

اثر محلول پاشی روی، آهن و منگنز بر عملکرد و محتوای عناصر غذایی دانه گلرنگ  
(*Carthamus tinctorius* L.)  
Effect of foliar application of Zn, Fe and Mn on seed yield and  
micronutrient contents of safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

رضا سلیمانی<sup>۱</sup>، فریدون نورقلی پور<sup>۲</sup> و فرهاد مشیری<sup>۳</sup>

چکیده

سلیمانی، ر.، ف. نورقلی پور و ف. مشیری. ۱۳۹۶. اثر محلول پاشی روی، آهن و منگنز بر عملکرد و محتوای عناصر غذایی دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۱): ۱۲-۱.

به منظور بررسی اثر محلول پاشی عناصر روی، آهن و منگنز بر رشد، عملکرد و محتوای عناصر دانه گلرنگ آبی رقم پدیده، آزمایشی در سال‌های زراعی ۹۲-۱۳۸۹ (به مدت سه سال) در ایستگاه تحقیقاتی چرداول در استان ایلام در خاک‌هایی با محتوای روی، آهن و منگنز قابل استفاده پایین اجرا شد. تیمارهای آزمایشی (نه تیمار) شامل ۱- شاهد (بدون محلول پاشی)، ۲- محلول پاشی با آب، ۳- محلول پاشی سولفات روی، ۴- محلول پاشی سولفات منگنز، ۵- محلول پاشی سولفات آهن، ۶- محلول پاشی توأم روی و منگنز، ۷- محلول پاشی توأم روی و آهن، ۸- محلول پاشی توأم آهن و منگنز و ۹- محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز بود که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول پاشی عناصر بر عملکرد دانه و روغن گلرنگ معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار محلول پاشی همزمان روی، آهن و منگنز با ۱۴۷۲ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشته و افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمارهای شاهد (بدون محلول پاشی) و محلول پاشی با آب، به ترتیب ۱۲/۹ و ۱۲/۴ درصد بود. نتایج مربوط به عملکرد روغن دانه نیز نشان داد که تیمارهای محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز و محلول پاشی توأم روی و منگنز به ترتیب با ۴۲۱ و ۴۱۴ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفته و با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند. بر اساس نتایج آزمایش حاضر، بهترین تیمار برای حداکثر عملکرد دانه گلرنگ، محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز و در مورد عملکرد روغن، محلول پاشی توأم روی و منگنز بودند.

واژه‌های کلیدی: روغن دانه، عناصر کم‌مصرف، گلرنگ و محلول پاشی.

## مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) دارای اسیدهای چرب غیراشباع، به ویژه اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک در روغن دانه بوده و به دلیل تحمل خشکی و دارا بودن ریشه‌های عمیق، گیاه مناسبی برای شرایط خشکسالی می‌باشد (Kızılsahin et al., 2015). گلرنگ از دیرباز به صورت پراکنده در مناطق غربی کشور کشت شده و حتی یکی از خاستگاه‌های گلرنگ را خاورمیانه و ایران ذکر کرده‌اند (Weiss, 2000). عدم رعایت اصول به‌زراعی از جمله مصرف بهینه کود در زراعت گلرنگ، باعث شده تا این گیاه در مقایسه اقتصادی با سایر گیاهان زراعی اهمیت کمتری داشته باشد. نیاز کودی گلرنگ با توجه به عملکرد مورد انتظار، متفاوت بوده و در مورد گلرنگ دیم با انتظار عملکرد پایین، ۴۰ تا ۶۰ درصد کمتر از گلرنگ آبی است (Xie et al., 2016). عناصر روی، منگنز و آهن در بیشتر فعالیت‌های آنزیمی حیاتی گیاه شرکت داشته و هر چند نیاز به آنها از نظر کمیت کم است، اما نقش بسیار مهمی در رشد و نمو گیاه دارند. عنصر روی از جمله عناصر ضروری برای رشد گیاه است که در تشکیل اسید ایندول استیک دخالت داشته و ضمن تنظیم رشد گیاه، برای سنتز کلروفیل و کربوهیدرات‌ها ضروری است (He et al., 2016). عنصر روی عنصر مهمی در فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز، پروتئیناز، تشکیل RNA و تنظیم‌کننده‌های رشد محسوب می‌شود. عنصر منگنز برای چرخه‌های انتقال الکترون، سنتز کلروفیل، فتولیز آب، سنتز کربوهیدرات‌ها و اسیدهای آمینه، احیای نیترات و سولفات و تنفس ضروری است. عنصر آهن در ساختمان سیتوکروم‌ها به عنوان ناقل الکترون در فتوسنتز، تنفس و چرخه‌های اکسیداسیون و احیا و سنتز کلروفیل مورد نیاز گیاهان می‌باشد (Marschner, 1995). برخی از ویژگی‌های خاک از جمله اسیدیته، وجود آهک فعال، پایین بودن محتوای کربن آلی، عدم تعادل با عناصر دیگر بر تغذیه آهن

