یافته های نوین کشاورزی
سال هفتم- شماره۱- پاییز ۱۳۹۱

اثرات محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی

سید حسام‌الدین حسین‌زاده*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت، تهران، ایران
عبدالمجید مهدوی دامغانی، گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکدهٔ علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
بابک دلخوش، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه زراعت، تهران، ایران
علی محدثی، مرکز تحقیقات برنج، وزرات جهاد کشاورزی، رشت.

چکیده

با هدف بررسی تأثیر محلول‌پاشی کلات سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن با ۵ تیمار صفر، ۲، ٤، ٦ و ۸ در هزار محلول‌پاشی کلات سولفات روی با چهار تکرار در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. محلول‌پاشی در سه مرحله به ترتیب یک ماه پس از انتقال نشاء به مزرعه اصلی، پس از گلدهی و مرحلهٔ شیری شدن دانه انجام شد. نتایج نشان داد تیمار محلول‌پاشی کلات سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه، تعداد پنجه در متر مربع، تعداد خوشه‌چه در خوشه و درصد خوشه‌چه پر داشت. در غلظت ۲ در هزار، بیشترین وزن هزار دانه و پنجه در متر مربع و تعداد خوشه‌چه در خوشه به دست آمد و کمترین مقادیر این شاخص‌ها در تیمار شاهد مشاهده شد. از آنجایی که روی به عنوان یک عامل ساختمانی، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و ساخت پروتئین‌ها عمل می‌کند، نتایج این آزمایش می‌تواند ناشی از تأثیرات مثبت روی بر فیزیولوژی رشد و تولید عملکرد در برنج باشد. غلظت ۲ در هزار بهترین عملکرد و اجزای عملکرد را داشت و کاربرد سولفات روی در این سطح، از نظر اقتصادی نیز قابل قبول خواهد بود و تأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد برنج دارد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تولید پایدار، عملکرد دانه، روی

* نویسنده مسئول: E-mail:hesamhoseinzadeh64@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۸/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۲/۱۱

مقدمه

مصرف بهینه کود، همواره نقشی کلیدی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی، از جمله برنج ایفا می‌کند (۱۲). با وجود کاربرد کودهای شیمیائی در چند دهه گذشته و موفقیت‌های آن در افزایش تولید برنج، به دلیل عدم رعایت مصرف بهینه کود و نیز عدم توجه به مسائل زیست محیطی، کاربرد نامتعادل این نهاده‌ها پیامدهایی منفی به همراه داشته است که از آن جمله می‌توان به تجمع نیترات در آب‌های زیرزمینی و انباشت کادمیم در خاک‌های شالیزار و دانه برنج اشاره کرد (۲۵). علاوه بر این، توجه بیش از حد به عناصر پر مصرف (NPK) و بی‌توجهی به ریزمغذی‌ها، از جمله روی، موجب افت عملکرد برنج شده است (۱). تغذیه برگی روشی جهت افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی و کاهش خطرات محیطی آنها است (۳). در برگ‌های جوان، محلول غذایی از طریق تارهای ریز روی سطح برگ، روزنه‌ها و منافذ هیدروفیلی داخل کوتیکول برگ جذب می‌شود (۱۷). جذب پایین عناصر در خاک، کاهش فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی، میوه‌دهی و غنی‌سازی محصولات کشاورزی از دلایل گرایش به تغذیه برگی هستند. در این روش، سرعت انتقال عناصر غذایی از سطوح برگ‌ها به اندام‌های گیاهی زیاد بوده و بیشترین تأثیر آن هنگامی است که برگ‌ها حداکثر سطح را داشته باشند. از آنجا که در مرحله گلدهی، سطح برگ بیشتر گیاهان زراعی به حداکثر مقدار خود می‌رسد و در این زمان کلیه فعالیت‌های سوخت و ساز، از جمله جذب ریشه‌ای عناصر غذایی کاهش می‌یابد، این روش بیشترین کارایی را خواهد داشت. در این روش، عنصر غذایی به طور مستقیم وارد اندام هوایی می‌شود و مشکل تبدیل به مواد معدنی غیر محلول در خاک و کم شدن قابلیت دسترسی آن‌ها وجود ندارد.

