



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

بهروز احسانی آملی<sup>۱</sup>، علیرضا نبی‌پور<sup>۲\*</sup>، توفیق احمدی<sup>۳</sup>، امیرعباس موسوی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران

<sup>۲</sup>استادیار، موسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران

<sup>۳</sup>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 تأثیر 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 تأثیرات مثبتی بر عملکرد دانه، درصد دانه پر، وزن هزاردانه،

\*مسئول مکاتبه: [ali\\_reza\\_54@yahoo.com](mailto:ali_reza_54@yahoo.com)

طول خوشه، میزان کلروفیل برگ، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک نشان داد. بهترین عملکرد دانه (۴۱۵۶/۰ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری شامل دو نوبت (T4) محلول‌پاشی با غلظت ۲ 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 میزان عملکرد آن را افزایش دهد. نکته مهم این آزمایش اثبات تاثیر مثبت محلول‌پاشی برگی بر افزایش عملکرد در حضور کود پایه بود.

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

### مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.)، پس از گندم، به عنوان مهم‌ترین محصول زراعی کشور به‌شمار رفته و جایگاه ویژه‌ای در سبد غذایی مردم دارد. با توجه به افزایش جمعیت، بالا رفتن میزان مصرف سرانه، و هم‌زمان با آن، کاهش سطح زیر کشت برنج، نیاز به افزایش تولید در واحد سطح بیش از پیش احساس می‌شود. از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۹، سطح زیر کشت برنج در دنیا تنها ۱۴ درصد افزایش داشته است، در حالی که میزان تولید جهانی در این مدت ۸۸ درصد رشد داشته است (۲۹). این افزایش تولید مدیون اصلاح و معرفی ارقام پرمحصول و اعمال مدیریت‌های زراعی، به‌ویژه تغذیه مناسب است (۲۰). موانع مهم در افزایش عملکرد برنج شامل پایین بودن حاصلخیزی خاک، خسارت‌آفات و بیماری‌ها، کمبود و قیمت بالای نهاده‌ها می‌باشد (۲۷).

رویکرد استفاده از فرآورده‌های جدید کودی از قبیل کودهای مایع، به‌خصوص کودهای مایع حاوی عناصر کم‌مصرف یا مواد محرک رشد گیاه، راهکاری در جهت افزایش عملکرد می‌باشد. محلول‌پاشی کودی، مکمل کودهای پایه و تکنیکی موثر جهت ارتقای رشد و توان گیاهان زراعی از طریق جذب سریع و سرعت بخشیدن به انتقال عناصر جذب شده از برگ‌ها به اندام‌های مختلف می‌باشد (۳۲). افزایش عملکرد با استفاده از عناصر کم‌مصرف، از قبیل بُر، مس، منگنز، آهن و روی در بخش‌های وسیعی از دنیا

گزارش شده است (۲۲). با آنکه گیاه به مقدار کمی از عناصر کم‌مصرف احتیاج دارد، ولی کمبود آن‌ها عملکرد را محدود می‌نماید. با این وجود، عدم تناسب ترکیب محلول کودی و یا مصرف بیش از اندازه آن می‌تواند منجر به سوختگی و لوله شدن برگ‌ها شده و باعث کاهش عملکرد گیاه شود.

کودهای ریزمغذی چهار درصد از کل کودهای مصرفی در جهان را تشکیل می‌دهند، اما در ایران این مقدار در حدود ۰/۱۷ درصد است (۱۶). یکی از جنبه‌های کشاورزی پایدار، حفظ و بهبود حاصلخیزی و کیفیت خاک می‌باشد، که از طریق متعادل‌سازی و مصرف بهینه کودهای پرمصرف و کم‌مصرف جهت افزایش تولید در واحد سطح و بهبود کیفی محصول و حفظ محیط‌زیست حاصل می‌گردد. با محلول‌پاشی کودهای مایع، رشد رویشی، عملکرد و کیفیت محصول ارتقا یافته، مصرف کودهای شیمیایی در خاک و اثرات متعاقب این مصرف، همچون آلودگی آب‌های زیرزمینی و تخریب ساختمان خاک، کاهش می‌یابد (۱۷).

