

اثرات محلول پاشی 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، پژوهشکده 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 محلول پاشی کلات سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن با ۵ تیمار صفر، ۲، ۴، ۶ و ۸ در هزار محلول پاشی کلات سولفات روی با چهار تکرار در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. محلول پاشی در سه مرحله به ترتیب یک ماه پس از انتقال نشاء به مزرعه اصلی، پس از گلدهی و مرحله شیرگی شدن دانه انجام شد. نتایج نشان داد تیمار محلول پاشی کلات سولفات روی تأثیر معنی داری 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

مقدمه

مصرف بهینه کود، همواره نقشی کلیدی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی، از جمله برنج ایفا می کند (۱۲). با وجود کاربرد کودهای شیمیائی در چند دهه گذشته و موفقیت های آن در افزایش تولید برنج، به دلیل عدم رعایت مصرف بهینه کود و نیز عدم توجه به مسائل زیست محیطی، کاربرد نامتعادل این نهاده ها پیامدهایی منفی به همراه داشته است که از آن جمله می توان به تجمع نترات در آب های زیرزمینی و انباشت کادمیم در خاک های شالیزار و دانه برنج اشاره کرد (۲۵). علاوه بر این، توجه بیش از حد به عناصر پر مصرف (NPK) و بی توجهی به ریزمغذی ها، از جمله روی، موجب افت عملکرد برنج شده است (۱). تغذیه برگی روشی جهت افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیائی و کاهش خطرات محیطی آنها است (۳). در برگ های جوان، محلول غذایی از طریق تارهای ریز روی سطح برگ، روزنه ها و منافذ هیدروفیلی داخل کوتیکول برگ جذب می شود (۱۷). جذب پایین عناصر در خاک، کاهش فعالیت ریشه در طول مرحله زایشی، میوه دهی و غنی سازی محصولات کشاورزی از دلایل گرایش به تغذیه برگی هستند. در این روش، سرعت انتقال عناصر غذایی از سطوح برگ ها به اندام های گیاهی زیاد بوده و بیشترین تأثیر آن هنگامی است که برگ ها حداکثر سطح را داشته باشند. از آنجا که در مرحله گلدهی، سطح برگ بیشتر گیاهان زراعی به حداکثر مقدار خود می رسد و در این زمان کلیه فعالیت های سوخت و ساز، از جمله جذب ریشه ای عناصر غذایی کاهش می یابد، این روش بیشترین کارایی را خواهد داشت. در این روش، عنصر غذایی به طور مستقیم وارد اندام هوایی می شود 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 محلول پاشی روی برای برگ، این مشکل از بین می رود. عنصر روی پیش فاکتور بیش از ۳۰۰ آنزیم است که نقش بسیار مهمی در تشکیل پروتئین ها و آنزیم ها دارد. معمولاً در شرایط کمبود روی، غلظت این عنصر در اندام های گیاهی کمتر از ۲۰ پی پی ام است، در حالی که غلظت مطلوب آن ۱۰۰-۲۵ پی پی ام است (۸). کمبود روی در گیاه باعث تغییر شکل برگ ها و کلروز آنها می شود و کاهش رشد و تأخیر در نمو گیاه، نشانه های دیگر کمبود روی است (۱). کمبود روی در برنج سبب کاهش فتوسنتز، تولید پروتئین، مقدار قند و افزایش اسید آمینه آزاد می گردد (۲). در فرآیند پوست کنی و سفید کردن، خارجی ترین لایه برنج قهوه ای، یعنی آلنورون و پریکارپ از برنج جدا می شوند و در این مرحله، اغلب ریز مغذی ها از بین می روند (۱۲). اسلیتون و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند روش محلول پاشی و کاربرد کود روی به شکل گرانول در خاک، عملکرد را ۳۳-۱۱٪ افزایش داد که بیشترین عملکرد مربوط به کاربرد گرانول حاکی بود، ولی موجب آلودگی شدید آب های زیر زمینی شد، در حالی که در روش محلول پاشی، عملکرد ۲۶٪ افزایش یافت و هیچ آلودگی زیست محیطی گزارش نشد. این نتایج، تاییدی بر نتایج کاراک و مایتی (۲۰۰۶) بود که اعلام کردند تأثیر محلول پاشی سولفات

