نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد سیزدهم، شماره چهارم، زمستان ۹۹
۱۵-۲۶
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2021.17227.2274

تاثیر محلول‌پاشی برگی کود رویش نو بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی برنج رقم هاشمی

بهروز احسانی آملی[۱]، علیرضا نبی‌پور[۲*]، توفیق احمدی[۳]، امیرعباس موسوی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران
[۲]استادیار، موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران
[۳]استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳

چکیده

سابقه و هدف: محلول‌پاشی کودی روشی موثر جهت بهبود رشد و توان گیاهان زراعی، از طریق جذب سریع و سرعت بخشیدن به انتقال عناصر جذب شده از برگ‌ها به اندام‌های مختلف، می‌باشد. برنج (*Oryza sativa* L.)، پس از گندم، به عنوان مهم‌ترین محصول زراعی کشور به‌شمار رفته و جایگاه ویژه‌ای در سبد غذایی مردم دارد. افزایش تولید برنج نیازمند اصلاح و معرفی ارقام پرمحصول و اعمال مدیریت‌های زراعی، به‌ویژه تغذیه مناسب است. این آزمایش به منظور بررسی تاثیر محلول‌پاشی برگی کود مایع رویش نو حاوی عناصر NPK و میکرو شامل بر، آهن، روی، مس و منیزیم بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات زراعی برنج، انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی برنج رقم هاشمی در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل T0: شاهد (بدون مصرف کود)، T1: مصرف کود پایه (NPK)، T2: محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار کود رویش نو بدون مصرف کود پایه، T3: محلول‌پاشی با غلظت ۲ در هزار یک نوبت (در هفته اول پس از نشاکاری) به همراه کود پایه، T4: محلول‌پاشی دو نوبت با غلظت ۲ در هزار به همراه کود پایه، T5: محلول‌پاشی سه نوبت با غلظت ۲ در هزار به همراه کود پایه، T6: محلول‌پاشی چهار نوبت با غلظت ۲ در هزار به همراه کود پایه، T7: محلول‌پاشی پنج نوبت با غلظت ۲ در هزار به همراه کود پایه بودند. صفات اندازه‌گیری شده شامل طول خوشه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، سطح برگ پرچم، طول برگ پرچم، وزن تر و خشک بوته، تعداد دانه، درصد دانه پر، عملکرد، شاخص برداشت، میزان کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، عدد SPAD و شاخص رنگ برگ بودند.

یافته‌ها: اثر تیمارهای کودی بر تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز طول خوشه، وزن خشک و وزن تر بوته معنی‌دار بود. استفاده از محلول‌پاشی باعث افزایش کلروفیل و تیره‌تر شدن رنگ برگ‌ها شد. در این آزمایش کود پایه توانست میزان SPAD را به مقدار حداقل لازم بحرانی (۳۷) برساند، اما محلول‌پاشی به همراه کود پایه باعث افزایش بیش‌تر مقدار SPAD (بالاتر از ۴۰) گردید. تمامی تیمارهای محلول‌پاشی برگی تعداد دانه‌های پر را به صورت معنی‌داری افزایش دادند. وزن هزاردانه نیز با محلول‌پاشی افزایش محسوسی پیدا کرد و از ۲۵/۱ گرم در شاهد بدون محلول‌پاشی تا ۲۹/۰ گرم در تیمار ۲ بار محلول‌پاشی در حضور کود پایه افزایش یافت. در این بررسی محلول‌پاشی برگی کود رویش نو تاثیرات مثبتی بر عملکرد دانه، درصد دانه پر، وزن هزاردانه،

*مسئول مکاتبه: ali_reza_54@yahoo.com

طول خوشه، میزان کلروفیل برگ، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک نشان داد. بهترین عملکرد دانـه (٤١٥٦/٠ کیلـوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری شامل دو نوبت (T4) محلول‌پاشی با غلظت ٢ در هزار در حضور کود پایه به‌دست آمد.
نتیجه‌گیری: محلول‌پاشی کود رویش نو با افزایش فراهمی مواد غذایی و افزایش میزان کلروفیل توانست رشد کلی گیاه و میـزان عملکرد آن را افزایش دهد. نکته مهم این آزمایش اثبات تاثیر مثبت محلول‌پاشی برگی بر افزایش عملکرد در حضـور کـود پایـه بود.

واژه‌های کلیدی: پرشدن دانه، تغذیه گیاهی، عملکرد، محلول‌پاشی برگی.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.)، پس از گندم، به عنـوان مهم‌ترین محصول زراعی کشور به‌شمار رفته و جایگاه ویژه‌ای در سبد غذایی مردم دارد. با توجه به افـزایش جمعیت، بالا رفتن میزان مصرف سرانه، و هم‌زمان بـا آن، کاهش سطح زیر کشت برنج، نیاز به افزایش تولید در واحد سطح بیش از پیش احساس می‌شود. از سال ١٩٨٠ تا ٢٠١٩، سطح زیر کشت برنج در دنیا تنها ١٤ درصد افزایش داشته است، در حالی که میـزان تولیـد جهانی در این مـدت ٨٨ درصـد رشـد داشـته اسـت (٢٩). این افزایش تولید مدیون اصلاح و معرفی ارقام پرمحصول و اعمال مدیریت‌های زراعی، به‌ویژه تغذیه مناسب است (٢٠). موانـع مهـم در افـزایش عملکـرد بـرنج شـامل پـایین بـودن حاصـلخیزی خـاک، خسارت‌آفـات و بیماری‌ها، کمبود و قیمـت بـالای نهاده‌ها می‌باشد (٢٧).