با وجود اینکه در محلول‌پاشی کودی جذب مواد غذایی با سرعت و کارآمدی بالاتری نسبت به کوددهی پایه صورت گرفته و سرعت انتقال مواد غذایی به دانه‌ها هم بیشتر است، اما به دلیل اینکه در این روش کود همانند کوددهی پایه قابلیت ذخیره‌سازی و استفاده در زمان مناسب از طرف گیاه را ندارد، لذا بسیار مهم است که محلول‌پاشی در زمان

نسبت به شاهد ۱۸/۹ درصد، مقدار بر و روی ۲۶/۷ درصد و محتوای پروتئین و اسید آمینه‌های 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 برگ‌گی 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 آزوسپیریوم و کود نیتروژن) و زمان مصرف برگ‌گی 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، ۴۵ 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 تأثیر 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 تأثیر محلول‌پاشی برگ‌گی کود رویش نو حاوی عنصر ماکرو (NPK) و میکرو

مناسب صورت گیرد (۸). برای اینکه کوددهی برگ‌گی 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)<sup>۱</sup> و نمودار رنگ برگ<sup>۲</sup> (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 برگ‌گی 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 برگ‌گی 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 (۴). 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 (۰/۴ درصد حاوی ۱۸/۶ درصد نیتروژن)، غلظت آهن

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

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

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی رقم هاشمی در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور در معاونت مازندران در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا گردید. نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است. بر اساس این جدول، خاک مورد مطالعه از نظر اسیدیته خنثی بوده و با توجه به اسیدیته بهینه برنج که بین ۵/۵ تا ۶/۵ است (۶)، برای برنج مناسب بود. از نظر میزان ماده آلی نیز خاک مورد آزمایش با داشتن ۲/۸

درصد ماده آلی و نوع رسی لومی برای کشت برنج مناسب بود. خاک مورد بحث از نظر میزان فسفر و پتاسیم ضعیف بود، زیرا حداقل مقدار مناسب فسفر در خاک ۲۵ پی‌پی‌ام و حداقل مقدار مناسب پتاسیم ۱۶۵ پی‌پی‌ام است. در نتیجه، بر اساس نتیجه تجزیه خاک، میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کود اوره (در سه قسمت) به خاک مزرعه افزوده شد. خاک محل انجام آزمایش با توجه به هدایت الکتریکی معادل ۱/۴۴ دسی‌زیمنس بر متر، در آستانه شوری قرار داشت.

جدول ۱- 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 (%)	فسفر قابل	کربن آلی	کربنات کلسیم (درصد) CaCl2 (%)	pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electric conductivity (ds.m <sup>-1</sup> )	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)	
				جذب (قسمت در میلیون) Available potassium (ppm)	جذب (قسمت در میلیون) Available phosphorus (ppm)			کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)		
سیلنی لومی Si-L	29	44	27	100	8.5	2.8	37	7	1.44	0-30

برای مبارزه با بلاست نیز از سم بیم به میزان ۰/۵ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده‌اند. ترکیب کودی محلول مورد تحقیق (رویش نو) در جدول ۳ ارائه شده است. اولین محلول‌پاشی کودی یک هفته پس از نشاکاری و محلول‌پاشی‌های بعدی به فاصله یک‌هفته از هم انجام شدند. تمامی محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار انجام شد. در تیمارهایی که شامل کود پایه بودند کود پایه بر اساس نتایج آزمایش خاک در زمان آماده سازی و نیز دو قسمت اوره به صورت سرک به مزرعه اضافه شد.

بذرپاشی رقم هاشمی در خزانه در نیمه فروردین ماه سال‌های زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ انجام و نشاها در مرحله چهار برگی به مزرعه اصلی منتقل شدند. اندازه کرت ۳×۴ متر و فاصله بوته‌ها ۲۵×۲۵ سانتی‌متر بود. به منظور جلوگیری از رشد علف‌های هرز و نیز اختلاط آب کرت‌ها، پوشش نایلونی روی مرزها ایجاد شد. عملیات داشت، شامل آبیاری و مبارزه با آفات و بیماری‌ها برای همه کرت‌ها به‌طور یکنواخت انجام شد. جهت مبارزه با آفت ساقه‌خوار از سم دیازینون ۱۰ درصد به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار به صورت گرانول در زمان پیک پرواز پروانه‌ها استفاده شد و

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

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

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

جدول ۳- تیمارهای کودی.

Table 3- Fertilizer treatments.

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

بوته، درصد دانه پر، درصد دانه نیمه پر و درصد باروری نیز مورد اندازه گیری قرار گرفتند. پس از جداسازی دانه های پوک، به منظور شمارش دانه های نیمه پر (پرنشده)، پس از شمارش، دانه ها در آب قرار داده شدند و دانه هایی که روی سطح آب باقی مانده بودند، دانه نیمه پر محسوب گردیده و شمارش شدند. درصد باروری، از حاصل ضرب 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 ۱۴ درصد تعیین شد.

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

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، به منظور تعیین شاخص برداشت، بوته های ۰/۷۵ مترمربع از هر کرت کفبر شد و پس از اندازه گیری وزن کل بوته و وزن دانه، شاخص برداشت هر کرت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$HI = (EY/BY) \times 100$$

رابطه ۱:

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

برای تعیین اجزای عملکرد نیز از هر کرت، مساحت ۰/۶۲۵ مترمربع برداشت و صفات مربوطه (وزن هزار دانه، تعداد کل دانه در خوشه و تعداد خوشه در واحد سطح) اندازه گیری شدند. علاوه بر صفات مربوط به اجزای عملکرد، صفات سطح برگ پرچم، طول برگ پرچم، وزن تر بوته، وزن خشک

در این روابط V: حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)، A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر و W: وزن تر نمونه بر حسب گرم می‌باشند.