ژائو و همکاران (۲۰۰۵) دریافتند با کاربرد محلول‌پاشی روی برای برگ، این مشکل از بین می‌رود. عنصر روی پیش‌فاکتور بیش از ۳۰۰ آنزیم است که نقش بسیار مهمی در تشکیل پروتئین‌ها و آنزیم‌ها دارد. معمولاً در شرایط کمبود روی، غلظت این عنصر در اندام‌های گیاهی کمتر از ۲۰ پی‌پی‌ام است، در حالی که غلظت مطلوب آن ۱۰۰-۲۵ پی‌پی‌ام است (۸). کمبود روی در گیاه باعث تغییر شکل برگ‌ها و کلروز آنها می‌شود و کاهش رشد و تأخیر در نمو گیاه، نشانه‌های دیگر کمبود روی است (۱). کمبود روی در برنج سبب کاهش فتوسنتز، تولید پروتئین، مقدار قند و افزایش اسید آمینه آزاد می‌گردد (۲). در فرآیند پوست‌کنی و سفید کردن، خارجی‌ترین لایه برنج قهوه‌ای، یعنی آلئورون و پریکارپ از برنج جدا می‌شوند و در این مرحله، اغلب ریز مغذی‌ها از بین می‌روند (۱۲). اسلیتون و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند روش محلول‌پاشی و کاربرد کود روی به شکل گرانول در خاک، عملکرد را ۳۳-۱۱٪ افزایش داد که بیشترین عملکرد مربوط به کاربرد گرانول خاکی بود، ولی موجب آلودگی شدید آب‌های زیر زمینی شد، در حالی که در روش محلول‌پاشی، عملکرد ۲۶٪ افزایش یافت و هیچ آلودگی زیست‌محیطی گزارش نشد. این نتایج، تاییدی بر نتایج کاراک و مایتی (۲۰۰۶) بود که اعلام کردند تاثیر محلول‌پاشی سولفات

روی به اندازهٔ کاربرد گرانول آن در خاک است. بررسی یوشیدا (۱۹۸۱) نیز نشان داد مصرف سولفات روی به صورت پخش سطحی یا محلول‌پاشی برگی به اندازه آغشته کردن نشاءها با سوسپانسیون اکسید روی برای رفع کمبود روی مؤثر است. در آزمایشی که در ترکیه انجام شد، محلول‌پاشی روی موجب افزایش غلظت این عنصر از ۸ به ۳۷ پی‌پی‌ام شد، ضمن آن که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافت (۹). فاجریا (۱۹۹۷) گزارش کرد که محلول‌پاشی سولفات روی کلاته باعث افزایش غلظت روی به مقدار ۴۵–۱۳ پی‌پی‌ام در برنج قهوه‌ای و ۳۷–۹ پی‌پی‌ام در برنج سفید شد. تیسدال و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند سه نوبت محلول‌پاشی برگی سولفات روی از ٤ هفته پس از انتقال نشا به مزرعه، عملکرد شلتوک را از ٤/۵ به ۵/۹ تن افزایش داد. نتایج پژوهشی دو ساله در استان گیلان مشخص نمود با وجود آن که مقدار روی استخراج‌شده توسط DTPA بالاتر از حد بحرانی بود، اما در بعضی از مزارع، به ویژه در غرب گیلان، گیاه برنج واکنش مثبتی به مصرف کود سولفات روی نشان می‌دهد (۵). شکری (۱۹۹۹) در آزمایشی که در مرکز تحقیقات برنج اجرا شد، نشان دادند محلول‌پاشی کمپلکس عناصر کم‌مصرف با غلظت چهار در هزار، عملکرد دانه را نسبت به شاهد ۳۰٪ افزایش داد. دگریجس و همکاران (۲۰۰٦) با مصرف جداگانه و تلفیقی آهن و روی در سه سطح ۰، ۵ و ۱۰ پی‌پی‌ام روی از منبع سولفات روی، افزایش عملکرد برنج را گزارش کردند.