روی به اندازه کاربرد گرانول آن در خاک است. بررسی یوشیدا (۱۹۸۱) نیز نشان داد مصرف سولفات روی به صورت پخش سطحی یا محلول پاشی برگی به اندازه آغشته کردن نشاءها با سوسپانسیون اکسید روی برای رفع کمبود روی مؤثر است. در آزمایشی که در ترکیه انجام شد، محلول پاشی روی موجب افزایش غلظت این عنصر از ۸ به ۳۷ پی پی ام شد، ضمن آن که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافت (۹). فاجریا (۱۹۹۷) گزارش کرد که محلول پاشی سولفات روی کلاته باعث افزایش غلظت روی به مقدار ۴۵-۱۳ پی پی ام در برنج قهوه ای و ۳۷-۹ پی پی ام در برنج سفید شد. تیسدال و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند سه نوبت محلول پاشی برگی سولفات روی از ۴ هفته پس از انتقال نشاء به مزرعه، عملکرد شلتوک را از ۴/۵ به ۵/۹ تن افزایش داد. نتایج پژوهشی دو ساله در استان گیلان مشخص نمود با وجود آن که مقدار روی استخراج شده 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 می دهد (۵). شگری (۱۹۹۹) در آزمایشی که در مرکز تحقیقات برنج اجرا شد، نشان دادند محلول پاشی کمپلکس عناصر کم مصرف با غلظت چهار در هزار، عملکرد دانه را نسبت به شاهد ۳۰٪ افزایش داد. دگریجس و همکاران (۲۰۰۶) با مصرف جداگانه و تلفیقی آهن و روی در سه سطح ۰، ۵ و ۱۰ پی پی ام 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 خوشه چه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه را افزایش داد. در خاک هایی که مشکل تثبیت و یا غیر قابل استفاده بودن عناصر ریز مغذی مخصوصا روی وجود دارد اسپری برگی Zn EDTA بهترین راه حل می باشد (۴). هدف از این پژوهش، مطالعه اثرات محلول پاشی کود کلاته سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی با هدف دستیابی به تولید پایدار برنج بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی چپرسر تنکابن وابسته به موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. تنکابن بر اساس طبقه بندی دومارتن دارای اقلیم بسیار مرطوب و دارای اقلیم مرطوب با تابستان گرم و زمستان کمی سرد است. شهرستان تنکابن دارای طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۳ دقیقه و ۳۰ ثانیه است، ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ۴- متر و میانگین بارش سالانه آن ۱۲۳۴ میلی متر است. پیش از انجام آزمایش، از خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی متر نمونه برداری شد که نتایج تجزیه خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. در آنالیز خاک، ماده آلی خاک به روش اکسیداسیون یا بیکربنات پتاسیم، pH خاک و عصاره گل اشباع به روش الکتروود شیشه ای، نیتروژن کل و قابل جذب به روش کجگلدال، پتاسیم کل و قابل جذب به روش استات آمونیوم نرمال خشتی 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
۶/۸۲	۰/۳۴	۷/۶۵	۰/۵۳	۷۸/۱۲
P (ave)(ppm)	S (ppm)	SO ₄ -2	Fe (ppm)	Mn(ppm)
۳/۸۸	۱۳۷/۳	۴۱۲	۳۲	۱۸/۱۲
Cl-	Ca meq/lit	T.N.V%	Zn (ppm)	Cu (ppm)
۳/۷۵	۷/۶۸	۷/۵	۳۲	۴/۹۵

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 Spectrophotometry انجام گرفت. برای اندازه‌گیری فاکتورهای مطالعه از روش جولیانو (۱۹۸۵) و دستگاه اسپکتروفوتومتر استفاده شد. تیمارها شامل ۵ سطح محلول‌پاشی کود کلات سولفات روی شاهد (۰)، ۲ در هزار، ۴ در هزار، ۶ 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 ۶×۳ متر بود. بذور جوانه‌دار شده رقم شیروودی 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 ۶ 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 ۱۴٪ تعیین شد. برای محاسبه شاخص برداشت، ۵ بوته از هر کرت از سطح خاک برداشت و در مزرعه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا رطوبت به ۱۳-۱۴٪ 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 ۰/۵) انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثرات مقادیر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد برنج در جدول ۲ و نتایج مقایسه میانگین صفت‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲: میانگین مربعات اثرات محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد کمی و شاخص برداشت برنج رقم شیرودی

