاشی N و N+K در مرحله حداکثر پنجه‌زنی در مقابل محلول‌پاشی N و N+K در هر دو مرحله	۲۸۲/۵ns	۲۳۳/۷ns	۵۱۸۴ns	۵۵/۴*

N: نیتروژن؛ K: پتاسیم. Ns = غیر معنی‌دار، *و** = به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

منابع مورد استفاده

۱. احمدی، م. کاظمی، م. و ح. صباحی. (۱۳۷۹) بررسی اثر زمان‌های مختلف محلول‌پاشی اوره بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین گندم آبی تجن. چکیده مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۴۴۷ صفحه.

۲. امامی، ع. (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول، نشریه فنی شماره ۹۸۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۳. برجیان، ع.ر. و ی. امام. (۱۳۷۹) اثر محلول‌پاشی اوره پیش از گلدهی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد پروتئین دانه دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله علوم زراعی ایران، جلد ۲، شماره ۱: ص ۲۳-۲۹.

۴. پوستینی، ک.، ع. سی و سه مرده، م. زواره و ش. مداح حسینی. (۱۳۸۴) عملکرد گیاهان زراعی (فیزیولوژی و فرایندها). انتشارات دانشگاه تهران. ۶۳۲ صفحه.

۵. خلیلی، ص. (۱۳۸۷) بررسی تأثیر سطوح نیتروژن، تنش کمبود آب در مراحل مختلف رشد و محلول‌پاشی اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان.

۶. رحیم سروش، ح. ربیعی، ب. نحوی، م. و قدسی، م. (۱۳۸۶) مطالعه برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و کیفی و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج. پژوهش و سازندگی، جلد ۷۵: ص ۲۵-۳۲.

۷. فلاح، ف. (۱۳۸۴) بررسی تأثیر تقسیط ازت و محلول‌پاشی کود نیتروژنه بر روی عملکرد، اجزای عملکرد ارقام طارم محلی و شفق. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

۸. کوچکی، ع.، م.ح. راشد محصل، م. نصیری محلاتی و ر. صدر آبادی. (۱۳۷۷) مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی. (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی.

۹. محیطی، م. (۱۳۸۷) مقایسه کارایی مصرف خاکی و محلول‌پاشی پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه برنج در شرایط شوری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی (واحد کرج).

10. Abou El-Nour, A.A. (2002). Can Supplemented Potassium Foliar Feeding Reduce the Recommended Soil Potassium? *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(3): 259-262.

11. Alcoz, M.M., Hons, F.M., and Haby, V.A. (1993). Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. *Agronomy Journal*, 85:1198-1203.

12. Alfred, E.H., Johnston, M. O'Sullivanc J.N. and Polomad, S. (2000). Nitrogen use efficiency of taro and sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. Agriculture, *Ecosystems and Environment*, 79: 271-280.

13. Arif, M., Chohan, M.A., Ali, S., Gul, R. and Khan, S. (2006). Response of wheat to foliar application of nutrients. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 1: 30-34.

14. Balasubramanian, V.T. (2003). Hybrid rice: development, fertilizer management and impact on fertilizer consumption in Asia (present and forecasts). IRRI - International Rice Research Institute, Philippines. IFA Regional Conference for Asia and the Pacific. Cheju Island, Republic of Korea, 6-8 October.

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

16. Bly, A.G. and Woodard, H.J. (2003). Foliar nitrogen application timing influence on grain yield and protein concentration of hard red winter and spring wheat. *Agronomy Journal,* 95: 335-338.

17. Craswell, E.T. and Godwin, D.C. (1984). The efficiency of nitrogen fertilizer applied to cereals in different climates. Journal of Plant Nutrition, 1: 1-55.

18. De Datta, S.K. and Gumez K.A. (1990). Changes in phosphorus and potassium response in wetland rice soils in south and South-East Asia. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines.

19. Dobermann, A. and Fairhurst, T. (2000). Rice: Nutrient disorders & nutrient management. Handbook series. Potash asd Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute. pp:191.

20. Dobermann, A., Witt, C., Abdulrachman, S., Gines, H.C., Nagarajan, R., Son, T.T., Tan, P.S., Wang, G.H., Chien, N.V. Thoa, V.T.K., Phung, C.V., Stalin, P., Muthukrishnan, P., Ravi. V., Babu, M., Simbahan, G.C., Adviento, M.A. and Bartolome, V. (2003). Estimating indigenous nutrient supplies for site-specific nutrient management in irrigated rice. *Agronomy Journal,* 95: 924-935.

21. Eagle, A.J., Bird J.A., Horwath, W.R., Lindquist, B.A., Brouder, S.M., Hill, J.E. and van Kessel, C. (2000). Rice yield and nitrogen efficiency under alternative straw management practices. *Agronomy Journal*, 92:1096–1103.

22. Fageria, N.K. (1992). Maximizing crop yield. CRC Press. 288p.

23. Finck, A. (1982). Fertilizers and fertilization. Verlag Chimie GmbH, Weinheim, Germany.

24. Fowler, B.D., Brydon, J. and Baker, R.J. (1989). Nitrogen fertilization of no till winter wheat and rye. II: Influence of grain protein. *Agronomy Journal,* 81: 72-77.