رویکرد استفاده از فرآورده‌هـای جدیـد کـودی از قبیل کودهای مایع، به‌خصوص کودهای مـایع حـاوی عناصر کم‌مصرف یا مواد محرک رشد گیاه، راهکـاری در جهت افزایش عملکـرد مـی‌باشـد. محلـول‌پاشـی کودی، مکمل کودهای پایـه و تکنیکـی مـوثر جهـت ارتقای رشد و توان گیاهـان زراعـی از طریـق جـذب سریع و سرعت بخشیدن به انتقال عناصر جذب شـده از برگ‌ها به اندام‌های مختلف می‌باشد (٣٢). افـزایش عملکرد با استفاده از عناصر کم‌مصـرف، از قبیـل بُـر، مس، منگنز، آهن و روی در بخش‌های وسیعی از دنیا گزارش شده است (٢٢). با آنکه گیاه به مقدار کمی از عناصر کـم‌مصـرف احتیـاج دارد، ولـی کمبـود آن‌هـا عملکرد را محدود می‌نماید. با این وجود، عدم تناسب ترکیب محلول کودی و یـــا مصرف بـیش از انـدازه آن می‌تواند منجر به سوختگی و لوله شـدن بـرگ‌هـا شده و باعث کاهش عملکرد گیاه شود.

کودهای ریزمغذی چهار درصـد از کـل کودهـای مصرفی در جهان را تشکیل می‌دهند، اما در ایران ایـن مقـدار در حـدود ٠/١٧ درصـد اسـت (١٦). یکـی از جنبه‌های کشاورزی پایدار، حفظ و بهبود حاصلخیزی و کیفیت خاک می‌باشد، که از طریق متعـادل‌سـازی و مصرف بهینه کودهای پرمصرف و کم‌مصـرف جهـت افزایش تولید در واحد سطح و بهبود کیفی محصول و حفظ محیط‌زیست حاصل می‌گردد. بـا محلـول‌پاشـی کودهـای مـایع، رشـد رویشـی، عملکـرد و کیفیـت محصول ارتقا یافتـه، مصـرف کودهـای شـیمیایی در خاک و اثرات متعاقب این مصرف، همچـون آلـودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک، کـاهش می‌یابد (١٧).

با وجود اینکه در محلول‌پاشی کودی جذب مـواد غـذایی بـا سـرعت و کارآمـدی بـالاتری نسـبت بـه کوددهی پایه صـورت گرفتـه و سـرعت انتقـال مـواد غذایی به دانه‌ها هم بیش‌تر است، اما به دلیل اینکه در ایـــن روش کـــود هماننـــد کـــوددهی پایـــه قابلیـــت ذخیره‌سازی و استفاده در زمان مناسب از طرف گیـاه را ندارد، لذا بسیار مهم است که محلول پاشی در زمان

مناسب صورت گیرد (۸). برای اینکه کوددهی برگی بتواند اثر مطلوبی روی عملکرد داشته باشد، محلول‌پاشی عناصر غذایی باید بر اساس مراحل بحرانی رشد گیاه زراعی زمان‌بندی شده باشد. گیاهان زراعی و باغی در برخی از مراحل رشد به برخی از عناصر غذایی نیاز زیادی دارند و شناخت این مراحل کمک زیادی به برنامه‌ریزی در کاربرد کود به‌صورت خاکی یا محلول‌پاشی می‌نماید. دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD[1]) و نمودار رنگ برگ[2] (LCC) به‌عنوان ابزارهایی برای تعیین زمان دقیق نیاز به کود نیتروژن در برنج توسعه یافته و باعث افزایش راندمان کودی و عملکرد در برنج شده‌اند (۱۸).

کاربرد برگی عناصر غذایی زمانی که جذب این عناصر از طریق ریشه محدودیت داشته باشد اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. این امر می‌تواند ناشی از پایین بودن میزان حاصلخیزی خاک، رقابت کاتیونی، عدم تناسب بافت خاک، آب‌شویی عناصر در خاک و یا وقوع تنش‌های محیطی مانند خشکی، شوری و غرقاب باشد (۱۹، ۳۱). دهقی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی برگی برنج با سیلیکات پتاسیم باعث افزایش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه پر و عرض دانه شد. به عقیده این محققان افزایش عملکرد در اثر کاربرد سیلیکات پتاسیم تا حد زیادی ناشی از افزایش تعداد دانه پر در خوشه‌ها بود که آن را ناشی از افزایش تحمل گیاه به حمله آفات و تنش‌ها، عدم تعادل ریزمغذی‌ها و بهبود فعالیت‌های متابولیکی دانستند (٤). همچنین، محلول‌پاشی باعث غنی شدن دانه برنج نیز می‌شود (۷). با محلول‌پاشی سولفات آهن (۰/۱ درصد) به همراه اسید بوریک (۰/۲ درصد) و اسیدهای آمینه (۰/٤ درصد حاوی ۱۸/٦ درصد نیتروژن)، غلظت آهن نسبت به شاهد ۱۸/۹ درصد، مقدار بر و روی ۲٦/۷ درصد و محتوای پروتئین و اسیدآمینه‌های لیزین، ترئونین و آرژینین که برای تغذیه انسان ضروری هستند، به‌طور معنی‌دار در دانه برنج افزایش یافتند (۳۳).

زمان، غلظت و تعداد دفعات محلول‌پاشی در میزان پاسخ به کوددهی موثر است. محلول‌پاشی با غلظت بالاتر از حد توصیه شده می‌تواند به سوختگی برگ‌ها منجر شود (۸). سان و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که محلول‌پاشی برگی نیترات پتاسیم باعث افزایش جذب عناصر N و K در برگ و ساقه برنج، افزایش تعداد خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه و افزایش درصد دانه پر و عملکرد دانه شد (۲۷). آن‌ها بهترین نتیجه را با سه بار محلول‌پاشی به‌دست آوردند. بررسی اثر کودهای بیوشیمیایی (جلبک سبز- آبی، مایع تلقیح آزوسپیریلوم و کود نیتروژن) و زمان مصرف برگی عناصر غذایی در برنج نشان داد که زمان محلول‌پاشی اثر معنی‌داری روی سطح برگ پرچم، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در متر مربع، تعداد دانه پر در خوشه، طول خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک داشت و حداکثر عملکرد از محلول‌پاشی، ٤٥ روز بعد از نشاکاری حاصل شد (۲۵). آلکانتارا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی عناصر غذایی در حضور تمامی سطوح کودی مزرعه‌ای توانست عملکرد برنج را افزایش دهد (۱). آن‌ها گزارش کردند که زمان محلول‌پاشی تاثیر مهمی در افزایش عملکرد داشت و بهترین نتیجه با سه نوبت محلول‌پاشی (یک هفته قبل از گلدهی، زمان گلدهی و یک هفته پس از گلدهی) به‌دست آمد. با توجه به اهمیت محلول‌پاشی عناصر غذایی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی، هدف از این تحقیق بررسی تاثیر محلول‌پاشی برگی کود رویش نو حاوی عنصر ماکرو (NPK) و میکرو