دو هفته پس از آخرین محلول‌پاشی برگ‌گی، رنگ برگ با استفاده از چارت رنگ برگ (LCC) با پنج قسمت و با شماره‌های ۱ الی ۶ از روشن تا تیره از طریق چشمی تعیین شد (۹). 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 پر نشده، 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 ۵ درصد انجام گردید.

### نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) دیده می‌شود، اثر تیمارهای کودی بر تمامی صفات مورد مطالعه به جز طول خوشه معنی‌دار بود که نشان از تاثیر تامین مواد غذایی مورد نیاز گیاه بر رشد و نمو آن داشت. محلول‌پاشی برگ‌گی از طریق افزایش میزان فراهمی، جذب و انتقال عناصر غذایی باعث بهبود رشد، بنیه و فتوسنتز گیاه می‌شود (۱۱). 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.

چارت رنگ برگ (LCC) استفاده شد که یک دیاگرام شامل ۶ رنگ سبز از شماره ۱ تا ۶ می‌باشد که توسط دستگاه کلروفیل متر (SPAD) استاندارد شده است (۱۸). برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ (عدد SPAD) از دستگاه کلروفیل متر SPAD-502 (مینولتا-ژاپن) استفاده شد، بدین صورت که پس از برداشت ۰/۳۱۲ 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 (۱۹۶۷) استفاده شد (۲). بدین منظور مقدار نیم گرم از بافت برگ پرچم در هاون چینی با استفاده از نیتروژن مایع خرد و له شد. با افزودن ۲۰ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد، نمونه به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. مقداری از مایع رویی (سوپرناتانت) در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس به طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، و ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کاروتنوئیدها مقدار جذب توسط اسپکتروفتومتر قرائت گردید. در نهایت با استفاده از روابط ۲ تا ۴ میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه محاسبه شد (۲).

رابطه ۲:

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

رابطه ۳:

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

رابطه ۴:

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

بهبود احسانی آملی و همکاران

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 کلروفیل متر 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	df	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	دانه‌های پر Filled grains	دانه‌های پرنده Unfilled grains	وزن هزاردانه 1000 grains weight	طول پانیکل Length of panicle	عملکرد دانه Paddy yield	سطح برگ 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	66022.0**	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

معنی‌داری وجود داشت و بیش‌ترین تعداد پنجه با دو نوبت محلول‌پاشی به‌دست آمد (۲۳/۱) پنجه در T4 در مقابل ۱۹/۶ پنجه در T0). شریف و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی با کودهای زیستی نیتروژن‌دار باعث افزایش ارتفاع بوته و تعداد پنجه در بوته‌های برنج گردید (۲۵).

با بررسی جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) دیده می‌شود که تیمارهای کودی و محلول‌پاشی باعث افزایش ارتفاع بوته شدند، به‌طوری‌که میانگین ارتفاع بوته از ۱۴۱/۸ سانتی‌متر در شاهد بدون کود به ۱۵۶/۰ سانتی‌متر در تیمار T4 رسید. بین تیمارهای آزمایشی از نظر تاثیر بر تعداد پنجه نیز اختلافات بسیار

جدول ۴- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کودی از نظر صفات اندازه گیری شده.

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

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی متر) Height (cm)	تعداد پنجه Number of Tillers	رنگ برگ LCC	میزان کلروفیل SPAD	کلروفیل A (میلی گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll A (mg/g fw)	کلروفیل B (میلی گرم در گرم وزن تر) Chlorophyll B (mg/g fw)	کاروتن (میلی گرم 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 محلول پاشی بدون مصرف کود پایه، T3- یک نوبت محلول پاشی به همراه کود پایه، T4- دو نوبت محلول پاشی به همراه کود پایه، T5- سه نوبت محلول پاشی به همراه کود پایه، T6- چهار نوبت محلول پاشی به همراه کود پایه و T7- پنج نوبت محلول پاشی 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 ۴- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف کودی از نظر صفات اندازه گیری 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 پر نشده Unfilled grains	وزن هزاردانه (گرم) 1000 grains weight (g)	طول پانیکل (سانتی متر) Length of panicle (cm)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Paddy yield (kg/ha)	طول برگ پرچم (سانتی متر) Flag leaf length (cm)	شاخص برداشت Harvest index
T0	38.5a	105.0c	17.6a	25.1d	28.0b	3499.1e	55.66b	34.3b
T1	40.4a	114.8bc	16.0ab	26.5c	28.1b	3960.7d	56.50b	34.8b
T2	43.0a	120.8ab	13.6bc	27.1bc	28.6b	4065.6c	60.83a	39.9a
T3	39.8a	124.5ab	12.6c	28.1ab	30.6a	4105.7b	61.16a	40.2a
T4	41.3a	130.3a	11.1c	29.5a	28.0b	4156.0a	62.66a	41.7a
T5	44.5a	132.8a	10.6c	28.1ab	28.8ab	4145.5ab	62.33a	41.1a
T6	43.8a	130.0a	12.5c	28.5ab	28.1b	4133.0ab	61.16a	40.6a
T7	44.3a	131.8a	11.6c	28.8a	28.8ab	4125.5ab	61.50a	40.1a

