تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۲، شماره ۸، آبان ۱۴۰۰ (ص ۲۰۳۳-۲۰۱۹)
DOI: 10.22059/ijswr.2021.313450.668799
(علمی – پژوهشی)

The Effect of Zinc and Phosphorus Foliar Application on Morphological Characters, Grain Yield and Yield Components of Two Rice Varieties (Hashemi (Local) and Shiroodi (Improved))

SHAHRAM MAHMOUD SOLTANI[1*], MOHAMMAD TAGHI KARBALAI AGHA MOLKI[2], MEHRZAD ALLAGHOLIPOOR[1], MASOOD KAVOOSI[1], ABBAS SHAHDI KUMELH[1]

1. Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
2. Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Amol, Iran.

(Received: Nov. 17, 2020- Revised: July. 11, 2021- Accepted: July. 19, 2021)

ABSTRACT

Phosphorus (P) as the second most important macronutrients and zinc (Zn) as the most important micronutrient that the effects due their deficiency causes the most widespread nutrienal disorders in the world paddy fields. The current study conducted to invetstigate the effect of Zn and P foliar application on the morphological characters, yield and yield component of two rice varieties (Hashemi and Shiroudi). The three factors factorial experiment was conducted in a completely randomized blocks design with three replications at rice research institute of Iran (Deputy of Amol) in 2017-2018. The reults indicated that the highest rate and the percentage increase through the applied treatments (Zn and P foliar application at the start of the booting and (or) the ripening stages increasd the traits of Hashemi and Shirioodi cultivars as follows: grain yield, 4020 (17.5%) and 6571 (9%) kg ha^{-1}; biological yield, 9884 (16%) and 12640 (20%); harvest index, 45 (8%) and 54 20) present; filled grain number, and 114 (10) and 156 (6%). Also the maximum number of filled grain was recorded for Hashemi and Shirioodiat by about 114 (10% increase) and 156 (6% increase), respectively, and the highest number of unfilled grain was observed around 5 (10% reduce) and 14 (40% reduce) in the Hashemi and Shiroudi varieties, respectively due to foliar application of Zn at the grain filling stages. It can be concluded that the foliar application of Zn and P at the start of the booting and the grain filling stages might be the proper treatment to enhance the studied rice cultivars yield and yield component.

Keywords: Foliar spray, Local varieties, Improved varieties, Macronutrients, Micronutrients.

*Corresponding Author's Email: shmsoltani@gmail.com

تأثیر محلول‌پاشی عناصر روی و فسفر بر صفات ریخت‌شناسی، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج (هاشمی و شیرودی)

شهرام محمود سلطانی[1*]، محمدتقی کربلایی آقاملکی[2]، مهرزاد اله‌قلی‌پور[1]، مسعود کاووسی[1]، عباس شهدی کومله[1]

۱. موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۲. موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۷- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۴/۲۰- تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۴/۲۸)

چکیده

فسفر دومین عنصر پرمصرف و روی مهم‌ترین عنصر کم‌مصرف می‌باشند که اثرات ناشی از کمبود آن‌ها گسترده‌ترین ناهنجاری‌های تغذیه‌ای را در اراضی شالیزاری جهان ایجاد می‌کنند. به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر روی و فسفر بر صفات ریخت‌شناسی (مورفولوژیک)، عملکرد و اجزای عملکرد برنج ارقام هاشمی (محلی) و شیرودی (اصلاح‌شده)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل با سه فاکتور شامل روی، فسفر (هرکدام در سه سطح و فاکتور رقم (در دو سطح)) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶در مزرعه پژوهشی معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور –آمل انجام گردید. نتایج نشان داد بالاترین میزان و درصد افزایش صفات نسبت به شاهد در اثر محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و رسیدگی دانه عبارت‌اند از: ۱۴/۸۸ و ۶ درصدی طول و ۹/۲ و ۱۰/۲ درصدی عرض برگ پرچم، عملکرد دانه در رقم هاشمی و شیرودی به ترتیب ۴۰۲۰ (۱۷/۵درصد) و ۶۵۷۱ (۹ درصد) کیلوگرم در هکتار، عملکرد زیست‌توده ۹۸۸۴ و ۱۲۶۴۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب ۱۶ و ۲۰ درصد) و شاخص برداشت ۴۵ و ۵۴ درصد (به ترتیب ۸ و ۲۰ درصد) به ثبت رسید. همچنین بالاترین میزان دانه پر در رقم هاشمی و شیرودی به ترتیب ۱۱۴(۱۰ درصد) و ۱۵۶ (۶ درصد) و کمترین تعداد دانه پوک نیز به ترتیب با ۵ (۱۰) و ۱۴(۴۰) عدد مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی در مرحله رسیدگی دانه است. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و در رسیدگی دانه می‌تواند راهکاری مفیدی برای ارتقای کمی و کیفی عملکرد برنج ارقام موردبررسی باشد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه برگی، ارقام محلی، ارقام اصلاح‌شده، عناصر کم‌مصرف، عناصر پرمصرف.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی نزدیک به نیمی از جمعیت جهان و تأمین‌کننده ۲۱ درصد از انرژی و ۱۵ درصد از پروتئین موردنیاز ساکنان مناطق برنج‌خیز جهان است. آمارهای سازمان خواروبار جهانی (فائو) نشان می‌دهد که با توجه به روند افزایشی جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵، برای تامین نیاز غذایی رو به افزایش جمعیت جهان به ۷۶۰ میلیون تن شلتوک نیاز است. این در حالی است که افزایش قابل‌توجه سطح اراضی شالیزاری امکان‌پذیر نبوده و تنها بایستی به روش‌های بهزراعی که منجر به افزایش عملکرد در واحد سطح می‌شوند، روی آورد (FAO, 2018). اگرچه در طول پنج دهه گذشته پیشرفت‌های بهنژادی و بهزراعی مانند دو جهش بزرگ در علوم کشاورزی، عملکرد دانه برنج را بیش از سه برابر افزایش داده است (Khoshgoftarmanesh *et al*. 2009؛ Tonini and Cabrera, 2011) اما همچنان شکاف‌های بزرگی بین عملکرد در زمین کشاورزان، ایستگاه‌های تحقیقاتی و نیازهای غذایی کشورهای درحال‌توسعه دیده می‌شود که مانع از دست‌یابی به عملکرد ژنتیکی گیاه برنج می‌شود. چراکه برای تولید پایدار و اقتصادی برنج نه‌تنها به آب آبیاری کافی نیاز است بلکه عرضه متعادل عناصر پرمصرف و کم‌مصرف حیاتی، نیازمند توجه جدی است.

پس از نیتروژن، فسفر دومین عنصر پرمصرف و روی مهم‌ترین عنصر کم‌مصرف می‌باشند که کمبود آن‌ها اثرات جبران‌ناپذیر تغذیه‌ای بر عملکرد کمی و کیفی گیاه برنج در اراضی شالیزاری جهان ایجاد می‌کند (Malakooti and Kavoosi 2004). فسفر، یکی از مهم‌ترین عناصر پرمصرف و ضروری موردنیاز برنج است، که در کلیه فرآیندهای زیست-شیمیایی (بیوشیمیایی)، ترکیبات انرژی‌زا و سازوکارهای انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر این، فسفر جزئی از پروتئین یاخته بوده و به‌عنوان بخشی از

* نویسنده مسئول: shmsoltani@gmail.com

پروتئین هسته، غشاء یاخته‌ای و اسید نوکلوئیک نقش ویژه‌ای در رشد و نمو گیاه برنج بازی می‌کند (Iran Nejad and Shabbazian, 2002). از طرف دیگر روی نیز، پس از عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، مهم‌ترین عنصر موثر در رشد و نمو برنج بوده و در تعداد زیادی از فرایندهای فیزیولوژیکی رشد گیاه و سازوکارهای سوخت‌وساز آن ازجمله فعال‌سازی ۳۰۰ آنزیم، سنتز پروتئین‌ها، فرآیندهای سوخت‌وساز (متابولیسم‌های) درگیر در تولید کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، اکسین و اسیدهای نوکلئیک، بیان ژن و تنظیم لقاح (تشکیل دانه گرده) دخالت دارد (Chang *et al*. 2005).

اگرچه در دهه‌های اخیر روش‌های مبتنی بر بهنژادی توانسته است گام‌های مؤثری در افزایش عملکرد در واحد سطح بردارد، اما، روش‌های بهزراعی مبتنی بر کاربرد کود و مواد اصلاح‌کننده‌ی شرایط خاک همچنان کارآترین و سریع‌ترین روش برای جلوگیری از کاهش عملکرد و یا افزایش عملکرد می‌باشند. اگرچه کاربرد خاکی عناصر در شالیزارهای دارای کمبود، مهم‌ترین و آسان‌ترین راهبرد مقابله با کمبود آن‌ها بوده و هم‌زمان سبب افزایش عملکرد دانه و افزایش غلظت این عناصر در دانه می‌شود (MahmoudSoltani *et al*., 2017 ؛Hussain *et al*., 2012)، ولی فاصله زمانی مصرف کود تا جذب توسط گیاه باعث بروز تنش غذایی شده و باید با روش‌های اصلاحی-تکمیلی بر آن غلبه نمود. در این راستا، می‌توان به محلول‌پاشی به‌عنوان ابزاری برای پر کردن این فاصله زمانی بحرانی نگریست. اگرچه Kumari *et al*. (2017) از محلول‌پاشی به‌عنوان یک روش تکمیلی در بین روش‌های کود دهی یادکرده و آن را راهکاری تأثیرگذار بر رشد و نمو گیاه و افزایش‌دهنده توان جذب گیاهان زراعی و سرعت‌دهنده انتقال عناصر جذب‌شده به بافت‌های هدف می‌داند ولی Broadley *et al*. (2007) پا را از این هم فراتر نهاده و محلول‌پاشی عناصر غذایی را روشی سریع‌تر و بهتر از کاربرد خاکی کودهای شیمیایی دانسته‌اند و بیان می‌دارند که هرگاه مواد غذایی در قالب محلول‌های کودی با ترکیب و مقدار مناسب بر سطوح رویین و زیرین برگ‌های گیاه در حال رشد پاشیده شود، به جذب بیشتر و کیفی‌تر آن‌ها می‌انجامد. علاوه بر این Malakooti and Tehrani (1993) در بررسی‌های خود نشان دادند که محلول‌پاشی در خاک‌هایی که جذب عناصر در آن‌ها پایین است و یا فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی کم و یا دچار اختلال می‌شود، روشی جایگزین و مناسب برای بهبود عملکرد بوده و سبب غنی‌سازی دانه نیز می‌شود.