در گیاه مؤثر است (Kabir et al., 2016). موحدی دهنوی و همکاران (Movahedi Dehnavi et al., 2004) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی و منگنز در گلرنگ باعث افزایش ۲۰ درصد در محتوای پروتئین و کربوهیدرات‌های محلول (که از شاخص‌های مهم در طی تنش خشکی و برای مقابله با اثرات منفی آن محسوب می‌شوند)، گردید. یاری و همکاران (Yari et al., 2004) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی و منگنز باعث افزایش روغن دانه گلرنگ شد. تحقیقات راوی و همکاران (Ravi et al., 2008) در آزمایشی در هند روی خاکی با محتوای روی و آهن (به ترتیب ۰/۶۳ و ۴/۴۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) نشان داد که عملکرد دانه گلرنگ با محلول‌پاشی سولفات روی، سولفات آهن و ترکیب آنها به ترتیب ۱۱، ۹ و ۱۸ درصد، نسبت به شاهد (بدون محلول‌پاشی) افزایش یافت. سمپایو و همکاران (Sampaio et al., 2016) نشان دادند که با افزایش عملکرد گلرنگ و در اثر مصرف کود فسفر، محتوای عناصر کم‌مصرف در دانه کاهش یافته و بنابراین مصرف این عناصر ضرورت دارد. آیتک و همکاران (Aytac et al., 2014) گزارش نمودند که مصرف روی باعث بهبود رشد و عملکرد گلرنگ گردید. اورلویوس (Orlovius, 2006) گزارش داد که در زراعت گیاهان دانه روغنی، نیاز به مصرف منگنز وجود دارد. خاتاک و همکاران (Khattak et al., 2016) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی و منگنز همراه با مصرف خاکی فسفر، باعث افزایش عملکرد گلرنگ در مصر شد. جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2016) بر نقش منگنز در ویژگی‌های رشد و نمو گیاهان از جمله گلرنگ تأکید کرده و گزارش کردند که ترکیب شیمیایی روغن متأثر از مصرف منگنز می‌باشد. بازیابی کم این عناصر در مراحل خروج از روزه و اوایل گلدهی گلرنگ، ضرورت توجه به محلول‌پاشی را ایجاب می‌نماید. از دید اکولوژیکی نیز کوددهی برگ‌ی قابل قبول‌تر است، زیرا مقادیر کم عناصر