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

سیتوکینین را در گره های پنجه افزایش داده و زایش  
آغازه پنجه را افزایش می دهد (۱۵). افزایش تعداد  
پنجه رابطه مثبتی با میزان تولید بیوماس و عملکرد

در شرایط مزرعه ای، افزایش کود نیتروژن معمول  
ترین و موثرترین روش برای افزایش تعداد پنجه  
در برنج به شمار می رود، زیرا نیتروژن مقدار



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 روش‌ها و برنامه‌های دقیق کودی شود (۱۴).

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 (۶۲/۶۶ سانتی‌متر) و کم‌ترین آن در شاهد (۵۵/۶۶ سانتی‌متر) مشاهده شد. این نتیجه مشابه گزارش شریف و همکاران (۲۰۰۶) 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

دانه در برنج دارد (۵). با این حال، پنجه‌هایی 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 ۴ 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 ۴۰) گردید. تیمارهای محلول‌پاشی از نظر میزان SPAD مشابه بوده و برتر از دو تیمار دیگر بودند. راثو 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

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 بیش تری در افزایش عملکرد برنج داشته باشد.

### نتیجه گیری 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 محلول پاشی نشان داد. وزن هزاردانه نیز حدود ۱۵ درصد بهبود یافت. در مقابل، محلول پاشی 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 محلول پاشی به مقدار بیشینه رسیدند و افزایش دفعات محلول پاشی تاثیر معنی‌داری بر افزایش آن‌ها نداشت و تنها باعث افزایش هزینه‌ها گردید. لذا تیمار دو نوبت محلول پاشی به همراه کود پایه (T4) در این آزمایش به عنوان تیمار برتر معرفی می‌گردد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری موسسه تحقیقات برنج کشور - معاونت مازندران (آمل) به جهت 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 می‌نمایم.

محلول پاشی تا ۲۹/۵ گرم در تیمار ۲ بار محلول پاشی در حضور کود پایه بالا رفت. شریف و همکاران (۲۰۰۶) نیز تاثیر مثبت محلول پاشی بر تعداد دانه‌ی پر، وزن هزاردانه، طول خوشه و عملکرد بیولوژیک را گزارش کرده‌اند (۲۵). ساران‌دون و آزیورنو (۱۹۹۶) هم گزارش کردند که محلول پاشی اوره در زمان گلدهی باعث افزایش تعداد دانه‌ی پر شد هرچند تغییری در وزن دانه مشاهده نکردند (۲۴).

محلول پاشی برگی تاثیر بسیار معنی‌داری بر عملکرد محصول داشت. پایین‌ترین عملکرد محصول (۳۴۹۹/۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد بدون کود دیده شد و با افزایش دفعات محلول پاشی میزان عملکرد نیز بالاتر رفت، به طوری که بیش‌ترین مقدار محصول با دو نوبت و بیش‌تر محلول پاشی در حضور کود پایه به‌دست آمد و تا ۴۱۵۶/۰ کیلوگرم در هکتار رسید. محلول پاشی کودی باعث افزایش شاخص برداشت نیز شد. دفعات دو نوبت یا بیش‌تر محلول پاشی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به دو تیمار شاهد و یک نوبت محلول پاشی شدند. تحقیقات دیگری نیز افزایش عملکرد دانه در اثر محلول پاشی را گزارش کرده‌اند (۱۲، ۲۵). ساران‌دون و آزیورنو (۱۹۹۶) گزارش کردند که محلول پاشی برگی اوره باعث افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت و میزان پروتئین دانه در برنج شد (۲۴). 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، محلول پاشی با کود مایع میزان بلاست را نیز به حداقل رساند (۲۶). تعداد دفعات بهینه محلول پاشی کودهای برگی بر اساس ترکیب محلول کودی و غلظت عناصر

### 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 Al<sup>3+</sup> and/or H<sup>+</sup> 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 (4<sup>th</sup> 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 Mashae, 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 Asborn, 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 Hort.* 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.