Shokrivahed *et al*. (2011) نشان دادند که محلول‌پاشی فسفر، باعث افزایش ۵۰۰ کیلوگرمی عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده شده است؛ در حالی که روی عملکرد کاه تأثیر چندانی نداشته است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که محلول‌پاشی فسفر بر روی صفاتی مانند طول خوشه، جذب نیتروژن، جذب فسفر نیز تأثیر مثبت داشته است. Firoozjaii *et al*. (2012) نشان دادند که محلول‌پاشی با کودهای حاوی عناصر پرمصرف و یا غنی‌شده با این عناصر، بر بسیاری از خصوصیات اندازه‌گیری شده (وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و زیست‌توده) تأثیر مثبت و معنی‌دار داشته است. Ramanthan *et al*. (2002) در بررسی تأثیر محلول‌پاشی فسفر از منبع مونوپتاسیم‌فسفات نشان داد که عملکرد دانه برنج در تیمار محلول‌پاشی در حداکثر پنجه‌زنی و شروع ظهور خوشه (۵۴۱۲ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (مصرف پایه) (۴۰۰۵ کیلوگرم در هکتار) ۳۵ درصد افزایش داشت. وی همچنین گزارش نمود، اگر مصرف فسفر به‌صورت‌های بذر مال، محلول‌پاشی در خزانه، شروع ظهور خوشه و آبستنی همراه باشد، عملکرد تا ۶۱۲۳ کیلوگرم در هکتار نیز قابل‌برداشت است. Sedghi and Sharifi (2013) نیز نشان دادند که محلول‌پاشی با عناصر پرمصرف، درصورتی‌که در زمان مناسب و با مقدار کافی انجام شود، می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر هم برای افزایش عملکرد تا ۵۰ درصد و هم برای ارتقای محتوای عناصر در دانه تا بیش از ۵۰ درصد به کار گرفته شود.

محلول‌پاشی عنصر روی ساده‌ترین، سریع‌ترین و مؤثرترین روش اصلاح کمبود و علائم کمبود این عنصر در گیاه برنج بوده و با مصرف در زمان مناسب سبب ارتقای کمی و کیفی دانه می‌شود (Kulhare *et al*., 2017)، چراکه با بهبود سازوکارهای متابولیسم نیتروژن، جذب آن و تولید پروتئین؛ تأثیر مثبت بر روی فتوسنتز و افزایش فعالیت آنزیم کربن آنهیدراز در سبزینه گیاه و درنهایت ارتقای مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده با تولید عوامل مقابله‌کننده با آسیب‌های اکسیداتیو به بهبود عملکرد گیاه می‌انجامد (Cakmak,2008). Potarzycki and Grzebisz(2009) نتیجه گرفتند که محلول‌پاشی یک کیلوگرم روی در هکتار، منجر به افزایش جذب کل روی و تاثیر مثبت و معنی دار عملکرد دانه بر اجزای عملکرد شده است. Kulhare *et al*. (2017) در بررسی تأثیر غلظت و منبع روی، در محلول‌پاشی روی بر برنج، گزارش نمود که بیشترین عملکرد دانه و کاه در غلظت ۱٪ و به ترتیب ۴/۱۰ و ۷/۲۸ تن در هکتار به ثبت رسیده است. این یافته‌ها با نتایج Verma *et al*.(2015) و Talib *et al*. (2016) در یک راستا می‌باشند.(Chakeralhosseini *et al*.(2009 نشان دادند که

تمامی روش‌های مصرف و منابع کود روی بر عملکرد رقم چرام تأثیر داشته، ولی بیشترین اثر (افزایش بیش از ۵۰ درصدی) مربوط به تیمار مصرف خاکی (۴۰ کیلوگرم در هکتار) به همراه محلول‌پاشی سه در هزار سولفات روی بوده است. Hoseinzadeh *et al.*(2012) در بررسی تأثیر محلول‌پاشی کلات سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی نشان دادند که تیمار محلول‌پاشی کلات سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر وزن‌هزاردانه، تعداد پنجه در مترمربع، تعداد خوشه چه در خوشه و درصد خوشه چه پر داشت. همچنین بیشترین وزن‌هزاردانه و پنجه در مترمربع و تعداد خوشه چه در خوشه در غلظت ۲ در هزار این منبع روی، به‌دست‌آمده است. Ramazani *et al.* (2018) در بررسی اثر محلول‌پاشی کود روی بر عملکرد دانه و میزان روی دانه برنج رقم سازندگی، در اصفهان نشان دادند که حداکثر عملکرد دانه (۸۹۶۸/۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شش گرم در لیتر سولفات روی به‌دست‌آمده، که نسبت به شاهد ۱۱/۸ درصد بیشتر بود. همچنین حداکثر مقدار روی دانه (۳۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار شش گرم در لیتر سولفات روی به‌دست‌آمده که نسبت به شاهد ۱۹/۵درصد بیشتر بود. Mahmoud Soltani *et al.* (2017 and 2020) نشان دادند که کاربرد کود سولفات روی نه‌تنها بر میزان عملکرد و اجزای عملکرد مؤثر است، بلکه بر میزان پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری و غیرضروری نیز تأثیر مثبت و معنی‌داری دارد (MahmoudSoltani *et al.* (2016 and 2017. علی‌رغم مطالعات بسیار در خصوص تأثیر محلول‌پاشی روی بر گیاه برنج، پژوهش‌های علمی بسیار کمی درزمینه‌ی محلول‌پاشی فسفر و اثر متقابل فسفر و روی (با توجه به اثر بازدارندگی این دو عنصر نسبت به هم) انجام‌شده است. همچنین نتایج خاک‌های ورودی به آزمایشگاه شیمی بخش تحقیقات خاک و آب موسسه تحقیقات برنج کشور نشان می‌دهد تنها در سال ۹۶-۹۵ تعداد ۶۰۰ خاک مربوط به اراضی شالیزاری به کمبود روی (کمتر از ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) دچار هستند. از طرف دیگر مصرف بی‌رویه فسفر در اراضی شالیزاری و نقش بازدارنده آن در جذب روی، سبب شده که درزمینه‌ی مصرف صحیح و متعادل این دو عنصر با مشکلاتی مواجه باشیم؛ بنابراین پژوهش حاضر با اهداف زیر تدوین و اجرا شده است: افزایش عملکرد دانه و زیست‌توده دو رقم بومی (هاشمی) و رقم اصلاح‌شده (شیرودی) به‌عنوان ارقام محلی و اصلاح‌شده با بیشترین سطح زیر کشت و تعیین زمان مناسب محلول‌پاشی فسفر و روی برای دو رقم.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌صورت مزرعه‌ای و طی دو سال زراعی (۱۳۹۶ و ۱۳۹۷) در مزرعه پژوهشی معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در شهرستان آمل به‌صورت فاکتوریل با سه فاکتور شامل روی، فسفر (هرکدام در سه سطح و فاکتور رقم (در دو سطح)) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. نتایج خاک‌های ورودی به آزمایشگاه شیمی بخش تحقیقات خاک و آب موسسه تحقیقات برنج کشور نشان می‌دهد تنها در سال ۹۶-۹۵ تعداد ۶۰۰ خاک مربوط به اراضی شالیزاری به کمبود روی (کمتر از ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) دچار هستند. از طرف دیگر مصرف بی‌رویه فسفر در اراضی شالیزاری و نقش بازدارنده آن در جذب روی سبب شده که درزمینه‌ی مصرف صحیح و متعادل این دو عنصر با مشکلاتی مواجه باشیم، از طرف دیگر تیمارها بر اساس نتایج آزمایشات قبلی و همچنین چون حد مقاومت ارقام برنج به محلول پاشی ۵ در هزار است و کمتر از آن بی اثر و بیشتر از آن موجب سوختگی می شود، انتخاب شده است (Mahmoudsoltani, 2018). همچنین تیمارهای کاربردی این آزمایش مزرعه‌ایی عبارت‌اند از: رقم در دو سطح شامل هاشمی و شیرودی، روی در سه سطح شامل ۱- عدم استفاده از کود روی (شاهد)، ۲- محلول‌پاشی ۵ در هزار روی شروع مرحله آبستنی، ۳- محلول‌پاشی ۵ در هزار روی شروع مرحله آبستنی به همراه محلول‌پاشی روی در مرحله پر شدن دانه و فسفر در سه سطح ۴- عدم استفاده از کود فسفره (شاهد) ۵- محلول‌پاشی ۵ در هزار فسفر در شروع مرحله آبستنی ۶- محلول‌پاشی ۵ در هزار فسفر در شروع مرحله آبستنی به همراه محلول‌پاشی ۵ در هزار فسفر در مرحله پر شدن دانه. پس از انجام عملیات شخم، کرت‌هایی به ابعاد ۲۰ مترمربع (۵×۴) با مرزبندی مشخص و پوشش پلاستیکی (برای جلوگیری از تداخل تیمارهای کودی) احداث شدند. از سطح مزرعه آزمایشی نمونه‌های خاک مرکب از لایه شخم (عمق ۳۰ - ۰ سانتی‌متری) تهیه گردید. نمونه خاک هوا خشک‌شده و پس از عبور از الک دو میلی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مؤثر بر رشد و نمو گیاه برنج مانند بافت خاک به روش هیدرومتر بایکاس (Gee and bower, 1986)، اسیدیته عصاره اشباع با الکترود شیشه‌ای (Bates, 1973)، هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباع به روش هدایت سنجی (Roades, 1982)، ماده آلی به روش اکسیداسیون تر (Walkley and Black, 1934)، گنجایش تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در اسیدیته ۷ (Bower, 1952)، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن (Olsen, 1954)، نیتروژن کل بر اساس روش کجلدال (Bremner, 1965)، پتاسیم

قابل‌استفاده به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم (Thomas, 1982) و عناصر کم‌مصرف به روش عصاره‌گیری با DTPA (Lindsay and Norvell, 1978) اندازه‌گیری شدند (جدول ۱). در این آزمایش، پس از انجام آزمون خاک بر مبنای دستورالعمل‌های بهزراعی موسسه تحقیقات برنج کشور، کود فسفره بر اساس ۴۵ کیلوگرم در هکتار پنتا اکسید فسفر (P_2O_5) از منبع سوپر فسفات تریپل و کود پتاسیمی نیز بر اساس ۱۰۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم (K_2O) در هکتار از منبع سولفات پتاسیم، پیش از نشاکاری به کرت‌ها اضافه و به‌خوبی با خاک مخلوط شد. برای رقم هاشمی ۶۰ و برای رقم شیرودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره مصرف شد که در سه نوبت (قبل از نشاکاری، مرحله وجین و در مرحله تشکیل جوانه اولیه خوشه) به کرت‌ها افزوده‌شده و به‌خوبی با خاک مخلوط شد. نشاهای (گیاهچه‌های) یکدست ارقام مورد آزمایش با فواصل ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر و سه گیاهچه در هر کپه کاشته شد. کلیه عملیات داشت، مانند مبارزه با آفات، بیماریها، وجین و آبیاری طبق روش‌های توصیه‌شده توسط موسسه تحقیقات برنج کشور در کلیه کرت‌ها به‌صورت یکسان در همه کرت‌ها انجام شد. تلاش شد تا ارتفاع آب در تمامی کرت‌ها ۵±۰/۵ سانتی‌متر حفظ شود. به‌منظور یکسان‌سازی شرایط رطوبتی در شاهد و سایر تیمارها، فقط آب مقطر بر روی گیاه پاشیده شد. در طول اجرای آزمایش صفات ریخت‌شناسی مانند: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول و عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)، طول پدانکل و پنالتیمت (سانتی‌متر)، طول خوشه (سانتی‌متر) و صفات عملکردی (تعداد دانه پر و پوک، وزن‌هزاردانه با درصد رطوبت ۱۴درصد، عملکرد ماده خشک و عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴درصد) اندازه‌گیری شدند. پس از اندازه‌گیری و گردآوری داده‌ها ابتدا از آزمون آماری کولموگرف-اسمیرونوف برای نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین نیز با روش حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد با نرم‌افزار MSTATC انجام گرفت.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه قبل از آزمایش