ژوو و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کرد که مصرف سولفات روی، ارتفاع گیاه، طول خوشه، پر شدن خوشه‌چه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را افزایش داد. در خاک‌هایی که مشکل تثبیت و یا غیر قابل استفاده بودن عناصر ریز مغذی مخصوصا روی وجود دارد اسپری برگیZn EDTA بهترین راه حل می‌باشد (٤). هدف از این پژوهش، مطالعهٔ اثرات محلول‌پاشی کود کلاتهٔ سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی با هدف دستیابی به تولید پایدار برنج بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی چپرسر تنکابن وابسته به موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. تنکابن بر اساس طبقه‌بندی دومارتن دارای اقلیم بسیار مرطوب و دارای اقلیم مرطوب با تابستان گرم و زمستان کمی سرد است. شهرستان تنکابن دارای طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ٤۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۵۳ دقیقه و۳۰ ثانیه است، ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ٤– متر و میانگین بارش سالانهٔ آن ۱۲۳٤ میلی‌متر است. پیش از انجام آزمایش، از خاک مزرعه در عمق ۳۰–۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری شد که نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. در آنالیز خاک، مادهٔ آلی خاک به روش اکسیداسیون یا بیکربنات پتاسیم، pH خاک و عصاره گل اشباع به روش الکترود شیشه‌ای، نیتروژن کل و قابل جذب به روش کجلدال، پتاسیم کل و قابل جذب به روش استات آمونیوم نرمال خنثی و بافت خاک به روش Text hydrometer سیلت درجه C به دست آمد.

جدول ۱: نتایج آزمون خاک مزرعه پیش از انجام آزمایش

OM (%)	N_t (%)	pH	EC (ds/m)	S.P
٦/٨٢	۰/۳٤	۷/٦٥	۰/۵۳	۷۸/۱۲
P (ave)(ppm)	S (ppm)	SO4-2	Fe (ppm)	Mn(ppm)
۳/۸۸	۱۳۷/۳	٤۱۲	۳۲	۱۸/۱۲
Cl-	Ca meq/lit	T.N.V%	Zn (ppm)	Cu (ppm)
۳/۷۵	۷/٦۸	۷/۵	۳۲	٤/۹۵

اندازه‌گیری روی خاک به روش DTPA انجام گرفت و مشخص گردید مزرعه دچار کمبود عنصر روی بوده است (۳۵ پی پی ام).

همچنین اندازه‌گیری روی در دانه و کاه و کلش Absorption Atomic Spectophotometery انجام گرفت. برای اندازه‌گیری فاکتورهای مطالعه از روش جولیانو (۱۹۸۵) و دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. تیمارها شامل ۵ سطح محلول‌پاشی کود کلات سولفات روی شاهد (۰)، ۲ در هزار، ٤ در هزار، ٦ در هزار و ۸ در هزار کود به شکل (Zn EDTA) و در سه مرحله یک ماه پس از انتقال نشاء از خزانه به مزرعه اصلی، پس از گلدهی و مرحله شیری شدن دانه مصرف شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ٦×۳ متر بود. بذور جوانه‌دار شدهٔ رقم شیرودی به مدت ۳۸ روز در خزانه زیر پلاستیک نگهداری شد تا به ارتفاع مورد نظر برای انتقال به مزرعه اصلی برسد (حدود ۲۰ سانتی‌متر). نشاها در تاریخ ٦ خرداد به مزرعه اصلی انتقال داده و با تراکم توصیه شده منطقه (۲۵ × ۲۵ سانتی‌متر) کشت گردید. در زمان برداشت، تعداد پنجه بارور در متر مربع، تعداد خوشه‌چه پر و پوک در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ثبت شد. برای برداشت جهت تعیین عملکرد اقتصادی، بعد از جداسازی حاشیه از هر طرف، ۸۰ بوته از کرت برداشت و پس از خرمن‌کوبی، تمیز و خشک نمودن، وزن و همزمان با رطوبت سنج، رطوبت آن اندازه‌گیری و سپس وزن دانه بر حسب رطوبت ۱٤٪ تعیین شد. برای محاسبهٔ شاخص برداشت، ۵ بوته از هر کرت از سطح خاک برداشت و در مزرعه به مدت ۲٤ ساعت قرار داده شد تا رطوبت به ۱۳-۱٤٪ برسد. پس از خرمن‌کوبی، وزن دانه و کاه و کلش اندازه‌گیری و شاخص برداشت به صورت درصد عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک، محاسبه شد. محاسبات آماری توسط نرم‌افزار SPSS و MSTAT-C انجام و مقایسه‌های میانگین (LSD در سطح احتمال ۵٪) انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس اثرات مقادیر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد برنج در جدول ۲ و نتایج مقایسهٔ میانگین صفت‌ها در جدول۳ نشان داده شده است.