غذایی برای مصرف سریع به وسیله گیاه فراهم می گردد (Basu, 2016). در خاک‌های آهن‌کم، میزان تثبیت عناصر روی، آهن و منگنز در خاک زیاد است (Dare Ghaedi et al., 2012). با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده مشخص گردیده است که یکی از مهم‌ترین دلایل عملکرد پائین گلرنگ، فقدان برنامه تغذیه‌ای مناسب برای این گیاه بوده و همواره یک یا چند عنصر بر اساس قانون حداقل، باعث عدم دستیابی به حداکثر عملکرد می‌شوند (Soleimani, 2006). به علت یکسان نبودن سرعت رشد در مراحل مختلف رویشی، نیاز غذایی گیاه گلرنگ در مراحل مختلف رشد متفاوت است، بنابراین در مراحل مختلف رویشی و زایشی رساندن سریع عناصر غذایی به گیاه ضرورت دارد. محتوای روی، آهن و منگنز در بیش از ۶۰ درصد اراضی استان ایلام، به ویژه جنوب استان، برای گیاهانی مانند گندم و گلرنگ کمتر از حد بحرانی بوده و شدت کمبود به ترتیب مربوط به روی، منگنز و آهن می‌باشد (Soleimani, 2006). مصرف بهینه کود در این مناطق، علاوه بر دستیابی به عملکرد پایدار، کاهش مصرف کودهای شیمیایی را نیز به همراه دارد، بنابراین آزمایش حاضر با هدف ارزیابی تغییرات عملکرد دانه و روغن، اجزای عملکرد و محتوای عناصر روی، آهن و منگنز و کارایی محلول پاشی روی، آهن و منگنز در شرایط کشت آبی گلرنگ اجرا گردید.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش و تجزیه شیمیایی آب آبیاری در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. محتوای روی، منگنز و آهن قابل جذب در خاک مورد مطالعه پایین و شوری خاک و آب، محدود کننده رشد گلرنگ نبود (جدول‌های ۱ و ۲). آزمایش با نه تیمار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار از سال ۱۳۸۹ به مدت سه سال زراعی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۱- شاهد (بدون محلول پاشی روی، آهن و منگنز) ۲- محلول پاشی با آب، ۳- محلول پاشی سولفات روی سه در هزار، ۴- محلول پاشی سولفات آهن سه در هزار، ۵- محلول پاشی سولفات منگنز سه در هزار، ۶- محلول پاشی توأم روی و منگنز، ۷- محلول پاشی توأم روی و آهن، ۸- محلول پاشی توأم آهن و منگنز و ۹- محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز بودند. کشت به صورت ردیفی و محلول پاشی با استفاده از سم پاش پشتی موتوری با فشار ۰/۲ بار در مراحل خروج از روزت با رشد سریع (کد ۲۳ از کدبندی توسعه یافته BBCH) و قبل از گلدهی (کد ۵۹ از کدبندی توسعه یافته BBCH) (Flemmer et al., 2015). به دلیل حلالیت بالا و در دسترس بودن و ارزان‌تر بودن، از منبع سولفات عناصر استفاده شد. نیتروژن به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) در سه نوبت (زمان کشت، خروج از روزت و قبل از گلدهی) به خاک داده شد. فسفر ( $P_2O_5$ ) و پتاسیم ( $K_2O$ ) به ترتیب از منابع سوپر فسفات و سولفات پتاسیم به مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار از هر یک، قبل از کشت به خاک داده شدند (Soleimani, 2006). رقم مورد استفاده گلرنگ پدیده، تاریخ کاشت آبان و زمان برداشت در اوایل تیر بودند. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به طول پنج متر با خطوط ۵۰ سانتی‌متر، فاصله بین کرت‌ها یک متر و بین تکرارها دو متر بود و تراکم کشت، ۴۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. قبل از برداشت محصول، تعداد طبق‌های بارور در واحد سطح (در سه کادر یک

محل اجرای این پژوهش منطقه چرداول در شمال استان ایلام با مختصات جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه و ۳۶ ثانیه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۳۵ دقیقه و ۵۹ ثانیه طول شرقی بود. خاک محل اجرای آزمایش بر اساس سیستم آمریکایی جزء رده اینسیتی سول‌ها است. جابجایی مکانی قطعات اجرای آزمایش در هر سال نسبت به سال قبل از آن انجام گرفت اما ویژگی‌های خاک، تغییرات عمده‌ای نداشت.

## مواد و روش‌ها

۳

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر)

Table 1. Physical and chemical properties of soil in the experimental site (0-30 cm depth)

سال Year	اسیدیته pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC dS.m <sup>-1</sup>	فسفر P	پتاسیم K	روی Zn	آهن Fe	منگنز Mn	مس Cu	درصد اشباع Percentage (%) Saturation	کربن آلی O.C	نیتروژن Total N (%)	آهک TNV	بافت Texture
۱۳۸۹ - ۹۰ 2010-11	7.51	0.38	15	305	0.52	3.85	4.60	1.35	52	1.20	0.11	33	Silty clay loam
۱۳۹۰ - ۹۱ 2011-12	7.57	0.35	14	295	0.50	3.50	4.10	1.20	51	1.10	0.10	31	Silty clay loam
۱۳۹۱ - ۹۲ 2012-13	7.52	0.37	12	290	0.55	4.01	4.25	1.50	52	1.20	0.10	33	Silty clay loam
Mean	7.54	0.37	13.7	297	0.52	3.78	4.32	1.35	52	1.17	0.10	32	Silty Clay Loam