اسیدیته گل اشباع	کربن آلی	نیتروژن کل	کربنات کلسیم معادل	فسفر قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب	روی قابل‌جذب	شن	سیلت	رس	گنجایش تبادل کاتیونی	بافت خاک
		درصد		(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			درصد			(میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم)	
۷/۰۲	۱/۸	۰/۰۶	۱۱/۱۱	۴/۶	۱۹۵	۳/۴	۴	۳۷	۵۹	۲۰/۲۴	رسی

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر سال تنها بر صفات ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد خوشه چه در خوشه و تعداد دانه پوک در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بوده و بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار ندارد. همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از اثر معنی‌دار رقم بر بیشتر خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی، به جزء طول برگ پرچم و تعداد دانه پوک در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد است. محلول‌پاشی فسفر از بین تمام خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده، تنها بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌دار نداشته است. اثر محلول‌پاشی روی، تنها بر طول پدانکل تأثیر معنی‌دار نداشته است. برهمکنش سال در رقم نیز تنها بر طول خوشه، عرض برگ پرچم، تعداد دانه پر و شاخص برداشت تأثیر معنی‌دار نداشته است. این در حالی است که برهمکنش سال در فسفر تنها بر تعداد دانه پوک در سطوح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار بوده و بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار ندارد. نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب حاکی از تأثیر معنی‌دار برهمکنش فسفر در رقم بر بیشتر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد مانند طول خوشه، طول برگ پرچم، تعداد دانه پوک، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت است. این در حالی است که برهمکنش سال در فسفر در رقم تنها بر تعداد دانه پوک در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار داشته است. اثر متقابل سال در روی نیز بر بیشتر صفات اندازه‌گیری شده به‌استثنای عرض برگ پرچم، طول پدانکل، تعداد خوشه چه در خوشه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در سطوح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار دارد. نتایج مندرج در جدول ۲ نشان می‌دهد که برهمکنش رقم در روی بر صفاتی مانند ارتفاع بوته، طول پدانکل و تعداد دانه پر و پوک در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد تأثیر معنی‌دار داشت. همچنین اثر متقابل سال در رقم در روی نیز تنها بر صفت تعداد دانه پوک در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌دار دارد. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل فسفر و روی نیز تنها بر ارتفاع بوته، طول برگ پرچم و تعداد دانه پوک تأثیر معنی‌دار نداشته و بر سایر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد دارد. همچنین

اثر متقابل سال در فسفر در روی، رقم در فسفر در روی و سال در رقم در فسفر در روی تنها بر تعداد دانه پوک تأثیر معنی‌دار داشته و بر سایر صفات تأثیر معنی‌دار ندارد.

عنصر روی به‌عنوان کوفاکتور بیش از ۳۰۰ آنزیم ازجمله آنزیم‌های شش‌گانه (اکسیدوردوکتازها، ترانسفرازها، هیدرولازها، لیازها، ایزومرازها و لیگازها) شناخته می‌شود. این عنصر همچنین جزء ساختاری آنزیم‌های مهمی مانند کربنیک آنهیدراز، الکل آنهیدراز، مس -روی- سوپراکسید دیسموتاز و RNA پلیمراز بوده که تأثیر مستقیم بر روی سنتز DNA و RNA و سنتز اکسین در گیاهان دارد (Broadley *et al*. 2007). ÷از طرف دیگر، فسفر نیز به علت تأثیر مستقیم بر افزایش رشد و قوی‌تر شدن ریشه‌ها، قوی و ضخیم شدن ساقه‌ها، حجیم شدن دانه‌ها، افزایش میزان عملکرد دانه و کاه و زودرسی با دخالت در تلقیح گل‌ها، به عنصری بدون جایگزین برای رشد و نمو گیاهان تبدیل‌شده است (Iran Nejad and Shabbazian, 2002). این طیف وسیع از اثربخشی بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی، سبب شده است که مصرف آن‌ها (جدای از روش مصرف) بر بسیاری از شاخص‌های مورفولوژیک، عملکرد و صفات وابسته به عملکرد تأثیر معنی‌دار گذاشته و عدم مصرف آن‌ها (کمبود) تأثیر منفی غیرقابل جبرانی بر رشد و نمو گیاه برنج بگذارد (Mahmoudsoltani *et al*., 2016, 2017 and 2020a؛ Rehman *et al*., 2012؛ Malakooti and Kavoosi, 2004؛ Jiang *et al*., 2007).

صفات مورفولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از بین سه عامل اصلی، نوع رقم برنج دارای بالاترین میزان تأثیرگذاری بر صفات اندازه‌گیری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد بود (جدول ۲). Allagholipoor (2016) بیان داشت که بسیاری از صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد برنج در گروه صفات کمی طبقه‌بندی‌شده و عمدتاً توسط ژنتیک گیاه کنترل می‌شوند. درنتیجه تفاوت صفات ارقام گوناگون می‌تواند ناشی از اختلافات ژنتیکی آن‌ها باشد (Allagholipoor, 2016). رقم شیرودی که از تلاقی برگشتی بین دو رقم دیلمانی و خزر تولیدشده است، با متوسط عملکرد دانه ۷/۵ تن در هکتار ضمن برتری نسبت به والدین خود و ارقام بومی جزء ارقامی است که از عملکرد و اجزای عملکرد قابل‌توجه‌تر و ارتفاع کوتاه‌تری نسبت به ارقام محلی برخوردار است (Mohadesi *et al*., 2006). این در حالی است که رقم بومی هاشمی باثبات‌ترین و بی‌رقیب‌ترین رقم محلی سالیان اخیر در اراضی شالیزاری مناطق برنج‌خیز کشور بوده و به گروه ارقام محلی برنج با عملکرد و اجزای عملکرد پائین تعلق داشته (متوسط عملکرد کمتر از ۴ تن در هکتار) و بسیاری از صفات مورفولوژیک آن تابعی از ارتفاع بوته است. اینکه بسیاری از صفات ارقام گیاه برنج از خصوصیات ژنتیکی آن‌ها تأثیر می‌پذیرد توسط پژوهشگران زیادی مورد تأکید قرارگرفته است (Allagholipoor, 2016; Mannan *et al*., (2010); Moosavi *et al*., (2015).

ارتفاع بوته

نتایج مقایسه میانگین فاکتورهای اصلی مندرج در جدول ۳ نشان داد که محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و رسیدگی دانه به‌طور معنی‌داری به ترتیب باعث افزایش ۴ و ۶/۸ درصدی ارتفاع بوته شد. همچنین برهمکنش روی و فسفر نیز به‌طور معنی‌داری سبب افزایش ۵/۸ درصدی این صفت شد (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که مناسب‌ترین ترکیب تیماری برای این صفت، محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) است. با توجه به معنی‌دار بودن نوع رقم در این آزمایش، بالاترین میزان ارتفاع بوته در رقم هاشمی (۱۶۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که ۸/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. این در حالی است که بالاترین میزان ارتفاع بوته در رقم شیرودی (۱۲۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی پنج در هزار، در مرحله شروع آبستنی بوده که ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است. عنصر روی یکی از مؤثرترین فاکتورها بر ارتفاع بوته از طریق افزایش تقسیم و طویل شدگی سلولی است (Malakooti and Kavoosi, 2004). علاوه بر آن، عنصر روی بر فعالیت آنزیم تریپتوفان سینتتاز به تولید اسیدآمینه تریپتوفان به‌عنوان ماده پیش ساز تولید اکسین موثر بوده و درنتیجه به تولید اکسین کمک کرده و درنهایت به افزایش رشد طولی ساقه منجر خواهد شد (Alloway, 2009). از طرف دیگر بر اساس مطالعات انجام‌شده، کمبود روی با تأثیر منفی بر بیوسنتز اکسین، سبب کاهش ارتفاع ساقه و عملکرد گیاه می‌شود (Malakooti and Tehrani, 1993; Broadley *et al*., 2007).

طول پدانکل وپنالتیمت

نتایج نشان داد که فقط محلول‌پاشی با فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بر روی طول پدانکل تأثیر معنی‌دار داشته، درحالی‌که محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بر روی طول پنالتیمت تأثیر معنی‌دار

دارد (جدول ۳). بیشترین میزان افزایش طول پدانکل در اثر محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و رسیدن دانه به ترتیب ۲/۲ (فقط عددی و نه معنی‌داری) و ۶/۹ درصد (به‌طور معنی‌دار) و برای پنالتیمت به میزان ۹/۹ و ۷/۴ درصد (به‌طور معنی‌دار) به ثبت رسیده است. بیشترین میزان طول پدانکل و پنالتیمت در رقم هاشمی به ترتیب ۴۸/۲ و ۳۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که در هر دو صفت حدود ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است. این در حالی است که در رقم شیرودی به ترتیب ۴۵ و ۲۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی پنج در هزار در مرحله شروع آبستنی بوده که در هر دو صفت حدود ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داده است.