1. The Soil Plant Analysis Development (SPAD) chlorophyll meter
2. Leaf Color Chart

(آهن، منیزیم، بر، مس و روی) بـر عملکـرد، اجـزای عملکرد و صفات زراعی در برنج رقم هاشمی بود.

مواد و روش‌ها

ایـن آزمـایش در قالـب طـرح بلـوک‌هـای کامـل تصادفی با سـه تکـرار روی رقـم هاشـمی در مزرعـه تحقیقاتی موسسه تحقیقات بـرنج کشـور در معاونـت مازنـدران در دو سـال زراعـی ١٣٩٦ و ١٣٩٧ اجـرا گردید. نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکـی و شـیمیایی خاک قطعه مورد آزمایش در جدول ١ آمده است. بـر اساس این جدول، خاک مورد مطالعه از نظر اسیدیتـه خنثی بوده و با توجه به اسیدیته بهینه برنـج که بین ٥/٥ تا ٦/٥ است (٦)، برای برنج مناسب بود. از نظـر میزان ماده آلی نیز خاک مورد آزمایش بـا داشـتن ٢/٨ درصد ماده آلی و نوع رسی لومی بـرای کشـت بـرنج مناسب بود. خاک مورد بحث از نظـر میـزان فسـفر و پتاسیم ضعیف بود، زیرا حداقل مقدار مناسـب فسـفر در خاک ٢٥ پی‌پی‌ام و حداقل مقدار مناسـب پتاسـیم ١٦٥ پی‌پی‌ام است. در نتیجه، بر اساس نتیجـه تجزیـه خاک، میزان ١٥٠ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسـیم، ١٠٠ کیلـوگرم در هکتـار سوپرفسـفات تریپـل و ٧٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبـع کـود اوره (در سه قسمت) به خاک مزرعـه افـزوده شـد. خـاک محل انجام آزمایش بـا توجـه بـه هـدایت الکتریکـی معادل ١/٤٤ دسی‌زیمنس بـر متـر، در آسـتانه شـوری قرار داشت.

جدول ١- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک.

Table 1- Results of physical and chemical analysis of soil.

بافت خاک Soil texture	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون) Available potassium (ppm)	فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون) Available phosphorus (ppm)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	کربنات کلسیم (درصد) CaCl2 (%)	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electric conductivity ($ds.m^{-1}$)	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)
سیلتی لومی Si-L	29	44	27	100	8.5	2.8	37	7	1.44	0-30

بذرپاشی رقم هاشمی در خزانه در نیمه فـروردین ماه سال‌های زراعی ١٣٩٦ و ١٣٩٧ انجام و نشـاها در مرحله چهار برگی به مزرعه اصلی منتقل شدند. اندازه کرت ٤×٣ متر و فاصله بوته‌ها ٢٥×٢٥ سانتی‌متر بـود. به منظور جلوگیری از رشد علف‌هـای هرز و نیـز اختلاط آب کرت‌ها، پوشش نایلونی روی مرزها ایجاد شد. عملیات داشت، شامل آبیاری و مبارزه با آفات و بیماری‌ها برای همه کرت‌ها به‌طـور یکنواخـت انجـام شد. جهت مبارزه با آفت ساقه‌خوار از سـم دیـازینون ١٠ درصد به میزان ١٥ کیلوگرم در هکتار به صـورت گرانول در زمان پیک پرواز پروانـه‌هـا اسـتفاده شـد و برای مبارزه با بلاست نیز از سـم بـیم بـه میـزان ٠/٥ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

تیمارهای آزمایشـی در جـدول ٢ ارائـه شـده‌انـد. ترکیب کودی محلول مـورد تحقیـق (رویـش نـو) در جدول ٣ ارائه شده است. اولین محلول‌پاشـی کـودی یک هفته پس از نشاکاری و محلول‌پاشی‌هـای بعـدی بـه فاصـله یـک‌هفتـه از هـم انجـام شـدند. تمـامی محلول‌پاشـی بـا غلظـت دو در هـزار انجـام شـد. در تیمارهایی که شامل کود پایه بودند کود پایه بر اساس نتایج آزمایش خاک در زمـان آمـاده سـازی و نیـز دو قسمت اوره به صورت سرک به مزرعه اضافه شد.

جدول ۲- عناصر غذایی و غلظت آن‌ها در محلول غذایی دو در هزار مورد استفاده برای محلول‌پاشی برگی.

Table 2- Nutritional elements and their concentration in the 0.002 solution used for spraying.

عناصر غذایی Nutritional elements	نیتروژن Nitrogen	فسفر Phosphorous	پتاس Potassium	روی Zinc	آهن Iron	بر Boron	منیزیم Magnesium	مس Copper
مقدار (میلی‌گرم درکیلوگرم) Amount (mg/kg)	7	7	7	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01

جدول ۳- تیمارهای کودی.

Table 3- Fertilizer treatments.