جدول ۲- تجزیه شیمیایی آب آبیاری ایستگاه چرداول

Table 2. Chemical properties of irrigation water in Chardavol station

Na <sup>+</sup>	SO <sup>4-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	EC	pH
meq.l <sup>-1</sup>						dS.m <sup>-1</sup>	
0.41	0.91	1.9	0.40	1.40	1.31	0.39	7.46

تعداد دانه در طبق در سطح پنج درصد معنی دار بود، اما بر تعداد طبق در متر مربع تفاوت معنی داری نداشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز با عملکرد ۱۴۷۲ کیلوگرم در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفته و افزایش عملکرد نسبت به تیمارهای شاهد و محلول پاشی با آب به ترتیب ۱۲/۹ و ۱۰/۲ درصد بیشتر بود. محلول پاشی توأم روی و منگنز با ۱۴۵۴ کیلوگرم در هکتار در گروه بعدی قرار گرفت (۱۱/۵ درصد افزایش عملکرد). تیمارهای محلول پاشی توأم آهن- منگنز و روی - آهن و محلول پاشی روی نیز در یک گروه آماری و بالاتر از شاهد قرار گرفتند. در این تیمارها به ترتیب ۱۰/۶، ۹/۹ و ۹/۶ درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد حاصل شد (جدول ۳). تیمارهای محلول پاشی منگنز و محلول پاشی آهن نیز به ترتیب با ۶/۵۹ و ۵/۴۴ درصد افزایش نسبت به شاهد، در گروه‌های پایین تر قرار گرفتند. با توجه به اسیدیته خاک و آب آبیاری (به ترتیب ۷/۵۴ و ۷/۴۶) و محتوای آهک خاک (۳۲ درصد) (جدول‌های ۱ و ۲)، در شرایط آهکی بودن خاک‌ها و افزایش قلیائیت خاک، جذب عناصر، به ویژه عناصر کم مصرف دچار اختلال می‌گردد (Singh *et al.*, 2013). بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک نیز با مصرف توأم روی، آهن و منگنز (به ترتیب ۱۱/۵ و ۱۰/۵ درصد افزایش نسبت به شاهد و محلول پاشی آب) بدست آمد. تیمار محلول پاشی روی- منگنز (با افزایش ۱۰/۲ درصدی نسبت به شاهد) در گروه آماری بعدی و سه تیمار آهن- منگنز، آهن- روی و روی (به ترتیب ۸/۸۵، ۷/۸۱ و ۶/۰۶ درصد افزایش نسبت به شاهد) به طور مشترک پس از آن قرار گرفتند. در تیمار محلول پاشی منگنز، عملکرد بیولوژیک ۳/۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت، اما اثر محلول پاشی آهن تفاوت معنی داری با شاهد نداشت (جدول ۳). نتایج آزمایش راوی و همکاران (Ravi *et al.*, 2008) نشان داد که محلول پاشی آهن و