جدول۲: میانگین مربعات اثرات محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد کمی و شاخص برداشت برنج رقم شیرودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد دانه (شلتوک)	عملکرد بیولوژیک	عملکرد اقتصادی (وزن دانه در بوته)	شاخص برداشت
بلوک	۳	۲۰۸۸۳/۶۵۰^{ns}	۰/۴۹	۱/۵۵^{ns}	۰/۱۶^{ns}
تیمار	٤	۹۳۱۵۳۸/۰۵۰**	۰/۵۲^{ns}	۱/۷۷ *	۲۲/۲۵**
خطا	۱۲	۳۷۳۱۳/۳۱۷	۱۳/٤	۸/۸۳	۲/۵۵
ضریب تغییرات (٪)	–	۲/۹۸	۹/۹۰	۵/۰۷	۳/۸۸

ns ، * ، **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

جدول۳: مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد کمی و شاخص برداشت برنج رقم شیرودی

تیمار	عملکرد دانه (kg/ha) (شلتوک)	عملکرد بیولوژیک (g)	عملکرد اقتصادی (وزن دانه در بوته)	شاخص برداشت (٪)
تیمار شاهد	٦٤٩٧ ±۱۲۸/۵۹	۷۱/۷۵ ±٤/۵	۳۰/۲۷± ۳/۲۷	۳٦/۷۵±۰/۸۵
تیمار۲(غلظت ۲ در هزار)	۷٦۱۵ ±۷۳/۰۱	۷۱/۲۵ ±٤/۳۱	۲۹/٤٤ ± ۳/۳٦	٤٦/۲۵± ۰/۸۵
تیمار۳(غلظت ٤ در هزار)	۷۱۱۰± ۹۵/۲۲	۷٤/۲۵ ±۳/۷۵	۳۲/۷۷ ± ۲/۳٦	٤۳/٦۳± ۰/٦۸
تیمار٤(غلظت ٦ در هزار)	٦۵۹۹± ۵۷/۳۹	۷۲/۷۵± ۳/٦۵	۲۷/۲۷± ۲/۸۳	٤۰/۲۵± ۰/٤۷
تیمار۵(غلظت ۸ در هزار)	٦۵٤۵ ±۵٦/۲٤	۷۱± ٤/۳٤	۳۰/۳۲± ۳/۳۱	۳۹± ۰/۷۰

تأثیر روی بر عملکرد شلتوک

بیشترین عملکرد شلتوک در تیمار ۲ (غلظت دو در هزار) به مقدار ۷/٦ تن در هکتار مشاهده شد و کمترین عملکرد شلتوک در تیمار شاهد (٦/۵ تن در هکتار) به دست آمد (جدول۲)، ضمن آن که تیمارهای ٤ و ۵ اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نداشتند. این نتایج مشابه با سایر گزارش‌ها است که بر نقش مثبت سولفات روی در افزایش عملکرد دانهٔ برنج اشاره کرده‌اند (۱٦). یوشیدا (۱۹۸۱) اعلام کرد افزایش تعداد پنجه در متر مربع و تعداد خوشه‌چه در خوشه و افزایش درصد خوشه‌چه پر، علت اصلی افزایش عملکرد برنج بر اثر مصرف کود روی بوده است.