طول و عرض برگ پرچم

بر اساس مقایسه میانگین فاکتورهای اصلی، محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) به‌طور معنی‌داری باعث افزایش به ترتیب ۱۴/۹ و ۶ درصدی طول و ۹/۲ و ۱۰/۲ درصدی عرض برگ پرچم شدند (جدول ۳). همچنین تنها برهم‌کنش فسفر و روی بر روی طول برگ پرچم تأثیر معنی‌دار داشته و نتایج نشان می‌دهد که بیشترین میزان افزایش طول برگ پرچم در محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) و به میزان ۶ سانتی‌متر در مقایسه با شاهد به ثبت رسیده است (جدول ۵). بیشترین میزان طول و عرض برگ پرچم در رقم هاشمی به ترتیب ۳۷ و ۱/۲ سانتی‌متر مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مرحله شروع آبستنی بوده که در هر دو صفت ۲۰ و ۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است. این در حالی است که در رقم شیرودی به ترتیب ۴۰ و ۱/۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی پنج در هزار در مرحله شروع آبستنی بوده که در هر دو صفت حدود ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشته است. برگ پرچم در مقایسه با سایر اندام‌های گیاه برنج، مؤثرترین ساختمان فتوسنتزی گیاه محسوب می‌شود که به میزان ۴۱ تا ۴۳ درصد در افزایش وزن دانه سهیم است. ازاین‌رو برگ پرچم ازنظر فتوسنتزی، فعال‌ترین برگ در طول دوره تشکیل دانه محسوب می‌شود (Akter, 2017). همچنین Akter (2017) گزارش داد که برگ پرچم با عملکرد دانه و اجزای عملکرد از قبیل تعداد دانه کل در بوته، تعداد دانه در خوشه و طول خوشه همبستگی داشته و به نظر می‌رسد ارقامی که طول و عرض برگ پرچم بیشتری دارند، سطح بیشتری برای جذب تابش و انجام عمل فتوسنتز داشته و درنتیجه عملکرد بهتری را دارا می‌باشند. Srivastava *et al.* (2014) نشان دادند که با محلول‌پاشی سولفات روی، محتوای روی در برگ پرچم تا ۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت که می‌تواند به افزایش عملکرد و محتوای روی دانه کمک نماید؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هرچه مساحت برگ پرچم بیشتر باشد توان جذب و ذخیره روی و سایر عناصر در آن افزایش می‌یابد. ازآنجایی‌که جذب و ذخیره بیشتر هر عنصر غذایی با بزرگی منبع ارتباط تنگاتنگ دارد می‌توان نتیجه گرفت که تأثیر روی بر این صفت بسیار بااهمیت است. همچنین Dobermann *et al.* (1998) نشان داد که برگ پرچم نسبت به نبود فسفر بسیار حساس بوده و در صورت افزایش میزان روی قابل‌جذب گیاه در محیط کشت بر مساحت و وزن خشک آن افزوده می‌شود.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد برنج ارقام در تیمارهای محلول‌پاشی فسفر و روی

منابع تغییر	DF	میانگین مربعات									
		ارتفاع بوته	طول خوشه	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	پدانکل	پنالتیمت	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	عملکرد دانه	عملکرد زیست‌توده	شاخص برداشت
سال	۱	۱۲۳/۸۲ *	۳۵/۴۱ **	۴/۵۵ ^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۸/۰۷^{ns}	۴/۸۲^{ns}	۲۷/۹۲^{ns}	۴۱۲/۸۵**	۴۴۰۵۹/۸۴^{ns}	۲۷۰۸۲۱/۶۰^{ns}	۰/۵۴^{ns}
تکرار (سال)	۴	۹/۳۰ ^{ns}	۳/۵۲ *	۷/۹۷ ^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۲/۶۹^{ns}	۰/۵۲^{ns}	۹۴/۷۱*	۰/۶۷^{ns}	۵۶۵۵۳/۸۰ ^{ns}	۱۲۶۲۱۱/۶۰ ^{ns}	۳/۲۲^{ns}
رقم	۱	۵۱۹۱۷/۰۸ **	۹/۶۲ **	۵/۵۳ ^{ns}	۰/۰۹۸**	۹۶۶/۳۶**	۲۳۳۶/۹۹**	۵۴۰۹۱/۵۶**	۶۶۳۳/۸۹**	۸۷۳۳۹۹۹۸/۰۶**	۲۷۸۲۲۱۵۸۲/۰۰**	۴۶۰/۶۲**
فسفر	۱	۶۴۰/۷۷ **	۲/۵۹ ^{ns}	۴۷/۴۵ **	۰/۱۳**	۷۹/۵۴**	۲۹/۴۳**	۱۱۲۶/۷۳**	۱۹۲/۸۸**	۲۱۱۶۵۰/۹۸*	۱۷۱۹۸۷۳۶/۱۰**	۱۲۸/۸۴**
روی	۲	۲۱۸/۷۰ **	۳۸/۹۴ **	۱۶۲/۳۰ **	۰/۰۹۵**	۸/۰۱^{ns}	۴۸/۱۳**	۳۵۹۴/۵۱**	۵/۵۰*	۲۱۵۰۶۳۱/۲۸**	۳۹۰۹۰۶۸/۷۰۰**	۳۱/۹۰**
سال×رقم	۲	۳۲۷/۵۴ **	۱/۲۸ ^{ns}	۱۵/۹۷ *	۰/۰۱۵^{ns}	۷/۱۶*	۱۲/۵۴*	۱/۱۲^{ns}	۴۱۲۶/۲۶**	۲۴۵۸۵۶/۳۱*	۱۵۲۳۸۷۸/۵۰**	۰/۱۸^{ns}
سال×فسفر	۲	۶۰/۷۰ ^{ns}	۲/۶۴ ^{ns}	۴/۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۶/۳۴^{ns}	۲/۲۳^{ns}	۴۲/۴۴^{ns}	۱۱۱/۹۹**	۱۱۸۱۴۸/۳۰ ^{ns}	۶۵۴۷۷۵/۳۰ ^{ns}	۰/۰۹^{ns}
فسفر×رقم	۲	۱۱/۹۱ ^{ns}	۶/۸۴ **	۱۲/۴۶ *	۰/۰۱۹^{ns}	۴/۲۷^{ns}	۰/۳۱^{ns}	۴۵/۰۴^{ns}	۱۵/۳۴**	۱۴۲۹۲/۵۷ ^{ns}	۷۰۳۵۷۵۰/۵۰**	۹۵/۹۷**
سال×فسفر×رقم	۲	۵/۳۶ ^{ns}	۰/۸۸ ^{ns}	۰/۹۳ ^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۹۸^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۱/۷۰^{ns}	۹۰/۵۲**	۴۷۱۷۱/۴۵ ^{ns}	۲۴۰۵۶۶/۱۰ ^{ns}	۰/۰۶^{ns}
سال×روی	۲	۲۰۲/۵۴ **	۱۵/۴۹ **	۱۳/۳۴ *	۰/۰۱۵^{ns}	۲۱/۸۸ **	۷/۳۲^{ns}	۲۰۳/۵۳**	۲۲/۶۶**	۳۶۴۷۲/۲۷**	۱۷۸۱۱۰۰/۲۰**	۰/۰۴^{ns}
رقم×روی	۲	۱۶۲/۷۱ **	۰/۴۳ ^{ns}	۳/۷۴ ^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۲/۲۱^{ns}	۱۰/۹۷*	۱۴۳/۷۳*	۱۷/۳۶**	۱۵۶۰۱۴/۱۱ ^{ns}	۱۰۸۶/۱۰ ^{ns}	۶/۸۷^{ns}
سال×رقم×روی	۲	۲۱/۵۹ ^{ns}	۰/۸۵ ^{ns}	۲/۴۶ ^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۳/۶۸^{ns}	۰/۵۹^{ns}	۸/۱۲^{ns}	۳۰/۷۱**	۱۲۴۸۹۸/۷۴ ^{ns}	۵۱۶۵۲۵/۴۰ ^{ns}	۰/۰۱^{ns}
فسفر×روی	۴	۶۸/۵۲ *	۱/۵۰ ^{ns}	۲۶/۵۲ **	۰/۰۰۸^{ns}	۱۲/۵۱^{ns}	۳/۰۱^{ns}	۵۳/۳۸^{ns}	۲۴/۰۷**	۲۹۸۲۰/۲۶ ^{ns}	۴۴۲۲۳/۴۰ ^{ns}	۲/۴۷^{ns}

سال×فسفر×روی	۴	۴۱/۳۴ ns	۰/۳۲ ns	۲/۸۳ ns	۰/۰۰۳ns	۴/۵۹ns	۱/۵۸ns	۹/۴۸ns	۴۶/۴۸ **	۷۷۸۰۱/۴۸ ns	۳۶۵۴۷۰/۷۰ ns	۰/۰۷ns
رقم×فسفر×روی	۴	۱۹/۱۹ ns	۲/۲۳ ns	۸/۵۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۵/۸۵ns	۳/۵۹ns	۲/۱۳ns	۳۵/۴۷ **	۶۳۷۵۶/۴۲ ns	۲۷۰۸۲۱/۶۰ns	۳/۰۹ns
سال×رقم×فسفر×روی	۴	۸/۶۱ ns	۱/۳۸ ns	۰/۶۷ ns	۰/۰۰۱ ns	۱/۰۰ ns	۰/۲۳ns	۰/۳۸ns	۴۹/۲۷ **	۳۵۳۴۸/۷۲ ns	۱۲۶۲۱۱/۶۰ ns	۰/۰۸ns
اشتباه آزمایش	۶۸	۲۳/۱۷	۱/۲۱	۳/۶۰	۰/۰۰۷	۶/۲۰	۲/۸۶	۳۱/۶۷	۱/۶۰	۱۶۷۸۳۹/۱۰	۲۱۵۴۶۸/۶۰	۳/۷۷
ضریب تغییرات	%	۳/۵۴	۳/۹۶	۶/۱۸	۹/۴۴	۶/۰۷	۶/۹۷	۵/۰۳	۶/۸۰	۶/۹۱	۴/۴۲	۴/۴۷

ns، *و ** به ترتیب عبارت‌اند از غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳ – مقایسه میانگین‌های تأثیر عامل‌های اصلی (محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی فسفر) بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام هاشمی و شیرودی

تیمار	سطوح	صفات اندازه‌گیری شده										
		ارتفاع بوته	طول خوشه	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	پدانکل	پنالتیمت	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	عملکرد زیست‌توده	شاخص برداشت
		----------سانتی‌متر----------						-----عدد----		کیلوگرم در هکتار	گرم	کیلوگرم در هکتار	درصد
فسفر	P0	۱۲۲/۳۷ c	۲۷/۶۸ a	۳۰/۱۹ b	۰/۹۸ b	۳۹/۹۴ b	۲۳/۵۶ b	۱۰۵/۴۸ b	۱۶/۰۴ b	۴۴۹۵/۲۳ b	۲۶/۵۵ b	۹۹۷۸/۶۰ c	۴۴/۶۵ a
	P1	۱۲۶/۹۵ b	۲۷/۵۴ a	۲۹/۸۹ b	۰/۹۷ b	۴۰/۳۶ b	۲۴/۰۲ b	۱۱۴/۴۰ a	۲۰/۳۰ a	۴۵۷۳/۶۰ ab	۲۶/۰۴ a	۱۰۲۳۲/۴۰ b	۴۴/۲۶ a
	P2	۱۳۰/۸۰ a	۲۸/۰۶ a	۳۲/۰۲ a	۱/۰۸ a	۴۲/۷۰ a	۲۵/۳۰ a	۱۱۴/۸۰ a	۱۹/۰۴ a	۴۶۴۸/۵۷ a	۲۶/۳۲ a	۱۱۲۸۲/۴۰ a	۴۱/۲۰ b
روی	Z0	۱۲۴/۱۵ c	۲۶/۶۴ c	۲۸/۴۹ c	۰/۹۷ c	۴۰/۴۶ a	۲۳/۱۰ c	۱۰۲/۰۸ c	۱۸/۹۹ a	۴۳۲۷/۸۵ c	۲۵/۶۸ c	۱۰۱۶۵/۰۰ c	۴۲/۴۲ b
	Z1	۱۲۶/۹۰ b	۲۷/۹۰ b	۳۰/۸۷ b	۱/۰۰ b	۴۱/۲۱ a	۲۴/۳۸ b	۱۱۱/۴۹ b	۱۸/۸۲ ab	۴۵۷۲/۸۶ b	۲۶/۱۲ b	۱۰۵۰۴/۵۰ b	۴۳/۴۰ a
	Z2	۱۲۹/۰۶ a	۲۸/۷۰ a	۳۲/۷۳ a	۱/۰۶ a	۴۱/۳۳ a	۲۵/۴۰ a	۱۲۲/۴۸ a	۱۸/۲۵ b	۴۸۱۶/۲۸ a	۲۶/۷۰ a	۱۰۸۲۳/۹۰ a	۴۴/۲۹ a
رقم	V1	۱۴۸/۶۳ a	۲۷/۴۶ a	۳۰/۹۲ a	۰/۹۲ b	۴۳/۹۹ a	۲۸/۹۵ a	۱۰۰/۳۷ b	۱۰/۸۵ a	۳۶۷۳/۱۹ b	۲۶/۰۶ a	۸۸۹۲/۷۷ b	۴۱/۳۱ b
	V2	۱۰۴/۷۸ b	۲۸/۰۵ b	۳۰/۴۷ a	۱/۱۰ a	۳۸/۰۱ b	۱۹/۶۵ b	۱۶۰/۳۷ a	۲۶/۵۳ b	۵۴۷۱/۷۵ a	۲۵/۸۷ a	۱۲۱۰۲/۸۴ a	۴۵/۴۳ a