تیمار Treatment	کود پایه (NPK) Base fertilizer	محلول‌پاشی اول (پنجه‌زنی) First spray (tillering)	محلول‌پاشی دوم (پنجه‌زنی) Second spray (tillering)	محلول‌پاشی سوم (تشکیل سنبله) Third spray (Panicle initiation)	محلول‌پاشی چهارم (توسعه سنبله) Fourth spray (Panicle development)	محلول‌پاشی پنجم (آغاز گلدهی) Fifth spray (flowering initiation)
شاهد (T0) T0 (Control)						
T1	❋					
T2	-	❋				
T3	❋	❋				
T4	❋	❋	❋			
T5	❋	❋	❋	❋		
T6	❋	❋	❋	❋	❋	
T7	❋	❋	❋	❋	❋	❋

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، به‌منظور تعیین شاخص برداشت، بوته‌های ۰/۷۵ مترمربع از هر کرت کف‌بر شد و پس از اندازه‌گیری وزن کل بوته و وزن دانه، شاخص برداشت هر کرت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

رابطه ۱: $HI=(EY/BY)\times 100$

در این رابطه HI: شاخص برداشت، EY: عملکرد اقتصادی و BY: عملکرد بیولوژیکی می‌باشند.

برای تعیین اجزای عملکرد نیز از هر کرت، مساحت ۰/٦۲۵ مترمربع برداشت و صفات مربوطه (وزن هزار دانه، تعداد کل دانه در خوشه و تعداد خوشه در واحد سطح) اندازه‌گیری شدند. علاوه بر صفات مربوط به اجزای عملکرد، صفات سطح برگ پرچم، طول برگ پرچم، وزن تر بوته، وزن خشک بوته، درصد دانه پر، درصد دانه نیمه پر و درصد باروری نیز مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. پس از جداسازی دانه‌های پوک، به منظور شمارش دانه‌های نیمه‌پر (پرنشده)، پس از شمارش، دانه‌ها در آب قرار داده شدند و دانه‌هایی که روی سطح آب باقی مانده بودند، دانه نیمه‌پر محسوب گردیده و شمارش شدند. درصد باروری، از حاصل‌ضرب نسبت تعداد دانه پر به تعداد کل دانه در ۱۰۰ محاسبه شد. در نهایت عملکرد دانه در سطح ۵ مترمربع برای هر کرت و در رطوبت ١٤ درصد تعیین شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشد شامل میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید، عدد SPAD، و شاخص رنگ برگ در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی انجام گردید. برای اندازه‌گیری شاخص رنگ برگ از

چارت رنگ برگ (LCC) استفاده شد که یک دیاگرام شامل ٦ رنگ سبز از شماره ١ تا ٦ می‌باشد که توسط دستگاه کلروفیل متر (SPAD) استاندارد شده است (١٨). برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ (عدد SPAD) از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD-502 (مینولتا- ژاپن) استفاده شد، بدین صورت که پس از برداشت ٠/٣١٢ مترمربع از کرت، حس‌گر دستگاه بر قسمت میانی برگ‌های پرچم بوته‌های برداشت شده قرار داده و عدد خوانده شده توسط دستگاه، ثبت گردید. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل نوع a و b و کاروتنوئیدها از روش آرنون (١٩٦٧) استفاده شد (٢). بدین منظور مقدار نیم گرم از بافت برگ پرچم در هاون چینی با استفاده از نیتروژن مایع خرد و له شد. با افزودن ٢٠ میلی‌لیتر استن ٨٠ درصد، نمونه به مدت ١٠ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ٦٠٠٠ دور در دقیقه قرار داده شد. مقداری از مایع رویی (سوپرناتانت) در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ٦٦٣ نانومتر برای کلروفیل a، و ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل b و ٤٧٠ برای کارتنوئیدها مقدار جذب توسط اسپکتروفتومتر قرائت گردید. در نهایت با استفاده از روابط ٢ تا ٤ میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد (٢).

رابطه ٢:

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 * A663 - 0.86 * A645) V/100W$$

رابطه ٣:

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 * A645 - 3.6 * A663) V/100W$$

رابطه ٤:

$$\text{Carotenoides} = 100 (A470) - 3.27 (\text{mg chl. a}) - 104 (\text{mg chl. b})/227$$

در این روابط V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A: جذب نور در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧٠ نانومتر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشند.

دو هفته پس از آخرین محلول‌پاشی برگی، رنگ برگ با استفاده از چارت رنگ برگ (LCC) با پنج قسمت و با شماره‌های ١ الی ٦ از روشن تا تیره از طریق چشمی تعیین شد (٩). پس از رسیدگی، به میزان پنج متر مربع از بوته‌های هر کرت برداشت شده و عملکرد و اجزای عملکرد شامل وزن هزاردانه، تعداد دانه در خوشه و درصد دانه‌های پر و پوک اندازه‌گیری شد. برای تبعیت از توزیع نرمال، بر روی صفات تعداد دانه پر و پرنشده، مقدار کلروفیل و مقدار کاروتن تبدیل جذری انجام گردید. برای داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ٥ درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ٤) دیده می‌شود، اثر تیمارهای کودی بر تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز طول خوشه معنی‌دار بود که نشان از تاثیر تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه بر رشد و نمو آن داشت. محلول پاشی برگی از طریق افزایش میزان فراهمی، جذب و انتقال عناصر غذایی باعث بهبود رشد، بنیه و فتوسنتز گیاه می‌شود (١١). در مقابل، اثر سال تنها بر صفت SPAD و تعداد دانه‌های پر نشده معنی‌دار بود. اثر متقابل سال × رقم هم بر سه صفت کلروفیل b، میزان کاروتن و وزن هزاردانه معنی‌دار بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب دوساله اثر کودپاشی بر عملکرد و صفات مختلف در برنج رقم هاشمی.