نتایج آزمایش حاضر نشان داد بیشترین عملکرد دانه در غلظت ۲ در هزار به دست آمد، در حالی که شکری (۱۹۹۹) گزارش کرد غلظت ٤ در هزار، عملکرد بالاتری را در مقایسه با سایر تیمارها نشان داد. اسلاتون و همکاران (۱۹۹۹) اظهار داشتند بالاترین افزایش عملکرد وزن خشک در بالاترین غلظت روی به دست آمد. نقش روی در سیستم‌های زایشی بسیار مهم است، در گیاهان مبتلا به کمبود روی، گلدهی و تولید دانه به شدت کاهش می‌یابد و دلیل آن افزایش آبسیزیک اسید است (۲٦). حقیقت و تامپسون (۱۹۸۲) اعلام کردند محلول‌پاشی نسبت به آغشته کردن بذرها، عملکرد شلتوک را بیشتر افزایش می‌دهد.

تأثیر مقادیر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

نتایج آزمایش نشان داد دو تیمار شاهد و ۵ بیشترین عملکرد بیولوژیک را تولید کردند که به ترتیب ۱۸٤۷۰ کیلوگرم در هکتار و ۱٦۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول۳) و تیمار ٤ با ۱٦٤۹۷ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را دارد. بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده نشد. به نظر می‌رسد دلیل اختلاف عملکرد دانهٔ تیمارهای مختلف، شاخص‌های برداشت متفاوت آن‌ها باشد. در همین راستا، هرناندز و همکاران (۱۹۸۸) نیز افزایش شاخص برداشت را عامل افزایش عملکرد دانه ذکر کردند. اکیز و همکاران (۱۹۹۸) نیز کاهش عملکرد بیولوژیک و افزایش شاخص برداشت را طی کاربرد سولفات روی گزارش کردند. منگل و همکاران (۱۹۷٦) و فاجریا و همکاران (۲۰۰۲) علت افزایش عملکرد بیولوژیک را افزایش وزن هزار دانه و تعداد پنجه و ارتفاع گیاه می‌دانند.

بالاترین شاخص برداشت در تیمار دو در هزار (٤٦٪) و کمترین شاخص برداشت در تیمار شاهد (۳۷٪) مشاهده شد. افزایش شاخص برداشت می‌تواند به دلیل افزایش نیتروژن قابل جذب برای گیاه و اثر افزایشی آن بر سایر مواد غذایی بوده که باعث افزایش عملکرد شده است. اندازه‌گیری غلظت نیتروژن دانه و کاه و کلش در تیمارهای مختلف این آزمایش موید این امر بوده است (جدول ٤). ملکوتی و تهرانی (۱۹۹۹) اظهار داشت یکی از دلایل افزایش عملکرد برنج به دنبال کاربرد سولفات روی، افزایش غلظت نیتروژن است که باعث بهبود جذب سایر عناصر مهم می‌شود. سایر محققان نیز به اثرات مثبت مصرف کود سولفات روی بر شاخص برداشت برنج اشاره کرده‌اند (٤، ۸ و ۳۰).

تأثیر مقادیرسولفات روی بر اجزای عملکرد برنج

کاربرد سولفات روی نقش مهمی در تولید دانه‌های سالم دارد که این امر به نوبه خود بر افزایش وزن هزار دانه نیز تاثیر می‌گذارد. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار دوم (۳۲/٥٤ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد (۲٦/۱۹ گرم) مشاهده شد (جدول ۵). این نتایج با گزارش ددتا و همکاران (۱۹۸۰) مطابقت دارد. ژیانگ و همکاران (۲۰۰۷) مهم‌ترین دلیل افزایش وزن هزار دانه را افزایش و بهبود فرآیند انتقال مجدد مواد غذایی و افزایش انتقال اولیه به وسیله تحریک هورمون‌ها و افزایش انتقال در آوند آبکش دانستند، همچنین تاثیر سولفات روی بر افزایش کارایی آوند آبکش در انتقال مواد غذایی به دانه و پر شدن آن از مهم‌ترین عوامل تاثیر سولفات روی بر افزایش وزن هزار دانه است.