متر مربعی از متن هر کرت) و تعداد دانه‌های پر در طبق (با شمارش تعداد دانه‌های پر در ۲۰ طبق بارور در هر کادر) در هر کرت اندازه‌گیری و ثبت شدند. برداشت محصول پس از حذف دو خط کناری و نیم متر از بالا و پائین هر کرت در سطح هشت متر مربع انجام و عملکرد دانه (با رطوبت هشت درصد)، بر حسب کیلوگرم در هکتار ثبت شد. پس از برداشت محصول، وزن هزار دانه با سه بار شمارش در سه گروه تصادفی هزار عددی از هر کرت اندازه‌گیری و غلظت روی، منگنز و آهن دانه با روش خاکستر کردن در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و سپس حل کردن آن در اسید کلریدریک سه نرمال و قرائت با دستگاه جذب اتمی تعیین شد (Gupta *et al.*, 2016). میزان روغن دانه با استفاده از دستگاه اینفراماتیک (Tearcon8620, Germany) در سه تکرار اندازه‌گیری شد (Senobari *et al.*, 2015). عملکرد روغن از حاصلضرب عملکرد دانه در میزان روغن دانه بدست آمد. قبل از تجزیه داده‌ها برای اطمینان از یکنواختی واریانس خطای آزمایشی، از آزمون بارتلت استفاده شد. تجزیه مرکب با فرض تصادفی بودن سال و ثابت بودن تیمارهای آزمایشی برای صفات مورد نظر صورت گرفت. به دلیل یکنواختی واریانس خطای صفات برای تمامی آنها، داده‌ها به صورت مرکب تجزیه شدند به گزارش جداول سالیانه می‌پردازد. ز نونوشته و نتایج تجزیه و تحلیل گردند. مقاله از نقطه نظر تفسیر و تجزیه و تحلیل ضعیف بود. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد و بر وزن هزار دانه و

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ در تیمارهای محلول پاشی عناصر کم مصرف

Table 3. Mean comparison of seed yield and yield components of safflower in micronutrients foliar application treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	دانه در طبق	طبق در متر
		Seed yield	Biological yield	1000 seed weight	Seed.head <sup>-1</sup>	Head.m <sup>-2</sup>
		kg.ha <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup>	g		
Control	شاهد	1304 f	3199e	27.7d	26.7c	194a
Water	آب	1309f	3226e	28.9d	26.7c	196a
Zn	روی	1430c	3393c	29.8b	27.8ab	205a
Fe	آهن	1357e	3252e	29.4c	27.1bc	200 a
Mn	منگنز	1390d	3302d	29.5c	27.3b	202a
Zn&Fe	روی و آهن	1434c	3449c	29.9b	27.9ab	206 a
Zn&Mn	روی و منگنز	1454b	3524b	30.2a	28.1a	207a
Fe&Mn	آهن و منگنز	1442c	3482c	30.0b	27.9ab	206a
Zn, Fe & Mn	روی، آهن و منگنز	1472a	3566a	30.7a	28.3a	209 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند  
Means in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

جدول ۴- مقایسه میانگین میزان روغن و محتوای عناصر معدنی دانه گلرنگ در تیمارهای محلول پاشی عناصر کم مصرف

Table 4. Mean comparison of oil and nutrient content of seed of safflower in micronutrient foliar application treatments

Treatments	تیمارهای آزمایشی	میزان روغن	عملکرد روغن	روی	آهن	منگنز
		Oil (%)	Oil yield	Zn	Fe	Mn
			kg.ha <sup>-1</sup>	mg.kg <sup>-1</sup>		
Control	شاهد	27.7c	361d	28.6b	116.1a	41.3b
Water	آب	27.7c	363d	29.0b	116.4a	41.6b
Zn	روی	28.2b	403b	39.0a	116.8a	41.4b
Fe	آهن	27.9b	379d	28.2b	120.3a	40.2b
Mn	منگنز	28.1b	391c	28.8b	117.9a	59.6a
Zn&Fe	روی و آهن	28.3b	406b	33.3a	117.4a	40.5b
Zn&Mn	روی و منگنز	28.5b	414a	37.2a	116.2a	58.3a
Fe&Mn	آهن و منگنز	28.4a	409b	28.1b	115.7a	54.1a
Zn, Fe & Mn	روی، آهن و منگنز	28.6a	421a	36.9a	116.3a	57.2a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند  
Means in each column followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's test