25. Gooding, M.J. (2005). Foliar urea fertilization and the management of yield and quality in wheat. Int. Fert. Soc. Proc. 573. http://www.fertilizer-society.org /Proceedings/US/Prc 573. HTM.

26. Harmsen, K. (1984). Nitrogen fertilizer use in rainfed agriculture. *Fertilizer Research*, 5: 371-382.

27. Heithold, J.J., Croy, L.I., Maness, N.O., and Nguyen, H.T. (1990). Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat deffering in grain N concentration. *Field Crops Research*, 23: 133.

28. International Rice Research Institute. (1988). Growth Stages of the Rice Plant. Rice Production training Module. Second Edition. pp: 42.

29. Jayaraj, T. and Chandrasekharan, B. (1997). Foliar fertilization to enhance seed yield and quality in rice. *Seed Research*, 25: 50-52.

30. Jiang, Z. and Hull, R.J. (1998). Interrelationships of nitrate uptake, nitrate reductase, and nitrogen use efficiency in Selected Kentucky Bluegrass Cultivars. *Crop*

Science, 38: 1623-1632.
31. Kibite, S. and Evans, L.E. (1984). Causes of negative correlations between grain yield and grain protein concentration in common wheat. *Euphytica*, 33: 801-810.
32. Lestari, A.P., Abdollah, B., Junaedi, A. and Aswidinnoor, H. (2010). Yield stability and adaptability of aromatic new plant type (NPT) rice Lines. *Indonesian Journal of Agronomy*, 38(3): 199-204.
33. Loffer, C.M., Rauch, T.L. and Busch, R.H. (1985). Grain and plant protein relationships in hard red spring wheat. *Crop Science*, 25:521.
34. Longping, Y. (2004). Hybrid rice for food security in the world. FAO Rice Conference Rome, Italy. 12-13.
35. Maitlo, A., Hassan, Z.U., Shah, A.N. and Khan, H. (2006). Growth, yield and nutrient uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.) in relation to foliar and soil application of urea. Agricultural Research Institute, Tandojam, Sindh, Pak. 4: 477-481.
36. Narang, R.S., Mahal, S.S., Seema, B., Gosal, K.S. and Bedi, S. (1997): Response of rice and wheat to K-fertilization under maximum yield research strategies. *Journals in Environmental Economics*, 15, 474-477.
37. Norman, R.J., Guindo, D., Wells, B.R. and Wilson, G.E. (1992). Seasonal accumulation and partitioning of nitrogen-15 in rice. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 1521-1529.
38. Pandy, S. (2008). The true price of rice. IRRI program leader, Rice Policy and Impact. January-March 2008.
39. Raun, W.R. and Johnson, G.V. (2008). Improving Nitrogen Use Efficiency for Cereal Production. *Agronomy Journal*, 91: 357-363.
40. Samonte, S.O.P.B., Wilson, L.T., Medley, J.C., Pinson, S.R.M., McClung A.M. and Lales, J.S. (2006). Nitrogen uitilzation efficiency: relationships with grain yield, grain protein and yield-related traits in rice. *Agronomy Journal*, 98: 168-176.
41. SAS Institute (2002). SAS/STAT user's Guide, Release G. 12. SAS Institute Cary. North Carolina. USA.
42. Sharief, A.E., El-Kalla, S.E., El-Kassaby, A.T. Ghonema, M.H. and Abdo, G.M.Q. (2006). Effect of bio-chemical fertilization and times of nutrient foliar application growth, yield and yield components of rice. *Journal of Agronomy*, 5: 212-219.
43. Simmonds, N.W. (1996). Yields of cereal grain and protein. *Experimental Agriculture*, 32: 351-356.
44. Sinebo, W., Gretzmacher, R. and Edelbauer, A. (2004). Genotypic variation for nitrogen use efficiency in Ethiopian barley. *Field Crops Research*, 85: 43-60.
45. Strong, W.M. (1986). Effect of nitrogen application befor sowing, compared with effect of split application befor and after sowing, for irrigated wheat on the Darling Downs. *Australian J. of Experimental Agriculture,* 26: 201-207.
46. Thom, W.O., Miller T.G., and Bowman D.H. (1981). Foliar fertilization of rice after midseason. *Agronomy Journal*, 73: 411-414.
47. Van, S. and MaCrown D.A. (1987). Cultivar differences in nitrogen remobilization during grain fill in soft red winter wheat. *Crop Science*, 27: 295-300.
48. Williams, P. and Jaby El Haramein, F. (1982). Report on baking quality of commercial baker flour form the Aleppo region. ICARDA, Aleppo, Syria.
49. Wilson, C.E., Slaton, N.A., Dickson, P.A., Norman, R.J. and Wells, B.R. (1996). Rice response to phosphorus and potassium fertilizer application. *Research series-Arkansas agricultural Experiment Station*, 450: 15-18.
50. Woolfolk, C.W., Raun, W.R., Johnson, G.V., Thomson, W.E., Mullen, R.W., Wynn, K.J. and Freeman, K.W. (2002). Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. *Agronomy Journal*, 94: 429-434.
51. Zhao, G.C. (2006). Effects of nitrogen rate on nitrogen fertilizer use of winter wheat and content of soil nitrate different fertility condition. *Acta Ecologica Sinica,* 26: 815 – 822.