بیشترین درصد خوشه‌چه پوک در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار دو مشاهده شد (جدول۵). اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای شاهد با سایر تیمارها حاکی از اهمیت بالای این عامل در تعیین عملکرد نهایی برنج است. هرناندز و همکاران (۱۹۸۸) و کومار و همکاران (۱۹۹٦) در مطالعهٔ اثرات روی بر اجزای عملکرد برنج به کاهش تعداد یا درصد دانه‌های پوک به علت کاربرد کود سولفات روی اشاره کردند.

درصد خوشه‌چه پر شده شاخص بسیار مهمی از عملکرد نهایی است. بیشترین و کمترین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه به ترتیب در تیمار ۲ (۹۱٪) و شاهد (۷۷٪) مشاهده شد (جدول ۵). موردوت و گیلکز (۱۹۹۳) در تحقیق خود افزایش تعداد خوشه‌چه پر را به دنبال کاربرد کود سولفات روی گزارش کردند. نتایج نشان داد همهٔ غلظت‌های محلول‌پاشی سولفات روی موجب افزایش تعداد و درصد خوشه‌چه پر، در مقایسه با تیمار شاهد شده است. یوشیدا (۱۹۸۱) اعلام کرد روی با تاثیر مثبت بر جذب سایر عناصر در دانه و متابولیسم اکسین، تعداد خوشه‌چه پر را افزایش می‌دهد. این نتایج همسو با گزارش‌های هرناندز و همکاران (۱۹۸۸)، مقصود و همکاران (۱۹۹۹) و سدبری و همکاران (۱۹۸۰) است.

جدول٤: تجزیه واریانس اثرات محلول‌پاشی سولفات روی بر اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن هزار دانه	درصد خوشه‌چه پر در خوشه	تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه	تعداد خوشه در متر مربع
بلوک	۳	۰/۸٤ ns	۰/۳ ns	۵/۷۳۳ ns	۱۱/۲۵ **
تیمار	٤	۲٦/۳٦ **	۵/۲۵ *	۲٦/۵۵۰ **	۱۷/٦۷ **
خطای آزمایشی	۱۲	۰/۹	۱۹/٦٤	۰/٦۵۰	۱۱۸۱/٦۰۰
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۳۵	۱۰/۵۸	۱/۱٦	۸/٦۷

ns ،* ،**: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

جدول۵: مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی سولفات روی بر اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی

تیمار	وزن هزار دانه (گرم)	درصد خوشه‌چه پر در خوشه	تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه	تعداد خوشه در متر مربع
تیمار شاهد	۲٦/۱۹±۰/٤۰	۷۷±۰/۸۷	۳ ±۱٦	۲٤/۸۷ ±۲۹٦
تیمار۲(غلظت ۲ در هزار)	۳۲/۵٤±۰/۲۹	۹۱±۳/۵۱	۲ ±۸	٤٦۸±۲۳/۸۸
تیمار۳(غلظت ٤ در هزار)	۲۸/٤۷±۰/۳۸	۸٦±۰/۸۹	۱ ±۱۰	٤٦٤±۳۹/۹۱
تیمار٤(غلظت ٦ در هزار)	۲۷/۸۹±۰/۵۱	۸٤±۲/۵۸	۲±۱۱	۳۸۹±۲۷/۷۱
تیمار۵(غلظت ۸ در هزار)	۲۷/۱۲±۰/٦۵	۸۰±۰/۷۳	۳±۱٤	۳٦٤±۳۰/۸۹