Table 3- Combined analysis of the effects of fertilizers on yield and plant traits of Hashemi rice cultivar over two years.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته height	تعداد پنجه tiller	رنگ برگ LCC	عدد کلروفیل‌متر SPAD	کلروفیل A Chlorophyll A	کلروفیل B Chlorophyll B	کاروتن Carotene
سال Year	1	90.7	7.5	0.02	21.33*	0.002	0.0118	0.0030
خطای ۱ Error1	4	15.7	1.7	0.32	1.66	0.001	0.0023	0.0084
کود Fertilizer	7	13.9**	7.9**	0.88**	73.57**	0.043**	0.0174**	0.4145**
سال× کود Year×Fertilizer	7	19.8	1.0	0.068	1.00	0.002	0.0068**	0.0188**
خطای ۲ Error2	28	13	0.9	0.08	2.64	0.002	0.0010	0.0040
کل Total	47							
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.4	4.68	8.26	4.17	12	9.66	7.1

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب دوساله اثر کودپاشی بر عملکرد و صفات مختلف در برنج رقم هاشمی.

Table 3- Continues - Combined analysis of the effects of fertilizers on yield and plant traits of Hashemi rice cultivar over two years.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	دانه‌های پر Filled grains	دانه‌های پرنشده Unfilled grains	وزن هزاردانه 1000 grains weight	طول پانیکل Length of panicle	عملکرد دانه Paddy yield	سطح‌برگ پرچم Flag leaf area	طول برگ پرچم Flag leaf length	شاخص برداشت Harvest index
سال Year	1	67.6	117.18	652.68	85.33**	5.33	21.33	4680.8	0.0002	20.02	0.18
خطای ۱ Error1	4	1776.7	211.04	297.16	3.85	1.04	30.64	1146.6	0.0079	7.52	4.18
کود Fertilizer	7	10862.5**	647.54**	574.61**	35.71**	11.76**	4.66	660222.0**	0.0206**	41.85**	90.87**
سال× کود Year×Fertilizer	7	425.4	25.42	103.06	12.80	4.00	1.80	1322.7	0.0006	6.97	5.94
خطای ۲ Error2	28	1398.3	52.7	97.19	5.8	1.18	2.26	2458.4	0.0043	4.87	3.23
کل Total	47										
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		13.15	11.93	7.97	18.19	3.92	5.25	15.26	4.82	3.67	3.45

با بررسی جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) دیده می‌شود که تیمارهای کودی و محلول‌پاشی باعث افزایش ارتفاع بوته شدند، به‌طوری‌که میانگین ارتفاع بوته از ۱٤۱/۸ سانتی‌متر در شاهد بدون کود به ۱٥٦/۰ سانتی‌متر در تیمار T4 رسید. بین تیمارهای آزمایشی از نظر تاثیر بر تعداد پنجه نیز اختلافات بسیار معنی‌داری وجود داشت و بیش‌ترین تعداد پنجه با دو نوبت محلول‌پاشی به‌دست آمد (۲۳/۱ پنجه در T4 در مقابل ۱۹/٦ پنجه در T0). شریف و همکاران (۲۰۰٦) نیز گزارش کردند که محلول پاشی با کودهای زیستی نیتروژن‌دار باعث افزایش ارتفاع بوته و تعداد پنجه در بوته‌های برنج گردید (۲۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کودی از نظر صفات اندازه‌گیری شده.

Table 4- Comparison of means of different fertilizers for the studied traits.

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد پنجه Number of Tillers	رنگ برگ LCC	میزان کلروفیل SPAD	کلروفیل A (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll A (mg/g fw*)	کلروفیل B (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll B (mg/g fw)	کاروتن (میلی‌گرم در گرم وزن تر) Carotene (mg/g fw)
T0	141.8d	19.6c	2.58d	31.0c	0.37d	0.302c	0.92c
T1	150.0bc	21.5b	3.50abc	37.0b	0.35d	0.303c	1.03b
T2	147.5c	20.6bc	3.41bc	41.5a	0.28e	0.256d	0.92c
T3	152.3ab	21.0b	3.75ab	41.0a	0.39cd	0.330c	0.97bc
T4	156.0a	23.1a	3.25c	40.3a	0.56a	0.428a	1.40a
T5	149.5bc	20.6bc	3.50abc	40.3a	0.44bc	0.378b	0.63de
T6	154.1ab	19.5c	3.83a	40.5a	0.48b	0.374b	0.68d
T7	151.3bc	21.3b	3.50abc	40.3a	0.38d	0.339bc	0.60e

T0- تیمار فاقد هرگونه کود، T1- شاهد مصرف کود پایه، T2- یک نوبت محلول‌پاشی بدون مصرف کود پایه، T3- یک نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه، T4- دو نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه، T5- سه نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه، T6- چهار نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه و T7- پنج نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه

T0: Check with no fertilizers, T1: Base fertilizers (NPK), T2: One spray with no base fertilizer; T3: One spray +NPK; T4: Two sprays +NPK; T5: Three sprays+NPK; T6: Four sprays +NPK; T7: Five sprays +NPK.
* fresh weight

ادامه جدول ٤- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کودی از نظر صفات اندازه‌گیری شده.

Table 4 continues- Comparison of means of different fertilizers for the studied traits.

تیمار Treatment	وزن خشک بوته (گرم) Dry Weight (g)	تعداد دانه پر Filled grains	تعداد دانه پرنشده Unfilled grains	وزن هزاردانه (گرم) 1000 grains weight (g)	طول پانیکل (سانتی‌متر) Length of panicle (cm)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Paddy yield (kg/ha)	سطح برگ پرچم Leaf area	طول برگ پرچم (سانتی‌متر) Flag leaf length (cm)	شاخص برداشت Harvest index
T0	38.5a	105.0c	17.6a	25.1d	28.0b	3499.1e	1.30c	55.66b	34.3b
T1	40.4a	114.8bc	16.0ab	26.5c	28.1b	3960.7d	1.35bc	56.50b	34.8b
T2	43.0a	120.8ab	13.6bc	27.1bc	28.6b	4065.6c	1.38bc	60.83a	39.9a
T3	39.8a	124.5ab	12.6c	28.1ab	30.6a	4105.7b	1.40b	61.16a	40.2a
T4	41.3a	130.3a	11.1c	29.5a	28.0b	4156.0a	1.48a	62.66a	41.7a
T5	44.5a	132.8a	10.6c	28.1ab	28.8ab	4145.5ab	1.36bc	62.33a	41.1a
T6	43.8a	130.0a	12.5c	28.5ab	28.1b	4133.0ab	1.30c	61.16a	40.6a
T7	44.3a	131.8a	11.6c	28.8a	28.8ab	4125.5ab	1.36bc	61.50a	40.1a

T0- تیمار فاقد هرگونه کود، T1- شاهد مصرف کود پایه، T2- یک نوبت محلول‌پاشی بدون مصرف کود پایه، T3- یک نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه، T4- دو نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه، T5- سه نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه، T6- چهار نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه و T7- پنج نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه.