V1 و V2 به ترتیب رقم هاشمی و شیرودی؛ PH و Zn به ترتیب تیمار فسفر و روی؛ 1، 2 و 3 به ترتیب عدم محلول‌پاشی، محلول‌پاشی یک هفته قبل از گلدهی و محلول‌پاشی یک هفته قبل از گلدهی به همراه محلول‌پاشی در مرحله شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن)؛ حروف مشابه در یک ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۴– مقایسه میانگین برهمکنش محلول‌پاشی روی و محلول‌پاشی فسفر بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد

فاکتورهای آزمایش		صفات اندازه‌گیری شده		
فسفر	روی	ارتفاع بوته	طول برگ پرچم	تعداد دانه پوک
زمان محلول‌پاشی ۵ در هزار		سانتی‌متر		عدد
شاهد	شاهد	۱۲۴/۴۹ d	۲۷/۷۸ d	۱۰/۳۳ d
	آبستنی	۱۲۴/۰۰ d	۳۱/۷۴ bc	۱۷/۰۰ a
	آبستنی +پر شدن دانه	۱۳۰/۸۹ ab	۳۴/۶۷ a	۱۴/۶۷ b
آبستنی	شاهد	۱۲۴/۶۰ d	۲۸/۰۵ d	۱۵/۳۳ b
	آبستنی	۱۲۹/۰۹ abc	۳۰/۲۷ c	۱۰/۷۵ d
	آبستنی +پر شدن دانه	۱۳۱/۳۳ ab	۳۲/۱۹ b	۱۰/۰۰ d
آبستنی +پر شدن دانه	شاهد	۱۲۶/۸۰ cd	۲۷/۹۹ d	۱۲/۳۳ c
	آبستنی	۱۲۷/۶۰ bcd	۳۰/۷۹ bc	۱۳/۱۹ c
	آبستنی +پر شدن دانه	۱۳۱/۷۹ a	۳۱/۷۴ bc	۱۵/۰۰ b

حروف مشابه در یک ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد است.

جدول ۵– ضریب همبستگی خطی بین صفات ریخت‌شناسی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام هاشمی و شیرودی

	صفات ریخت‌شناسی، عملکرد و اجزای عملکرد																
	HI	GY	SY	BY	SN	FLL	FLW	TGW	PL	PH	FGN	PED	PEN	GPP	UFGN	FTN	TTN
HI	۱																
GY	۰/۶۶**	۱															
SY	-۰/۰۷ns	۰/۸۲**	۱														
BY	۰/۳۱**	۰/۳۲**	۰/۹۳**	۱													
SN	۰/۰۵ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۸ ns	۱												
FLL	-۰/۱۸ ns	-۰/۱۱ ns	۰/۲۷**	۰/۲۰*	-۰/۰۴ ns	۱											
FLW	۰/۲۰ ns	۰/۷۴**	۰/۷۹**	۰/۸۳**	۰/۰۴ ns	۰/۴۴**	۱										
TGW	-۰/۰۶ ns	۰/۰۹ ns	۰/۱۶ ns	۰/۱۴ ns	۰/۱۰ ns	۰/۵۲**	۰/۲۷**	۱									
PL	۰/۰۸ ns	۰/۳۰**	۰/۳۱**	۰/۳۲**	۰/۰۵ ns	۰/۳۵**	۰/۳۷**	۰/۴۳**	۱								
PH	-۰/۶۵**	-۰/۸۵**	-۰/۵۲**	-۰/۷۴**	-۰/۱۴ ns	۰/۲۷**	-۰/۵۰**	۰/۲۲*	-۰/۰۸ ns	۱							
FGN	۰/۵۶**	۰/۹۲**	-۰/۷۰**	۰/۸۸**	۰/۱۴ ns	۰/۱۵ ns	۰/۷۳**	۰/۲۰*	۰/۳۳**	-۰/۸۰**	۱						

TTN	۰/۱۹*	۰/۷۰**	۰/۷۵**	۰/۷۸**	۰/۰۲ ns	۰/۴۳**	۰/۷۵**	۰/۳۳**	۰/۴۵**	-۰/۴۳**	۰/۶۹**	۱			
FTN	۰/۱۷*	۰/۷۰**	۰/۷۰**	۰/۷۶**	۰/۰۰۵ ns	۰/۴۳**	۰/۷۷**	۰/۳۳**	۰/۴۴**	-۰/۴۳**	۰/۷۰**	۰/۹۸**	۱		
UFGN	۰/۳۸**	۰/۶۵**	۰/۵۱**	۰/۶۲**	۰/۴۸**	-۰/۱۰ ns	۰/۴۷**	۰/۰۰۷ ns	۰/۲۳*	-۰/۶۹**	۰/۶۵**	۰/۴۲**	۰/۴۳**	۱	
GPP	۰/۵۴**	۰/۹۱**	۰/۷۰**	۰/۸۷**	۰/۲۶**	۰/۰۸ ns	۰/۷۱**	۰/۱۵ ns	۰/۳۳**	-۰/۸۳**	۰/۹۷**	۰/۶۶**	۰/۶۶**	۰/۸۲**	۱
PEN	-۰/۶۵**	-۰/۸۱**	-۰/۴۷**	-۰/۶۸**	-۰/۱۰ ns	۰/۳۱**	-۰/۴۵**	۰/۲۶**	-۰/۰۴ ns	۰/۹۵**	-۰/۷۴**	-۰/۳۹**	-۰/۳۹**	-۰/۶۷**	-۰/۷۸**
PED	-۰/۶۸**	-۰/۶۳**	-۰/۲۲*	-۰/۴۵**	-۰/۱۳ ns	۰/۴۳**	-۰/۲۵**	۰/۲۳*	-۰/۰۳ ns	۰/۸۵**	-۰/۶۰**	-۰/۱۷ ns	-۰/۱۷ ns	-۰/۵۵**	-۰/۶۳**

PH، PL، FLL،FLW، Ped، Pen، FG، UFG، GY، TGW، BY، HI، به ترتیب عبارت‌اند از ارتفاع بوته، طول خوشه، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، پدانکل، پنالتیمت، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت ؛ ns ، *و ** به ترتیب عبارت‌اند از غیر معنی‌دار و معنی¬دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

صفات مربوط به اجزای عملکرد

طول خوشه

محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ۷/۷ درصدی طول خوشه شد. این در حالی است که محلول‌پاشی با فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) فقط ازنظر عددی و نه معنی‌دار سبب ۲ درصد افزایش طول خوشه شده است (جدول ۳). همچنین برهم‌کنش فسفر و روی نیز بر این صفت تأثیر معنی‌دار نداشت. با توجه به معنی‌دار بودن نوع رقم بر این صفت، بیشترین میزان طول خوشه در رقم هاشمی ۳۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که ۱۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. این در حالی است که بیشترین میزان طول خوشه در رقم شیرودی ۳۳ سانتی‌متر مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که حدود ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. Sabouri *et al.*(2011) بیان داشتند که اگرچه طول خوشه یک صفت ژنتیکی است، ولی به نظر می‌رسد از شرایط محیطی مانند اقلیم، خاک و مدیریت مزرعه تأثیر می‌پذیرد. همچنین اگرچه نقش مستقیمی در محاسبه عملکرد بازی نمی‌کند، ولی در ارزیابی صفت عملکرد دانه همواره موردتوجه است. چراکه طول خوشه بزرگ‌تر در مجموع تعداد دانه بیشتر و عملکرد بالاتری دارد (جدول ۵). Turner and Jund (1991) گزارش کردند که در بین ۲۰ رقم مورد آزمایش رابطه مستقیمی بین طول خوشه و عملکرد برقرار بوده است. Arif *et al.* (2012) در بررسی تأثیر کاربرد عناصر کم‌مصرف بر اجزای عملکرد برنج نشان دادند که کاربرد روی به‌طور معنی‌داری سبب افزایش ۶ سانتی‌متری طول خوشه شده است. در بررسی تأثیر محلول‌پاشی روی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در کشور مصر، گزارش شد که اگرچه حتی یک‌بارمصرف روی به‌صورت محلول-پاشی بر طول خوشه مؤثر است، ولی بهترین تأثیر با سه بار محلول‌پاشی با غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست‌آمده که باعث افزایش ۲۲ درصدی این صفت شد (Mustafa *et al.*, 2011). Abbas *et al.* (2016) بیان داشتند که فسفر، نقش مهمی در رشد و نمو گیاه برنج داشته و تأثیر شگرفی بر پنجه‌زنی و گلدهی برنج دارد؛ بنابراین اگر فراهمی فسفر در مرحله پنجه‌زنی و گلدهی گیاه به هر شکلی بیشتر شود سبب بهبود رشد، عملکرد و اجزای عملکرد شده که ناشی از جذب آسان‌تر این عنصر در شرایط دسترسی آسان‌تر گیاه به آن و افزایش فتوسنتز است. همچنین گزارش کردند که در برنج رقم NIA-20A افزایش میزان فسفر قابل‌جذب باعث افزایش ۳۷ درصدی طول خوشه شده است (Abbas *et al.*, 2016). Fageria *et al* (2011) نیز نشان دادند با افزایش میزان فسفر تا ۱۷۳ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک و بهبود فراهمی آن، در گیاه برنج رقم بی آر اس جابورو (BRS Jaburu) طول خوشه ۲۵ درصد افزایش یافت.