تاثیر تیمار مقادیر محلول‌پاشی کلات سولفات روی بر تعداد خوشه در متر مربع، که یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد است، معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین تعداد خوشه به ترتیب در تیمار دو (٤٦۸ خوشه در متر مربع) و تیمار شاهد (۲۹٦ خوشه در متر مربع) مشاهده شد (جدول۵). سدبری و همکاران (۱۹۸۵) در تحقیق خود گزارش کردند که تامین روی باعث افزایش تعداد خوشه در متر مربع می‌شود. نتایج مشابهی توسط ژیانگ و همکاران (۲۰۰۸)، کاراک و مایتی (۲۰۰٦) و فاجریا (۲۰۰۱) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

برنج از میان عناصر غذایی به کمبود روی بسیار حساس بوده و کمبود این عنصر، علاوه بر کاهش شدید عملکرد، سبب افزایش درصد خوشه‌چه پوک می‌شود. در کنار بهینه‌سازی کاربرد کودهای اصلی، مصرف سولفات روی (Zn) در افزایش عملکرد برنج و اجزاء بسیار موثر است. محلول‌پاشی و یا مصرف سولفات روی در خزانه مطلوب‌ترین روش‌های مصرف روی برای رسیدن به عملکرد پایدار و کمترین مخاطرات زیست محیطی است.

منابع

1- Alloway, B. J. 2003. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Assocation. 114pp.

2- Alloway, B. J. 2007. Zinc in Soils and Crop Nutrition. IZA Publications. International Zinc Association, Brussels.

3- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I. and Lux, A. 2007. Zinc in plants. New Phytologist 173, 677-702.

4- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc. Agronomic or genetic biofortification. Plant and Soil 302: 1-17

5- Davoodi, M. H. 1999. Effect of Response fertilizer and Evolution Critical Level in soil north of Iran, M.Sc. Thesis Tehran University, Karaj, Iran.

6- De Datta, S. K. 1980. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley and Sons, New York.

7- Degrijse, F., Smolders, E. and Parker, D. R. 2006. Metal complexes increase uptake of Zn and Cu by plants: Implications for uptake and deficiency studies in chelate or buffered solutions. Plant and Soil 289, 171-185.

8- Doberman, A. and Fairhurst, T. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. Potash and Phosphate Institute of Canada and International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

9- Ekiz, H., Bagci, S. A., Kiral, A. S., Eker, S., Gültekin, I., Alkan, A. and Cakmak, I. 1998. Effects of zinc fertilization and irrigation on grain yield and zinc concentration of various cereals grown in zinc-deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition 21, 2245-2256.

10- Fageria, N. K., Baligar, V. C. and Jones, C. A. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. 2nd ed. New York: M. Dekker, 1997. 624p.

11- Fageria, N. K., Baligar, V. C. and Clark, R. B. 2002. Micronutrients in crop production. Advances in Agronomy, v.77, p.185-268, 2002.

12- Frossard, E., Bucher, M., Machler, F., Mozafar, A. and Hurrell, R. 2000. Potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants of human nutrition. Journal of the Science of Food and Agriculture 80, 861-879.

13- Gao, X. P., Zou, C. Q., Zhang, F. S., Vander Zee, S. E. and Hoffland, E. 2005. Tolerance influenced by sources and times of zinc application. Indian Journal of Agricultural IRRI, Philippines, PPI, U.S.A., and PPIC,

14- Giordano, P. M. and Mortvedt, J. J. 1974. Response of several rice cultivars to Zn and grown in zinc-deficient calcareous soils. Journal of Plant and Soil. 25:134-144

15- Haghighat, N. G. and Thompson, L. F. 1982. Zinc seed coating studies with rice. p. 74–75. *In* Proc. Rice Tech. Working Group, 19th, Univ. of Arkansas, Hot Springs, AR. 23–25 Feb. 1982.

16- Hernanddez, D., Carrion, R., Cabello, D., Castello, L., Rivero, J. and Pema, L. 1988. The Effect of two Source and two application Method of Zinc on Agricultioral Yield of Irrigated Rice.The niaenla Agricultura,11:111-116

17- Jiang, W., Struik, P. C., Jin, L. N., Van Keulen, H., Zhao, M. 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, 383-391

18- Jiang, W., Struik, P. C., Van Keulen, H., Zhao, M., Jin, L. N., Zhao, M. and Stomph, T. J. 2008. Does increased Zn uptake enhance grain Zn mass concentration in rice? Submitted to Annals of Applied Biology.