(به ترتیب با ۲۸/۳ و ۲۸/۱ دانه در طبق)، بیشترین مقدار را داشت. این تیمارها نسبت به شاهد به ترتیب ۵/۹ و ۵/۲ درصد افزایش در تعداد دانه در طبق داشتند (جدول ۳). در آزمایش موحدی دهنوی و همکاران (Movahedi Dehnavi *et al.*, 2004)، محلول پاشی روی و منگنز در گلرنگ میزان پرولین را نسبت به شاهد (بدون محلول پاشی) به طور معنی داری افزایش داد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر درصد و عملکرد روغن دانه گلرنگ در سطح یک درصد معنی دار بود. میزان روغن در تیمارهای محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز و توأم آهن و منگنز (به ترتیب با ۲۸/۶ و ۲۸/۴ درصد)، بیشترین مقدار را داشت (جدول ۴). عملکرد روغن که متأثر از تغییرات عملکرد دانه و میزان روغن است با محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز و همچنین محلول پاشی روی- منگنز، بیشترین مقدار را داشت، به طوری که تیمارهای یاد شده به ترتیب با ۱۶/۶ و ۱۴/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد، در گروه آماری بالاتری قرار گرفتند. پس از آن‌ها، محلول پاشی آهن- منگنز، روی- منگنز و روی، به ترتیب با ۱۳/۳، ۱۲/۵ و ۱۱/۶ درصد افزایش نسبت به شاهد، قرار داشتند. محلول پاشی منگنز با ۸/۳ درصد افزایش نسبت به شاهد، تفاوت معنی داری داشت، اما محلول پاشی آهن تأثیری بر آن نداشت (جدول ۴). نتایج سایر تحقیقات نشان داده است که عناصر روی و منگنز نسبت به آهن اثر بیشتری بر مقدار روغن تولیدی در دانه‌های روغنی دارند. با تأمین عناصری مانند روی و منگنز، به ویژه در مرحله پر شدن دانه در گلرنگ، درصد روغن در دانه افزایش یافت (Rezaeieh *et al.*, 2016). گزارش شده است که در شرایط کمبود و کفایت عنصر روی، به ترتیب کمترین و بیشترین میزان روغن دانه بدست آمد. غلظت عنصر روی در حد کفایت، متابولیسم چربی‌ها را افزایش داد و میزان چربی ذخیره شده در بافت‌های ذخیره‌ای مانند دانه بیشتر می‌شود (Hanif *et al.*, 2017). کانوال و

روی باعث افزایش ده درصدی عملکرد دانه گلرنگ شد. در مراحل خروج از روزت و گلدهی، به ترتیب رشد سریع گیاه و شکل‌گیری اجزای عملکرد صورت می‌گیرد که در هر یک از این مراحل، نیاز به عناصر از جمله روی، منگنز و آهن افزایش می‌یابد. یافته‌های پژوهش حاضر با نتایج ترابیان و همکاران (Torabian *et al.*, 2016) که گزارش کردند مصرف روی باعث افزایش عملکرد دانه در آفتابگردان گردید، مطابقت داشت. در مورد وزن هزار دانه نیز مشخص شد که محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز با ۳۰/۷ گرم (۶/۹ درصد افزایش نسبت به شاهد) و محلول پاشی روی- منگنز با ۳۰/۲ گرم (۵/۲ درصد افزایش نسبت به شاهد) در گروه آماری برتر قرار گرفتند. محلول پاشی آهن- منگنز، روی- آهن و روی در گروه بعدی و محلول پاشی منگنز و محلول پاشی آهن در گروه‌های پایین تر قرار گرفتند. در تیمارهایی که وزن هزار دانه افزایش داشت، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. نتایج آزمایش والی و همکاران (Valli *et al.*, 2016) نیز حاکی از همبستگی بالای عملکرد دانه با وزن هزار دانه در گلرنگ بود. رجیبی و همکاران (Rajabi *et al.*, 2013) نیز افزایش وزن هزار دانه را با محلول پاشی روی و منگنز در گلرنگ گزارش کردند. روی با شرکت در ساخت پروتئین لوله گرده باعث ذخیره آن در این اندام شده و منجر به افزایش گرده افشانی و تشکیل دانه می‌شود. منگنز نیز از طریق تأثیر بر رشد زایشی و کمک به تولید کربوهیدرات‌ها و پروتئین، باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود. در اثر مصرف منگنز، مواد قابل ذخیره در گیاه افزایش یافته و محدودیت منبع کاهش می‌یابد، بنابراین مواد اضافی به سمت دانه هدایت می‌شوند (Marschner, 1995). کمبود روی بر کارکرد اندام‌های زایشی گیاه اثر منفی داشته و کاهش وزن دانه را به دنبال دارد (Velli *et al.*, 2016). تعداد دانه در طبق در تیمارهای محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز و محلول پاشی توأم روی- منگنز