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
شاخص برداشت	عملکرد اقتصادی (وزن دانه در بوته)	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه (شلتوک)		
۰/۱۶ ^{NS}	۱/۵۵ ^{NS}	۰/۴۹	۲۰۸۸۳/۶۵۰ ^{NS}	۳	بلوک
۲۲/۲۵ ^{**}	۱/۷۷ [*]	۰/۵۳ ^{NS}	۹۳۱۵۳۸/۰۵۰ ^{**}	۴	تیمار
۲/۵۵	۸/۸۳	۱۳/۴	۳۷۳۱۳/۳۱۷	۱۲	خطا
۳/۸۸	۵/۰۷	۹/۹۰	۲/۹۸	-	ضریب تغییرات (%)

NS، *، ** : به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات محلول پاشی 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	۶۴۹۷ ± ۱۲۸/۵۹	۷۱/۷۵ ± ۴/۵	۳۰/۲۷ ± ۳/۲۷	۳۶/۷۵ ± ۰/۸۵
تیمار ۲ (غلظت ۲ در هزار)	۷۶۱۵ ± ۷۳/۰۱	۷۱/۲۵ ± ۴/۳۱	۲۹/۴۴ ± ۳/۳۶	۴۶/۲۵ ± ۰/۸۵
تیمار ۳ (غلظت ۴ در هزار)	۷۱۱۰ ± ۹۵/۲۲	۷۴/۲۵ ± ۳/۷۵	۳۲/۷۷ ± ۲/۳۶	۴۳/۶۳ ± ۰/۶۸
تیمار ۴ (غلظت ۶ در هزار)	۶۵۹۹ ± ۵۷/۳۹	۷۲/۷۵ ± ۳/۶۵	۲۷/۲۷ ± ۲/۸۳	۴۰/۲۵ ± ۰/۴۷
تیمار ۵ (غلظت ۸ در هزار)	۶۵۴۵ ± ۵۶/۲۴	۷۱ ± ۴/۳۴	۳۰/۳۲ ± ۳/۳۱	۳۹ ± ۰/۷۰

تأثیر روی بر عملکرد شلتوک

بیشترین عملکرد شلتوک در تیمار ۲ (غلظت دو در هزار) به مقدار ۷/۶ تن در هکتار مشاهده شد و کمترین عملکرد شلتوک در تیمار شاهد (۶/۵ تن در هکتار) به دست آمد (جدول ۲)، ضمن آن که تیمارهای ۴ و ۵ اختلاف معنی داری نسبت به یکدیگر نداشتند. این نتایج مشابه با سایر گزارش‌ها است که بر نقش مثبت سولفات روی در افزایش عملکرد دانه برنج اشاره کرده‌اند (۱۶). 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 ۴ 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 آبسزیک اسید است (۲۶). حقیقت و تامپسون (۱۹۸۲) اعلام کردند محلول پاشی نسبت به آغشته کردن بذرها، عملکرد شلتوک را بیشتر افزایش می‌دهد.

تأثیر مقادیر محلول پاشی 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 ۱۸۴۷۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۶۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳) و تیمار ۴ با ۱۶۴۹۷ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را دارد. بین سایر تیمارها اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ مشاهده نشد. به نظر می رسد دلیل اختلاف عملکرد دانه تیمارهای مختلف، شاخص های برداشت متفاوت آن ها 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 (۱۹۷۶) و فاجریا و همکاران (۲۰۰۲) علت افزایش عملکرد بیولوژیک را افزایش وزن هزار دانه و تعداد پنجه و ارتفاع گیاه می دانند.