وزن هزاردانه

مقایسه میانگین فاکتورهای اصلی نشان داد که تنها محلول‌پاشی روی بر وزن‌هزاردانه تأثیر معنی‌دار داشته و باعث افزایش ۴ درصدی آن شد (جدول ۳). همچنین هیچ‌یک از برهمکنش‌ها نیز بر این صفت تأثیر معنی‌داری نداشتند. بیشترین میزان وزن‌هزاردانه در رقم هاشمی ۳۰ گرم مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که حدود ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. این در حالی است که در رقم شیرودی بیشترین میزان وزن هزاردانه ۲۷/۵ گرم و مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بود که باعث افزایش ۱۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد. وزن‌هزاردانه در گیاه برنج غالباً جزو صفات ثابت بوده و یکی از ویژگی‌های پایدار به‌حساب

می‌آید و نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه ارقام جدید (باقابلیت عملکرد بالا) دارا می‌باشند (Matsuzaki, 2001). اگرچه گزارش‌شده است که کمبود روی، موجب می‌گردد تا دانه‌های ضعیفی تشکیل گردد (Joshi and Pandey, 2005)، با این‌وجود، به نظر می‌رسد کاربرد روی (فارغ از شیوه مصرف) تأثیر مثبتی (ازنظر عددی و یا به‌طور معنی‌دار) بر این صفت دارد. Chakerolhousaini *et al*. (2009) گزارش نمودند که علی‌رغم عدم تأثیر معنی‌دار روی بر وزن‌هزاردانه، مصرف روی به‌صورت محلول‌پاشی به‌طور عددی باعث افزایش آن به میزان حدود ۲ درصد شده است. این در حالی است که Rahman *et al*. (2011) و Khan *et al*. (2002) از افزایش معنی‌دار این صفت در اثر مصرف روی گزارش نموده‌اند. بر اساس دیدگاه‌های پژوهشگران می‌توان دلیل‌های گوناگونی برای این تأثیر مثبت بیان داشت که عبارت‌اند از: افزایش مواد ذخیره‌شده و کاهش محدودیت منبع و سرازیر شدن مواد پرورده به سمت دانه، تأثیر عنصر روی بر تولید هورمون ایندول استیک اسید (Alloway, 2009)؛ افزایش و بهبود فرآیند انتقال مجدد مواد غذایی و افزایش انتقال اولیه به‌وسیله تحریک هورمون‌ها و افزایش انتقال در آوند آبکش و تأثیر سولفات روی بر افزایش کارایی آوند آبکش در انتقال مواد غذایی به دانه و پر شدن آن (Jiang *et al*., 2007).

تعداد دانه پر و پوک

مقایسه میانگین فاکتورهای اصلی نشان داد تعداد دانه پر از محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) تأثیر معنی‌دار پذیرفته (جدول ۳) و به ترتیب باعث افزایش ۱۹/۹۸ و ۹/۳ درصدی تعداد دانه پر شد. این در حالی است که محلول‌پاشی با فسفر پنج در هزار به‌تنهایی در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) باعث افزایش ۲۵ درصدی تعداد دانه پوک شد. همچنین برهمکنش محلول‌پاشی روی در محلول‌پاشی فسفر تنها بر تعداد دانه پوک تأثیر معنی‌دار داشت. کمترین تعداد دانه پوک در تیمار ترکیبی محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) به ثبت رسیده است که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار آماری نداشت. با توجه به معنی‌دار بودن نوع رقم بر این صفات، بیشترین تعداد دانه پر و کمترین تعداد دانه پوک در رقم هاشمی به ترتیب ۱۱۴ و ۵ عدد مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی در مرحله رسیدگی دانه بوده که در هر دو صفت حدود ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. این در حالی است که در رقم شیرودی بیشترین تعداد دانه پر و کمترین تعداد دانه پوک به ترتیب ۱۵۶ و ۱۴ عدد نیز مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی در مرحله رسیدگی دانه بوده که در هر دو صفت به ترتیب حدود ۶ و ۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش از خود نشان می‌دهد. عملکرد دانه (تعداد دانه پوک و پر) به‌عنوان تابعی از مرحله پر شدن دانه (میزان و طول دوره پر شدن) بوده و هر عاملی که بر روی این مرحله تأثیر مثبت داشته باشد بر تعداد دانه پر و پوک نیز مؤثر است. در گیاه برنج غلظت کم ایندول استیک اسید یکی از مهم‌ترین عوامل پر نشدن و یا پر شدن نامناسب دانه بشمار رفته و عنصر روی فاکتور کلیدی برای تولید این اسید به‌حساب می‌آید (Cakmak, 2008؛ Broadley *et al*., 2007). Zulfigar *et al*. (2020) تائید نمودند که محلول‌پاشی روی باعث افزایش ۵ درصدی و معنی‌دار دانه پر نسبت به شاهد شد. این یافته‌ها در راستای یافته‌های Hoseinzadeh *et al*. (2012), Mahmoudsoltani *et al*. (2020), and Khampuang *et al*. (2020). است.

صفات عملکردی

عملکرد دانه

محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشته و باعث افزایش به ترتیب ۱۱/۳۰ و ۳/۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد شده است اگرچه بین محلول‌پاشی با فسفر پنج در هزار در مرحله شروع آبستنی و محلول‌پاشی با فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) تفاوت معنی‌دار دیده نمی‌شود. همچنین با توجه به معنی‌دار بودن نوع رقم بر این صفت، بالاترین میزان عملکرد دانه در رقم هاشمی ۴۰۲۰ کیلوگرم در هکتار و مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که حدود ۱۷/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. این در حالی است که در رقم شیرودی بالاترین میزان عملکرد دانه ۶۵۷۱ کیلوگرم در هکتار و مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بود که حدود ۹ درصد نسبت به شاهد افزایش از خود نشان می‌دهد. همچنین بیشترین ضریب همبستگی بین عملکرد دانه به ترتیب با تعداد دانه پر (۰/۹۲**)، تعداد دانه در خوشه (۰/۹۱**) و عملکرد کاه و کلش (۰/۸۲**) دیده می‌شود (جدول ۵). تأثیر شگرف عنصر روی در افزایش سنتز آنزیم‌ها و هورمون‌ها به همراه نقش بدون جایگزین آن در فرآیندهای سوخت‌وساز عناصر اصلی محرک رشد و نمو گیاه و افزایش عملکرد می‌شود. از طرف دیگر روی تأثیر مستقیمی بر میزان و کیفیت اکسین تولیدشده، داشته که درنهایت رشد گیاه

برنج را بهبود می‌بخشد. عنصر روی همچنین نقش اصلی در فرآیند گرده‌افشانی، تشکیل اندام‌های زایشی نر و ماده و فرآیند تشکیل دانه داشته که همه آن‌ها به افزایش عملکرد دانه می‌انجامد (Wijebandara *et al*., 2009). Chakeralhosseini *et al*. (2009) نشان دادند که مصرف کود روی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه در برنج رقم چرام شد. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد به میزان ۶۳۶۶ کیلوگرم در هکتار با تغذیه برگی (با غلظت ۳ در هزار) توأم با مصرف ۴۰ کیلوگرم در خاک سولفات روی حاصل شد که در مقایسه با شاهد (۳۹۸۸ کیلوگرم در هکتار) در حدود ۶۰ درصد افزایش داشته است. گزارش پژوهشی حاکی از افزایش عملکرد دانه برنج در شالیزارهای شرق استان مازندران در اثر کاربرد سولفات روی بود و این افزایش در مناطقی با میزان روی خاک کمتر از حد بحرانی به‌مراتب بیشتر بود (Valinejad, 2001). در یک آزمایش مزرعه‌ای که به‌منظور بررسی اثر کاربرد مجزا و ترکیبی عناصر روی، آهن و منگنز به دو صورت مصرف خاکی و محلول‌پاشی بر رشد و عملکرد برنج رقم ساخا ۱۰۱ در مصر انجام‌شده، نتایج نشان داده که استفاده از عناصر کم‌مصرف به‌صورت مجزا یا ترکیبی افزایش قابل‌توجهی بر رشد برنج داشته و کاربرد ترکیبی عناصر روی، آهن و منگنز بیشترین اثر مثبت را در گیاه، در هر دو روش مصرف خاکی و محلول‌پاشی داشت (Zayed *et al*., 2011).

میزان فراهمی فسفر در خاک می‌تواند بر واکنش گیاهان زراعی به مصرف کود فسفر مؤثر باشد. نتایج سایر تحقیقات نشان داده است درصورتی‌که میزان فسفر خاک کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد، کاربرد کود فسفر تأثیر مطلوبی بر افزایش عملکرد گیاه برنج دارد (Malakooti and Kavoosi, 2004). بررسی جدول۱، مربوط به تجزیه خاک کرت‌های آزمایشی نشان می‌دهد که مقدار فسفر قابل‌جذب کمتر از پنج میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است. اگرچه کود فسفر به خاک اضافه‌شده است، ولی کمبود شدید این عنصر در خاک می‌تواند تأثیر معنی‌دار محلول‌پاشی فسفر را بر عملکرد ارقام کاشت شده تائید نماید. اگرچه تعداد پژوهش‌هایی که بر کاربرد هم‌زمان محلول‌پاشی روی و فسفر انجام شده باشند بسیار نادر است، ولی به نظر می‌رسد فسفر به دلیل تحریک رشد و نمو ریشه و استخراج بیشتر مواد غذایی از خاک، تحریک فرآیند فتوسنتز در گیاهان و افزایش پنجه‌زنی اولیه با افزایش بخش رویشی به جذب بیشتر فسفر و روی ناشی از محلول‌پاشی کمک شایانی نماید. Mafi *et al*. (2013) در بررسی کاربرد هم‌زمان کود روی و فسفر بر گیاه برنج رقم هاشمی نشان دادند که اثر فسفر و روی و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد گیاه برنج تأثیر معنی‌دار داشت. Rehim *et al*. (2014) با کاربرد هم‌زمان فسفر و روی بر روی رقم سوپر باسماتی نتیجه‌گیری نمودند که مصرف این کودها باعث افزایش عملکرد می‌شود، اگرچه تیمارهای بالای فسفر (بیش از ۸۰ کیلوگرم در هکتار پنتا اکسید فسفر) باعث اختلال در جذب روی و درنتیجه کاهش عملکرد دانه شد.

عملکرد زیستی (زیست‌توده)

مقایسه میانگین فاکتورهای اصلی نشان داد که محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بر روی عملکرد زیست‌توده تأثیر داشته و به ترتیب باعث افزایش ۶/۵ و ۱۳ درصدی آن شد (جدول ۳). همچنین با توجه به معنی‌دار بودن نوع رقم بر این صفت، بالاترین میزان عملکرد زیستی در رقم هاشمی ۹۸۸۴ کیلوگرم در هکتار و مربوط به محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که حدود ۱۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. این در حالی است که در رقم شیرودی بالاترین میزان عملکرد زیستی ۱۲۶۴۰ کیلوگرم در هکتار و مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که حدود ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش از خود نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد عملکرد زیستی تجمع ماده خشک در گیاه را نشان می‌دهد (Uphoff, 2005). عملکرد یک گیاه را می‌توان از طریق افزایش کل ماده خشک تولیدی در مزرعه بالا برد. محققان طی آزمایشی نشان دادند که افزایش عملکرد دانه ناشی از افزایش عملکرد زیستی و ضریب برداشت است (جدول ۵). افزایش عملکرد ماده خشک با مصرف عنصر ریزمغذی روی به دلایل مختلفی ازجمله افزایش تولید اکسین در حضور عنصر روی، افزایش آنزیم کربونیک انهیدراز که در تمامی بافت‌های فتوسنتزی حضور دارد و برای بیوسنتز کلروفیل موردنیاز است، بهبود عملکرد فتوسیستم‌های نوری، افزایش فعالیت فسفواینول پیرووات کربوکسیلاز و ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی مرتبط می‌باشد. تمامی عوامل بیان‌شده در افزایش شاخص‌های رشد از قبیل تعداد و اندازه برگ، ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی مؤثر است و از این طریق عملکرد ماده خشک افزایش می‌یابد. گزارش‌شده است که عنصر روی، میزان فتوسنتز و دوام سطح برگ را افزایش داده و درنتیجه میزان تولید مواد پرورده افزایش می‌یابد (Yousefi and Zandi, 2012).