T0: Check with no fertilizers, T1: Base fertilizers (NPK), T2: One spray with no base fertilizer; T3: One spray +NPK; T4: Two sprays +NPK; T5: Three sprays+NPK; T6: Four sprays +NPK; T7: Five sprays +NPK.

در شرایط مزرعه‌ای، افزایش کود نیتروژن معمول ترین و موثرترین روش برای افزایش تعداد پنجه در برنج به شمار می‌رود، زیرا نیتروژن مقدار سیتوکینین را در گره های پنجه افزایش داده و زایش آغازه پنجه را افزایش می‌دهد (١٥). افزایش تعداد پنجه رابطه مثبتی با میزان تولید بیوماس و عملکرد

دانه در برنج دارد (۵). با این حال، پنجه هایی که دیرتر تشکیل می‌شوند در مقایسه با پنجه‌های قدیمی‌تر عملکرد کم‌تری تولید می‌کنند. کمبود منبع غذایی مهم‌ترین عامل در کاهش تولید در این پنجه‌هاست و با بهبود تغذیه گیاه می‌توان عملکرد این پنجه‌ها را بهبود بخشید (۳۰). تعداد پنجه مناسب در برنج حدود ۱۵ عدد گزارش شده است و در تعداد پنجه بیش‌تر، رقابت بین پنجه‌ها باعث کاهش عملکرد می‌شود (۲۸).

استفاده از محلول‌پاشی باعث تیره‌تر شدن رنگ برگ (LCC) شد که نشان‌دهنده افزایش میزان کلروفیل برگ بوده و به‌نوبه خود می‌تواند باعث افزایش جذب انرژی خورشیدی گردد. بر اساس گزارشات، عدد ٤ در نمودار رنگ برگ عدد بحرانی برای کوددهی محسوب شده و در مقادیر کم‌تر از آن، نیاز به کود نیتروژنه وجود دارد (نحوی و صبوری ۱۳۸۸). معیار دیگر برای تعیین میزان نیتروژن گیاه و برگ، عدد کلروفیل‌متر (SPAD) می‌باشد، که هرچه مقدار آن بالاتر باشد نشانه حضور کلروفیل بیشتر و فراهمی بالاتر نیتروژن است (۱۳ و ۲۱). عدد بحرانی SPAD برای رقم هاشمی ۳۵ و برای رقم خزر ۳۷/۵ گزارش شده است (۱۸). در این آزمایش کود پایه توانست میزان SPAD را به مقدار حداقل لازم بحرانی (۳۷) برساند، اما محلول‌پاشی به همراه کود پایه باعث افزایش بیش‌تر مقدار SPAD (بالاتر از ٤٠) گردید. تیمارهای محلول‌پاشی از نظر میزان SPAD مشابه بوده و برتر از دو تیمار دیگر بودند. رائو و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که محلول‌پاشی کود نیتروژنه باعث افزایش سبزی برگ و عدد SPAD در ذرت شد (۲۳). براساس گزارش آن‌ها، محلول‌پاشی با کود نیتروژن‌دار می‌تواند با افزایش میزان کلروفیل در برگ‌ها، میزان خسارت ناشی از غرقاب را کاهش دهد (۲۳). لی و همکاران (۱۹۹۸) پیشنهاد کردند با توجه به اینکه میزان کلروفیل برگ رابطه نزدیکی با محتوای نیتروژن برگ دارد، از اعداد SPAD می‌توان برای تخمین مقدار نیتروژن برگ استفاده کرد و بنابراین، می‌تواند مبنایی برای توسعه روش ها و برنامه‌های دقیق کودی شود (١٤).

در مورد کلروفیل نوع a بالاترین مقدار آن در تیمار دو نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه (T4) و پس از آن در تیمارهای T5 و T6 دیده شد. همین موضوع در خصوص میزان کلروفیل نوع b هم صادق بود. همچنین، تیمار محلول‌پاشی T4 باعث تولید بیش‌ترین مقدار کاروتن در برگ‌ها نیز گردید و دفعات بالای محلول‌پاشی میزان کاروتن را به شدت کاهش داد. کودهای نیتروژن‌دار تاثیرات زیادی بر رشد گیاه و میزان کلروفیل داشته و باعث افزایش میزان بتا کاروتن در گیاهان می‌شوند (۳). محلول‌پاشی با کود پتاسیم نیز میزان بتاکاروتن را افزایش می‌دهد (۱۰).

تیمار T5 بالاترین وزن خشک بوته (۳۸/۳ گرم) را در بین تیمارها داشت و کلیه تیمارهای محلول‌پاشی بالاتر از شاهد بدون کود قرار گرفتند که کم‌ترین میزان وزن خشک بوته (۲۰/۱ گرم) را تولید کرد. محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار طول و سطح برگ پرچم نسبت به شاهد و تیمار کود پایه نیز شد. بیش‌ترین مقدار طول و سطح برگ پرچم در چهار بار محلول‌پاشی (٦٢/٦٦ سانتی‌متر) و کم‌ترین آن در شاهد (٥٥/٦٦ سانتی‌متر) مشاهده شد. این نتیجه مشابه گزارش شریف و همکاران (۲۰۰٦) است (۲۵).