بالاترین شاخص برداشت در تیمار دو در هزار (۴۶٪) و کمترین شاخص برداشت در تیمار شاهد (۳۷٪) مشاهده شد. افزایش شاخص برداشت می تواند به دلیل افزایش نیتروژن قابل جذب برای گیاه و اثر افزایشی آن بر سایر مواد غذایی بوده که باعث افزایش عملکرد شده است. اندازه گیری غلظت نیتروژن دانه و کله در تیمارهای مختلف این آزمایش موید این امر بوده است (جدول ۴). 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 می شود. سایر محققان نیز به اثرات مثبت مصرف کود سولفات روی بر شاخص برداشت برنج اشاره کرده اند (۴، ۸ و ۳۰).

تأثیر مقادیر سولفات روی بر اجزای عملکرد برنج

کاربرد سولفات روی نقش مهمی در تولید دانه های سالم دارد که این امر به نوبه خود بر افزایش وزن هزار دانه نیز تاثیر می گذارد. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار دوم (۳۲/۵۴ گرم) و کمترین آن در تیمار شاهد (۲۶/۱۹ گرم) مشاهده شد (جدول ۵). این نتایج با گزارش دوتا و همکاران (۱۹۸۰) مطابقت دارد. ژیانگ و همکاران (۲۰۰۷) مهم ترین دلیل افزایش وزن هزار دانه را افزایش و بهبود فرآیند انتقال مجدد مواد غذایی و افزایش انتقال اولیه به وسیله تحریک هورمون ها 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 مهم ترین عوامل تاثیر سولفات روی بر افزایش وزن هزار دانه است.

بیشترین درصد خوشه چه پوک در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار دو مشاهده شد (جدول ۵). اختلاف معنی دار 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 (۱۹۹۶) در مطالعه اثرات روی بر اجزای عملکرد برنج به کاهش تعداد یا درصد دانه های 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 همه 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 هرناوند و همکاران (۱۹۸۸)، مقصود و همکاران (۱۹۹۹) و سدبری و همکاران (۱۹۸۰) است.

جدول ۴: تجزیه واریانس اثرات محلول‌پاشی سولفات روی بر اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییرات
تعداد خوشه در متر مربع	تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه	درصد خوشه‌چه پر در خوشه	وزن هزار دانه		
۱۱/۲۵**	۵/۷۳۳ ^{ns}	۰/۳ ^{ns}	۰/۸۴ ^{ns}	۳	بلوک
۱۷/۶۷**	۲۶/۵۵۰**	۵/۲۵*	۲۶/۳۶**	۴	تیمار
۱۱۸۱/۶۰۰	۰/۶۵۰	۱۹/۶۴	۰/۹	۱۲	خطای آزمایشی
۸/۶۷	۱/۱۶	۱۰/۵۸	۱۰/۳۵	-	ضریب تغییرات (%)

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

جدول ۵: مقایسه میانگین اثرات محلول‌پاشی سولفات روی بر اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی

تعداد خوشه در متر مربع	تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه	درصد خوشه‌چه پر در خوشه	وزن هزار دانه (گرم)	تیمار
۲۹۶±۲۴/۸۷	۱۶±۳	۷۷±۰/۸۷	۲۶/۱۹±۰/۴۰	تیمار شاهد
۴۶۸±۲۳/۸۸	۸±۲	۹۱±۳/۵۱	۳۲/۵۴±۰/۲۹	تیمار ۲ (غلظت ۲ در هزار)
۴۶۴±۳۹/۹۱	۱۰±۱	۸۶±۰/۸۹	۲۸/۴۷±۰/۳۸	تیمار ۳ (غلظت ۴ در هزار)
۳۸۹±۲۷/۷۱	۱۱±۲	۸۴±۲/۵۸	۲۷/۸۹±۰/۵۱	تیمار ۴ (غلظت ۶ در هزار)
۳۶۴±۳۰/۸۹	۱۴±۳	۸۰±۰/۷۳	۲۷/۱۲±۰/۶۵	تیمار ۵ (غلظت ۸ در هزار)

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 (۶۸ خوشه در متر مربع) و تیمار شاهد (۲۹۶ خوشه در متر مربع) مشاهده شد (جدول ۵). 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 (۲۰۰۶) و فاجریا (۲۰۰۱) گزارش شده است.

نتیجه گیری 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 Association. 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- Haghghat, 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- Hernandez, 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 Agricultural 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 ZnSO₄ 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).