Shokrivahed (2009) در آزمایشی که در مؤسسه

تحقیقات برنج کشور اجرا شد، نشان داد محلول‌پاشی کمپلکس عناصر کم‌مصرف با غلظت چهار در هزار، عملکرد دانه، کاه و زیست‌توده را نسبت به شاهد تا ۳۰ درصد افزایش داد. Zhu *et al*. (2008) نیز گزارش کردند که مصرف سولفات روی، ارتفاع بوته، طول خوشه، افزایش تعداد دانه‌های پر (پر شدن خوش‌چه)، وزن هزاردانه و عملکرد دانه، کاه و زیست‌توده را افزایش داد. در خاک‌هایی که مشکل تثبیت و یا غیرقابل استفاده بودن عناصر ریزمغذی به‌خصوص روی وجود دارد، محلول‌پاشی برگی بهترین راه‌حل است. این یافته‌ها با نتایج Srivastava *et al*. (2014) در یک راستا قرار دارند. Mafi and sadeghi (2013) در بررسی کاربرد هم‌زمان کود روی و فسفر بر گیاه برنج رقم هاشمی نشان داد که اثر فسفر و روی و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد گیاه برنج، وزن خوشه در گیاه، تعداد خوشه در مترمربع، شاخص برداشت و تعداد دانه پر در خوشه در سطح پنج درصد تأثیر معنی‌دار داشت. Rehim *et al*. (2014) با کاربرد هم‌زمان فسفر و روی بر روی رقم سوپر باسماتی، نتیجه‌گیری نمودند که مصرف این کودها باعث افزایش عملکرد کاه و دانه شد. در بررسی اثر محلول‌پاشی روی بر ارقام مختلف برنج در مازندران و واکنش ارقام بومی و اصلاح‌شده به این تیمارها، Mahmoudi *et al*. (2004) نتیجه‌گیری نمودند که رقم اصلاح‌شده ندا نسبت به رقم محلی طارم هاشمی عملکرد دانه و کاه و کلش بیشتری تولید می‌کند. آن‌ها بیان داشتند رقم ندا یک رقم حساس به کمبود روی بوده و با توجه به عملکرد بالاتر، به‌ناچار کود پذیری بیشتری نیز نسبت به ارقام محلی دارد.

شاخص برداشت

مقایسه میانگین فاکتورهای اصلی نشان داد که تنها محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بر روی شاخص برداشت تأثیر معنی‌دار داشته و سبب افزایش ۴/۴ درصدی آن شد. همچنین با توجه به معنی‌دار بودن نوع رقم بر این صفت، بالاترین میزان شاخص برداشت در رقم هاشمی ۴۵ درصد و مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بوده که حدود ۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. این در حالی است که در رقم شیرودی بالاترین میزان شاخص برداشت ۵۴ و مربوط به تیمار محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) بود که حدود ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش از خود نشان می‌دهد. شاخص برداشت بالا لازمه عملکرد بالاتر است (جدول ۵)، ولی شرط کافی رسیدن به عملکرد مطلوب نیست. عوامل کلیدی تعیین‌کننده شاخص برداشت، وزن خشک در زمان خوشه‌دهی و سرعت رشد محصول در مرحله خوشه‌دهی است. معمولاً وزن خشک در مرحله خوشه‌دهی و سرعت رشد محصول در مرحله خوشه‌دهی باهم رابطه عکس‌دارند. Kumar *et al*. (2020)، Singh *et al*. (2014) و Shivay *et al*. (2010) بر این نکته تأکید کردند که با کاربرد عناصر کم‌مصرف به‌ویژه از طریق محلول‌پاشی سبب افزایش جذب این عناصر شده و درنتیجه سبب بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی و متحرک‌سازی ذخیره این عناصر در اندام‌های گیاه برنج و انتقال مؤثر آن‌ها به اندام‌های هدف (دانه) می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که محلول‌پاشی این دو عنصر (باهم یا جداگانه) به‌طور میانگین سبب افزایش ۱۰ درصدی عملکرد دانه، ۱۵ درصدی عملکرد زیست‌توده و ۱۰ درصدی شاخص برداشت ارقام هاشمی و شیرودی شده است. به نظر می‌رسد مهم‌ترین علت این افزایش‌ها تأثیر بر پر شدن دانه و وزن هزاردانه در دو رقم مورد آزمایش بوده که به‌طور میانگین ۱۰ درصد بوده است؛ بنابراین ضروری است به محلول‌پاشی به‌عنوان راهکاری مناسب و در دسترس برای افزایش تولید نگریست. نتایج این آزمایش نیز نشان داده است محلول‌پاشی با روی در مرحله رسیدگی دانه و محلول‌پاشی با روی و فسفر پنج در هزار در مراحل شروع آبستنی و شروع پر شدن دانه (مرحله رسیدن) به ترتیب تأثیر قابل قبولی به ترتیب بر عملکرد دانه و زیست‌توده ارقام هاشمی و شیرودی گذاشته و لازم است در مزارع پژوهشی و در شرایط مشابه با مزرعه کشاورز مورد آزمون مجدد قرار گیرد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFFERENCES

Abbas, M., Shah, J. A., Irfan, M. and Memon, M. Y. (2016). Evaluating nitrogen and phosphorus requirement for the economical harvest of rice genotype 'NIA-19/A'. *Science International*, *28*(4), 3977-3982.

Abbasian, A. and Aminpanah, H. (2017). Effects of Previous Crop and Rate of Phosphorous Fertilizer Application on Yield and Yield Components of Rice (Oryza sativa L.) cv. Shiroudi. *Journal of Crop Physiology*, 11(4), 889-904.

Akter, S. (2017). Effect of flag leaf removal on growth and yield of six modern rice varieties in aman season (Doctoral dissertation, Dept. of Agricultural Botany). Department of Agricultural Botany Sher-E-Bangla Agricultural University.50pp.

Allagholipoor, M. (2016). Analysis of grain yield stability of new rice (Oryza sativa L.) genotypes originated from Iranian local cultivars. *Iranain Journal of Crop Science*, 18(301), 289-294.

Alloway, B. J. (2009). Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health*, *31*(5), 537-548.

Arif, M., Shehzad, M. A., Bashir, F., Tasneem, M., Yasin, G., and Iqbal, M. (2012). Boron, zinc and microtone effects on growth, chlorophyll contents and yield attributes in rice (*Oryza sativa* L.) cultivar. *African Journal of Biotechnology*, 11(48), 10851-10858.

Bates, R. G., and Vijh, A. K. (1973). Determination of pH: theory and practice. *Journal of The Electrochemical Society*, *120*(8), 263C.

Bower, C. A., Reitemeier, R. F., and Fireman, M. (1952). Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. *Soil Science*, *73*(4), 251-262.

Bremner, J. M. (1965). Total nitrogen. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, 9, 1149-1178.

Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., and Lux, A. 2007. Zinc in plants. *New Phytol.* 173, 677–702.

Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic bio-fortification? *Plant and Soil*, 302(1-2),1-17.

Chakeralhosseini, M. R., Mohtashami, R., and Owliaie, H. R. (2009). Effects of rate, source, and method of zinc fertilizer application on quantitative and qualitative characteristics of rice (Choram 1). *Journal of Research in Agricultural Science*, 5 (1), 33-43. (in Persian with English abstract).

Chang, H. B., Lin, C. W., and Huang, H. J. (2005). Zinc-induced cell death in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Plant Growth Regulation*, *46*(3), 261-266.

Dobermann, A., Cassman, K. G., Mamaril, C. P., Sheehy, J. E. (1998). Management of phosphorus, potassium, and sulfur in intensive, irrigated lowland rice. *Field Crop Research*, 56, 113–138.

FAO. (2018). Rice market monitor. Vol. XVI, *Trade and Markets Division*. Rome.

Fageria, N. K., Moreira, A. and Coelho, A. M. (2011). Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. *Journal of Plant Nutrition*, *34*(3), 361-370.

Firoozjaii,G. K., Habibi,H., Sudai Mashai, S. and Fotookiyan, M. T. (2012). The effect of foliar spray of fertilizers and growth hormone on seed germination characters. *Seed Research*, 2(2), 1-10.

Gee, G. W., and Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and MineralogicalMethods*, *5*, 383-411.

Hoseinzadeh, H., Mahdavi Damghani, A., and Delkhosh, B. (2012). The effects of zinc sulphate foliar application on yield and yield components of rice (Shiroodi Cultivar). *The Journal of New Findings of Agriculture*, 7(1), 47-55.(In Farsi).

Hussain, S., Maqsood, M. A., Rengel, Z. and Aziz, T. (2012). Biofortification and estimated human bioavailability of zinc in wheat grains as influenced by methods of zinc application. *Plant and Soil*, *361*(1-2), 279-290.

Iran Nejad, H., and Shahbazian, N. (2002). *Cereals Agronomy*. *Second edition*, Karand Press. (In Persian).

Jiang, W., Struik, P. C., Lingna, J., Van Keulen, H., Ming, Z. and Stomph, T. J. (2007). Uptake and distribution of root-applied or foliar-applied 65Zn after flowering in aerobic rice. *Annals of Applied Biology*, 150(3), 383-391.

Joshi, G., Pandy, S. (2005). Effects of farmers' perception on the adoption of modern rice varieties in Nepal. Conference on International Agricultural Research for Development. Stuttgart-Hohenheim, 11-13 October 2005.

Khampuang, K., Lordkaew, S., Dell, B. and Prom-u-thai, C. (2020). Foliar zinc application improved grain zinc accumulation and bioavailable zinc in unpolished and polished rice. *Plant Production Science*, 1-9.

Khan, M. U., Qasim, M. and Jamil, M. (2002). Effect of different levels of zinc on the extractable zinc content of soil and chemical composition of rice. *Asian Journal of Plant Sciences*, 1(1), 20-21.

Khoshgoftarmanesh, A.H., Sadrarhami, A., Sharifi, H. R., Afiuni, D. and Schulin, R. (2009). Selecting zinc-efficient wheat genotypes with high grain yield using a stress tolerance index. *Agronomy Journal*, *101*(6), 1409-1416.

Kulhare, P.S., Tagore, G. S. and Sharma, G. D. (2017). Effect of foliar spray and sources of zinc on yield, zinc content and uptake by rice grown in a Vertisols of central India. *International Journal of Chemical Studies*, *5*(2), 35-38.