19- Karak, T., Dad, D. K. and Maiti, D. 2006. Yield and zinc uptake in rice *(Oryza sativa* L.) as Fifteenth International Plant Nutrition Colloquium, Tsinghua University Press,

20- Kumar, B., Sing, S. P. and Kumar, B. 1996. Zinc, Management in Nursey and Transplant Rice*(Oryza sativa* L.). Indian J. Agro., 41:153-154.
21- Malakooti, M. J. and Tehrani, H. 1999. Sustainable Agriculture and High Yield With Fertilizer Consume in Iran, Second Pulish, Tehran, Iran.
22- Maqsood, M., Irshad, M., Wajid, S. A. and Hussain, A. 1999. Growth and Yield Response of Basmati 385 (*Oryza Sativa* L.) to $ZnSO_4$ Application. Pak. J. Biol. Sci.,2:1632_1633
23- Mengel, D. B., Leonards, W. J. and Sedberry Jr, J. E. 1976. Effect of zinc oxide seed treatment on stand establishment, leaf zinc concentrations, and yield of Saturn rice. P. 62–63. *In* 68th Annu. Prog. Rep. Rice Exp. Stn. Crowley, LA. Louisiana State Univ. Agric. Exp. Stn., Baton Rouge
24- Mortvedet, J. J. and Gilkes, R. J. 1993. Zinc fertilizers. Chapter 3 in Robson A.D. (ed) Zinc in soils on grain yield and zinc concentration of various cereals Nutrition, 21, 2245–2256 Phillipines
25- Oliver, D. O., Hannam, R., Tiller, K. G., Wilhelm, N. S., Merry, R. H. and Cozens, G. D. 1994. The effects of zinc fertilization on cadmium concentration in wheat grain. *J. Environ. Qual.* 23, 705-711.
26- Rashid, A., Kausar, M. A., Hussain, F. and Tahir, M. 2000. Managing Zn Deficiency in Transplanted Flooded rice by Nursery Enrichment. Trop. Agri. (Trinidad).77: 156-162.
27- Sedberry, J. E., Schilling, P. G., Wilson, F. E. and Peterson, F. J. 1980. Diagnosis and correction of zinc problems in rice production. Louisiana Agric. Exp. Stn. Bull. 708. Louisiana State Univ, Baton Rouge
28- Singh, M.V. and Abrol, I. P. 1996. Transformation and movement of zinc and alkali and their influence on the yield and uptake zinc by rice and wheat crop. Plant and Soil 94:445-449
29- Slaton, N., Ntamatungiro, S., Wilson, S. and Norman, R. 1999. Evaluation of granular and foliar zinc sources in rice. Univ. of Arkansas Agric. Exp. Sta. Res. Series. 468:291- 297
30- Slaton, N. A., Wilson, C. E., Tamatungiro, S. N., Norman, R. J. and Boothe, D. L. 2001. Evaluation of zinc seed treatments for rice. *Agronomy Journal*, 93, 152-157.
31- Shokri, H. 1999. Evolution and Effect and Microelement Complex foliar Concentration in Yield and Yield component HASHEMI Varity, Rice Reseach Inistitue, Rasht.
32-Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. and Halvin, J. L. 1993. Soil frtility and fertilizers. 5th ed. Macmill Pub. Company, New Yorl, USA
33- Yaseen, M., Hussain, T., Hakeem, A. and Ahmad, S. 1999. To study the Effect of Integrated Nutrient Use Including Zinc for rice.Pak. J.Bio.Sci.,2:614-616
34- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. IRRI. Los Banos, Laguna,
35- Zou, C.Q., Gao, X. P. and Zhang, F. S. 2007. Micronutrient deficiencies in crop production in China. In: Alloway, B. (Ed) Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production (in press).