استفاده از محلول‌پاشی کودی تعداد دانه‌های پر را نیز به صورت معنی‌داری افزایش داد و این تاثیر با افزایش دفعات محلول‌پاشی بیش‌تر شد و تعداد دانه‌های پوک هم در مقابل کاهش یافت. وزن هزاردانه نیز با افزایش دفعات محلول‌پاشی افزایش محسوسی پیدا کرد و از ۲۵/۱ گرم در تیمار شاهد بدون

محلول‌پاشی تا ۲۹/۵ گرم در تیمار ۲ بار محلول‌پاشی در حضور کود پایه بالا رفت. شریف و همکاران (۲۰۰٦) نیز تاثیر مثبت محلول‌پاشی بر تعداد دانه‌ی پر، وزن هزاردانه، طول خوشه و عملکرد بیولوژیک را گزارش کرده اند (۲۵). ساراندون و آزبورنو (۱۹۹٦) هم گزارش کردند که محلول‌پاشی اوره در زمان گلدهی باعث افزایش تعداد دانه‌ی پر شد هرچند تغییری در وزن دانه مشاهده نکردند (٢٤).

محلول‌پاشی برگی تاثیر بسیار معنی‌داری بر عملکرد محصول داشت. پایین‌ترین عملکرد محصول (۳٤۹۹/۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد بدون کود دیده شد و با افزایش دفعات محلول‌پاشی میزان عملکرد نیز بالاتر رفت، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار محصول با دو نوبت و بیش‌تر محلول‌پاشی در حضور کود پایه به‌دست آمد و تا ٤١٥٦/۰ کیلوگرم در هکتار رسید. محلول‌پاشی کودی باعث افزایش شاخص برداشت نیز شد. دفعات دو نوبت یا بیش‌تر محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به دو تیمار شاهد و یک نوبت محلول‌پاشی شدند. تحقیقات دیگری نیز افزایش عملکرد دانه در اثر محلول‌پاشی را گزارش کرده‌اند (۱۲، ۲۵). ساراندون و آزبورنو (۱۹۹٦) گزارش کردند که محلول‌پاشی برگی اوره باعث افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت و میزان پروتئین دانه در برنج شد (٢٤). شایگانی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که پنج نوبت محلول پاشی برگی با کود مایع مخلوط در کشت مستقیم برنج، حداکثر کارایی را داشت و باعث افزایش تعداد پانیکل، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شد و همچنین، محلول‌پاشی با کود مایع میزان بلاست را نیز به حداقل رساند (٢٦). تعداد دفعات بهینه محلول‌پاشی کودهای برگی بر اساس ترکیب محلول کودی و غلظت عناصر موجود در آن، رقم گیاهی مورد استفاده و نوع کشت می‌تواند متفاوت باشد، اما در مجموع، به نظر می‌رسد محلول پاشی در زمان رشد زایشی تاثیر بیش‌تری در افزایش عملکرد برنج داشته باشد.

نتیجه‌گیری کلی

استفاده از کود محلول در این آزمایش توانست با افزایش میزان کلروفیل برگ‌ها و بهبود اجزای عملکرد، یعنی با افزایش تعداد پنجه، افزایش باروری گلچه‌ها و تعداد دانه پر و افزایش وزن دانه عملکرد برنج رقم هاشمی را در حضور کود پایه به‌طور معنی‌داری بهبود بخشد. در این بین، تعداد دانه پر با بیش از ۳۰ درصد افزایش، بیش‌ترین تاثیرپذیری مثبت را از محلول‌پاشی نشان داد. وزن هزاردانه نیز حدود ۱۵ درصد بهبود یافت. در مقابل، محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک بوته نداشت. برآیند این موارد، باعث بهبود ۲۰ درصدی شاخص برداشت گردید. در این آزمایش، عملکرد و صفات وابسته به آن، با دو نوبت محلول‌پاشی به مقدار بیشینه رسیدند و افزایش دفعات محلول‌پاشی تاثیر معنی‌داری بر افزایش آن‌ها نداشت و تنها باعث افزایش هزینه‌ها گردید. لذا تیمار دو نوبت محلول‌پاشی به همراه کود پایه (T4) در این آزمایش به عنوان تیمار برتر معرفی می‌گردد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاری موسسه تحقیقات برنج کشور – معاونت مازندران (آمل) به‌جهت در اختیار قراردادن زمین زراعی و امکانات و نیز همکاری در اجرای آزمایش تشکر می‌گردد. همچنین، از آقای دکتر محمد محمدیان عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران به جهت همکاری و راهنمایی‌های ارزنده‌شان تشکر می‌نماییم.