Kumar, D., Kumar, R., Singh, P. and Kumar, P. (2017). Effect of different zinc management practices on growth, yield, protein content, nutrient uptake and economics on rice under partially reclaimed saltaffected soil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 6(5), 638-640

Kumar, R., Kumar, M., Yadav, S. and Kumar, R. (2020). Effect of Sources and Methods of Zinc Application on Productivity, Nutrient Uptake and Zinc Use Efficiency of Basmati rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal* of *Current Microbiology* and *Applied* Sciences, *9*(1), 2231-2242.

Kumari, P., Singh, A.K., Dewangan, P. K., Pankaj, S. C. and Lakra, A. K. (2017). Effect of foliar application of nutrients on soybean. *Journal of Plant Development Sciences*, *9*(3), 261-264.

Lindsay, W. L., and Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1. *Soil science society of America journal*, *42*(3), 421-428.

Mafi, S., Sadeghi, M., and Doroodian, H. R. (2013). The effect of P and Zn fertilizers on yield and yield component of rice (Hashemi cultivar). *First*

National Conference on Sustainable Agriculture And Healthy Environment. Azad University, Hamedan Branch. Hamedan. Iran.

Mahmoudi, M., Malakooti, M. J., and Ramezanpour, M. (2004). A study on the effects of zinc sulphate on two varieties of rice in the east of Mazandaran province. Journal of Science And Technology of Agriculture And Natural Resources,11(2), 55-63.

Mahmoudsoltani S, Mohamed, M.H., Samsuri, A., Syed, M. and Sharifah, K. (2017). Lime and Zn application effects on soil and plant Zn status at different growth stages of rice in tropical acid sulphate paddy soil. *Azarian Journal of Agriculture*, *4*(4), 127-138.

Mahmoudoltani, S. (2019). Quantitative and qualitative improvement of rice grain in paddy field through macro and micronutrient management strategies (focus on phosphorus and zinc). Final project report. Rice Research Institute of Iran. Rasht. Iran.

Mahmoudsoltani, S. (2020b). Zn biofortification, grain protein content, and zinc and phosphorus content of rice tissues at different growth stages affected by zinc and phosphorus foliar application. Iran J Soil Water Res. (Accepted)(In Persian).

Mahmoudsoltani, S. 2018. Zinc deficiency, causes, symptoms and solutions. Technical Bulletin. Rice research institute of Iran.31p.

Mahmoudsoltani, S., Allahgholipoor,M., Shakoori, M. and Poursafar tabalvandani, A. (2020a). Effect of basal and foliar application of zinc sulphate fertilizer on zinc uptake, yield and yield components of rice (Hashemi cultivar). Iranian Journal of Soil and Water Researches. (in press)(in Persian with English abstract).

Mahmoudsoltani, S., Hanafi, M. M., Samsuri, A. W., Muhammed, S. K. S. and Hakim, M. A. (2016). Rice growth improvement and grains bio-fortification through lime and zinc application in zinc deficit tropical acid sulphate soils. *Chemical Speciation & Bioavailability*, *28*(1-4), 152-162.

Mahmoudsoltani, S., Mohamed, M. H., Abdul, W. S. and Sharifah, K. (2017). Lime and Zn interactions effects on yield, yield component, and quality of rice in Zn deficit tropical paddy soil. *Azarian Journal of Agriculture*, *4*(5), 185-192.

Malakooti, M. J. and Tehrani, M. M. (1993). The Role of Micro Nutrients in Crop Yield and Quality Improvement (Micro-elements with Grand Effect). *Tarbiat Modares University, Tehran (In Persian)*.

Malakooti, M. J., and Kavoosi, M. (2004). Balance nutrition of rice. *SANA publication press.* Tehran, Iran.p 610.

Mannan, M. A., M. S. U. Bhuiya, H. M. A. Hossain, and M. I. M. Akhand. 2010. Optimization of nitrogen rate for aromatic Basmati rice (*Oriza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 35(1),157-165.

Matsuzaki, T., (2001). Control method of the pecky rice bugs in Toyama Prefecture. *Plant Prot*, (55), 451-454.

Mohadesi, A., Allagholipoor, M., Bahrami, M., and Arefi, H. (2006). Introducing new rice variety, Shiroodi. *The 9th Congress of Agronomy And Breeding*. Trhran, Iran.

Moosavi, S. G., Mohamadi, A., Baradaran, R., Seghatolislam, M. J. and Amiri, A. 2015. Effect of different N fertilizer amounts on morphological characters, yield and yield component of three rice cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(1), 146-152.

Mustafa, G., Ehsanullah, A.N., Qaisrani, S.A., Iqbal, A., Khan, H.Z., Jabran, K., Chattha, A.A., Trethowan, R., Chattha, T. and Atta, B.M. (2011). Effect of zinc application on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences*, *5*(6), 530-535.

Olsen, S. R. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.

Potarzycki, J. and Grzebisz, W. (2009). Effect of zinc foliar application on grain yield of maize and its yielding compone. *Plant, Soil and Environment*, *55*(12), 519-527.

Rahman, K. M., Chowdhury, M. A. K., Sharmeen, F., Sarkar, A., Hye, M.A., Biswas, G.C. and Sarkar, A. (2011). Effect of zinc and phosphorus on yield of Oryza sativa (cv. br-11). *Bangladesh Research Publications Journal*, *5*(4), 315-358.

Ramanthan, S., Stalin, P., Thilagavathi, T., Natarajan, K. and Ankorion, Y. (2002). Foliar nutrition of peak on rice. *Proceeding of the 17th WCSS*, 14-21.

Ramazani, A., Solhi, M. and Rezaei M. (2018). Effects of Foliar Application of Zinc Fertilizer on Grain Yield and Zinc Content of Rice Grain cv. Sazandegi. Iranian Journal of Field Crops Research, 16(1), 125-136. (In Farsi).

Rehim, A., Zafar-ul-Hye, M., Imran, M., Ali, M. A., and Hussain, M. (2014). Phosphorus and zinc application improves rice productivity. *Pakistan journal of science*, *66*(2), 134.

Rehman, H. U., Aziz, T., Farooq, M., Wakeel, A. and Rengel, Z. (2012). Zinc nutrition in rice production systems: a review. *Plant and Soil*, *361*(1-2), 203-226.

Roades, J. D. (1982). Soluble salts. p. 167-179. In A. L. Page et.al. (ed). Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Sabouri, H., Navabpour, M. and Mohammad, E. M. (2011). Determination Of Genetic Structure Of Agronomic Rice Traits Using Classical And Molecular Approach. *Journal of Plant Production*, 18(4)45-72.

Sedghi, M., and Sharifi, R. S. (2013). Effects of foliar supplements of nitrogen, phosphorus and potassium on grain yield and macro element transport and adsorption efficiency of hybrid rice

(*Oryza sativa* L.). *Research in Field Crops.* 1(1), 64-75.

Shivay, Y. S., Prasad, R. and Rahal, A. (2010). Genotypic variation for productivity, zinc utilization efficiencies, and kernel quality in aromatic rice under low available zinc conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 33, 1835-1848

Shahdi Kumleh, A., and M. Kavossi. 2004. Evaluation of interaction of silica and phosphorous on the growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 35(3) 581-586. (In Farsi).

Shokrivahed, H. (2009). The effects of foliar supplements of micro nutrients on the yield and yield components of Hashemi rice variety. Final report of Rice Research Institute of Iran.20pp. (In Farsi).

Shokrivahed, H., Dorosti, H., Majidi, F. (2011). Effects of foliar supplements of nitrogen, phosphorous and potassium on the yield and yield components of Hybrid rice variety. Final report. *Rice Research Institute of Iran*. Rasht, Iran.20pp.

Singh, A. K. Singh, N. P., Nongkyarih, P. (2014). Response of rice to Zn in the soils of Meghalaya. *Fertilizer News*, 47(8), 53-54

Srivastava, P. C., Bhatt, M., Pachauri, S. P. and Tyagi, A. K. (2014). Effect of zinc application methods on apparent utilization efficiency of zinc and phosphorus fertilizers under basmati rice–wheat rotation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *60*(1),33-48.

Talib, S., Bhat, M. A., Hussain, A., Ganai, M. A. and Teli, N. A. (2016). Effect of levels and sources of zinc on growth, yield and economics of rice (*Oryza sativa*) under temperate conditions. *Indian Journal of Agronomy*, *61*(2), 186-190.

Thomas, G.W. (1982). Exchangeable cations. In: Page A L., Miller R.H. and Keeney D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis- Part 2*. American Society of Agronomy, Madison, 159-165.

Tonini, A. and Cabrera, E. (2011). Opportunities for global rice research in a changing world (No. 2215-2019-1630).

Turner, F. T. and Jund, M. F. (1991). Chlorophyll meter to predict nitrogen topdress requirement for semidwarf rice. *Agronomy Journal*, *83*(5), 926-928.

Uphoff, N. (2005). The development of the System of Rice Intensification. Participatory research and development for sustainable agriculture and rural development, 3, 119-125.

Valinejad, M. (2001). Determination of critical level of potassium and zinc in several paddy fields of Mazandaran province. Soil Science master's thesis. Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran. Tehran, Iran. (in Farsi with English abstract).

Verma, V. K., Meena, R.N., Maurya, S. P., Bahadur, S. and Gautam, A. (2015). Maniram, Effect of sources of zinc and various crop establishment methods on growth, yield and yield attributes of rice (Oryza sativa L.) in Eastern UP, Ecology. *Ecology, Environmental and conservation*.

Walkley, A., and Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, *37*(1), 29-38.

Wijebandara, D. M. D. I., Dasog, G. S., Patil, P. L., and Hebbar, M. (2009). Effect of nutrient levels and biofertilizer on growth and yield of paddy under System of Rice Intensification (SRI) and conventional methods of cultivation. *Tropical Agricultural Research*, 20, 343-353.

Yazdani Motlag, N., Reyhanitabar, A. and Najafi, N. (2013). Effects of combined application of nitrogen and phosphorus on their, and as well on potassium uptake by rice plant under flooded vs. non-flooded conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 44(2), 183-192. (In Farsi).

Yosef Tabar, S. (2012). Effect of nitrogen and phosphorus fertilizer on growth and yield rice (*Oryza sativa* L). *International journal of agronomy and Plant Production*, *3*(12), 579-584.

Yousefi, M. and Zandi, P. (2012). Effect of foliar application of zinc and manganese on yield of pumpkin (Cucurbita pepo L.) under two irrigation patterns. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Series Agronomy*, *15*(4), 1-9.

Zayed, B. A., Salem, A. K. M., and El Sharkawy, H. M. (2011). Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oryza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7 (2), 179-184.

Zhu, C., Gao, X., Shi, R., Fan, X. and Zhang, F. (2008). Micronutrient deficiencies in crop production in China. In Micronutrient deficiencies in global crop production (pp. 127-148). Springer, Dordrecht.

Zulfigar, U., Hussain, S., Maqsood, M., Ishfaq, M., & Ali, N.(2020). Zinc nutrition in puddled transplanted and direct seeded production systems to enhance productivity, zinc use efficiency and grain biofortification of fine aromatic rice. *Crop Science(Accepted)*.