References

1. Alcantara, J.M., Banayo, N.P.M.C., and Santa Cruz, P.C. 2010. Appropriate timing of foliar fertilizer application as part of cost-reducing nutrient management strategy in lowland rice production. Philippine J Crop Sci. 35:114.
2. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron. J. 23: 112-121.
3. Chenard, C.H., Kopsell, D.A., and Kopsell, D.E. 2005. Nitrogen concentration affects nutrient and carotenoid accumulation in parsley. J. Plant Nut 28: 2. 285-297.
4. Dehaghi, M., Amini Agahi, K., and Kiani, S. 2018. Agromorphological response of rice (*Oryza sativa* L.) to foliar application of potassium silicate. Biharean Biologist. 12: 1. 33-36.
5. Deng, F., Wang, L., Ren, W.J., Mei, X.F., and Li, S.X. 2015. Optimized nitrogen managements and poly aspartic acid urea improved dry matter production and yield of Indica hybrid rice. Soil Till. Res. 145: 1-9.
6. Elisa Azura, A., Shamshuddin, J., and Fauziah, C.I. 2011. Root elongation, root surface area and organic acid exudation by rice seedling under Al3+ and/or H+ stress. American J. Agr. Biol. Sci. 6: 3. 324-331.
7. Fang, Y., Wang, L., Xin, Z., Zhao, L., An, X., and Hu, Q. 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. J Agric. Food Chem. 56: 6. 2079-2084.
8. Ghoneim, A. M. 2016. Effect of different methods of Zn application on rice growth, yield and nutrients dynamics in plant and soil. J Agr Ecol. Res. Int. 6: 2. 1-9.
9. IRRI. 1996. Standard evaluation system for rice (4th edition). IRRI. Manila. Philippines
10. Jifon, J., and Lester, G. 2009. Foliar potassium fertilization improves fruit quality of field-grown muskmelon on calcareous soils in south Texas. J. Sci. Food Agric. 89: 14. 2452-2460.
11. Jothi, M., Keerthana, P., Gomathi, S., Priya, B., Ramesh, T., and Rathika, S. 2019. Effect of foliar spray of potassium on rice under sodic soil. Farma Innov. J. 8: 8. 244-247.
12. Kavitha, M.P., Ganesaraja, V., and Paulpandi, V.K. 2008. Effect of foliar spraying of sea weed extract on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). Agr. Sci. Digest. 28: 2. 150-156.
13. Ladha, J.K., Pathak, H., Krupnik, T.J., Six, J., and van Kessel, C. 2005. Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production: retrospects and prospects. Adv. Agron. 87: 85-156.
14. Li, Y.C., Alva, A.K., Calvert, D.V., and Zhang, M. 1998. A rapid nondestructive technique to predict leaf nitrogen status of grapefruit tree with various nitrogen fertilization practices. Hort. Technol. 8: 1. 81-86.
15. Liu, Y., Ding, Y.F., Wang, Q.S., Meng, D.X., and Wang, S.H. 2011. Effects of nitrogen and 6-benzylaminopurine on rice tiller bud growth and changes in endogenous hormones and nitrogen. Crop Sci. 51: 2. 786-792.
16. Madani Rad, M. 2015. Changes in agricultural inputs market of Iran (Chemical fertilizers). Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute (APERDRI), Ministry of Agriculture-Jahad, Tehran, Iran. (RP-94-41). (In Persian)
17. Mohammadian, M., Soodaee Mashaee, S., and Karbalaee, M. T. 2010. Foliar application effects of micro, macro nutrients and growth promoting fertilizers (produced by Elfer Co.) on yield and yield components of rice. Final Report No. 89/768. Rice Research Institute of Iran. (In Persian)
18. Nahvi, M., and Sabouri, H. 2009. Determination of best method of partitioning N fertilizer by using leaf color chart (LCC) and chlorophyll meter (SPAD) in rice. Electronic J. Crop Prod. 2: 3. 55-68. (In Persian)
19. Noreen, S., Fatima, Z., Ahmad, S., and Ashraf, M. 2018. Foliar application of micronutrients in mitigating abiotic stress in crop plants. In: Hasanuzzaman,

M., Fujita, M., Oku, H., Nahar, K., and Hawrylak-Nowak, B. (eds), Plant nutrients and abiotic stress tolerance. Singapore: Springer, 95-117.
20. Ntanson, D.A., and Koutroubas, S.D. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. Field Crops Res. 74: 1. 93-101.
21. Peng, S., Cassman, K.G., and Kropff, M.J. 1995. Relationship between leaf photosynthesis and nitrogen content of field-grown rice in tropics. Crop Sci. 35: 6. 1627-1630.
22. Rajasekar, M., Udhaya-Nandhini, D., and Suganthi, S. 2017. Supplementation of mineral nutrients through foliar spray-a review. Int. J. Curr. Microbiol Appl. Sci. 6: 3. 2504-2513.
23. Rao, R., Li, Y., Bryan, H.H., Reed, S.T., and D'Ambrosio, F. 2002. Assessment of foliar sprays to alleviate flooding injury in corn (*Zea mays* L.). Proceedings of the Florida State Horticultural Society. 115: 208-211.
24. Sarandón, S.J., and Asborno, M.D. 1996. Foliar urea spraying in rice (*Oryza sativa* L.). effects of time of application on grain yield and protein content. Cereal Res. Commun. 24: 4. 507-514.
25. 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 on growth, yield and yield components of rice. J Agron. 5: 2. 212-219.
26. Shaygany, J., Peivandy, N., and Ghasemi, S.H. 2012. Increased yield of direct seeded rice (*Oryza sativa* L.) by foliar fertilization through multi-component fertilizers. Arch. Agron. Soil Sci. 58: 10. 1091-1098.
27. Son, T.T., Anh, L.X., Ronen, Y., and Holwerda, H.T. 2012. Foliar potassium nitrate application for paddy rice. Better Crops. 96: 1. 29-31.
28. Surekha, Y.P, Radhakrishnan, V.V., and Mohanan, K.V. 2016. The importance of optimum tillering in rice–an overview. South Indian J. Biol. Sci. 2: 1. 125-127.
29. USDA. 2020. Rice yearbook: world supply, utilization, and trade. http://www.ers.usda.gov/data-products/rice-yearbook.aspx
30. Wang, Y., Lu, J., Ren, T., Hussain, S., Guo, C., Wang, S., Cong, R., and Li, X. 2017. Effects of nitrogen and tiller type on grain yield and physiological responses in rice. AoB Plants. 9: 2. plx012.
31. Weinbaum, S.A., Brown, P.H., and Johnson R.S. 2002. Application of selected macronutrients (N, K) in deciduous orchards: physiological and agro-technical perspectives. Acta Hortic. 594: 59-64.
32. Yarnia M., Farajzadeh, E., Rezaie, F., Ahmadzadeh, V., and Nobari, N. 2009. Effect of micro elements application method on monogerm sugarbeet cv. Rasul production. J. Crop Ecophysiol.3: 10. 25-38. (In Persian)
33. Zhang, J., Wang, M., Wu, L., Wu, J., and Shi, C. 2008. Impacts of combination of foliar iron and boron application on iron biofortification and nutritional quality of rice grain. J. Plant Nutr. 31: 9. 1599-1611.