مورد دارند (Marschner, 1995). تغییرات غلظت روی و منگنز در گیاه در اثر محلول پاشی این عناصر، بستگی به ارتباط بین آوندها و تبادل عناصر در آنها دارد. این موضوع توسط سایر محققان از جمله علی و همکاران (Ali et al., 2016) نیز در مورد گندم گزارش شده است. در آزمایش‌های دیگر افزایش محتوای عنصر روی در دانه آفتابگردان با محلول پاشی روی گزارش شده است (Torabian et al., 2016). انتقال روی در داخل گیاه پس از محلول پاشی سولفات روی توسط گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2016) مورد ارزیابی قرار گرفت. گزارش شده است که انتقال روی از برگ‌های پیر و در اواخر دوره رشد گیاه، از برگ‌های پایین به برگ‌های جوان و دانه‌ها، از مسیر آوندهای آبکش انجام گرفته و باعث افزایش محتوای روی در دانه‌ها گردید (Yin et al., 2016). با توجه به آزمایشات انجام شده و پژوهش حاضر، مشخص شد که یکی از مهم‌ترین دلایل عملکرد پایین گلرنگ، فقدان برنامه تغذیه‌ای مناسب برای این محصول بوده و همواره یک یا چند عنصر بر اساس قانون حداقل، باعث عدم دستیابی به بیشینه عملکرد می‌شوند (Soleimani, 2006). با توجه به کم‌تحرک بودن عناصر کم مصرف در گیاه، نیاز گیاه به این عناصر در مراحل خروج از روزت و اوایل گلدهی بالا است. بازبایی پایین مصرف خاکی در این مراحل و نامتحرک شدن عناصر روی، آهن و منگنز در خاک‌های آهکی، ضرورت توجه به محلول پاشی را ایجاب می‌نماید (Dare Ghaedi et al., 2012). با توجه به ناچیز بودن مقدار و اقتصادی بودن مصرف کود در روش محلول-پاشی، زارعین گلرنگ از این روش مصرف کود استقبال کرده و از آن در تلفیق با کنترل شیمیایی مگس گلرنگ و علف‌های هرز استفاده می‌کنند.

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که محلول پاشی عناصر

همکاران (Kanwal et al., 2016) نیز بر اثر مصرف عناصر کم مصرف، از جمله منگنز در افزایش میزان روغن در دانه‌های روغنی تأکید کردند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر محتوای عناصر روی، منگنز و آهن دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. محلول پاشی سولفات روی بیشترین غلظت روی در دانه را داشت، به طوری که محتوای روی از ۲۸/۶ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد (با ۵۵/۹ درصد افزایش) به ۴۴/۶ میلی گرم در کیلوگرم با محلول پاشی روی رسید. هر چند محلول پاشی روی بیشترین غلظت روی در دانه را داشت، اما میزان آن با محلول پاشی سایر تیمارهای حاوی روی (روی-منگنز، روی-آهن-منگنز و روی-آهن) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). کمترین غلظت روی در دانه با محلول پاشی آهن-منگنز حاصل شد. گزارش شده است که آهن و منگنز، جذب روی را در گیاه کاهش می‌دهند و محلول پاشی آهن-روی در شرایط مصرف روی به عنوان عامل مفیدی در تعدیل غلظت روی در دانه محسوب می‌شود (Ghasemi Fasaei and Ronaghi, 2015). در آزمایش حاضر نیز محلول پاشی آهن-منگنز باعث جلوگیری از افزایش بیش از حد غلظت عنصر روی در دانه گلرنگ گردید. در مرحله انتقال از ساقه به خوشه، روی و آهن با یکدیگر رقابت داشته و با هم برهمکنش منفی دارند (Marschner, 1995). تغییرات غلظت آهن دانه در تیمارهای محلول پاشی معنی‌دار نبود. با محلول پاشی منگنز، محتوای منگنز دانه نیز از ۴۱/۳ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار شاهد (با ۴۴/۳ درصد افزایش) به ۵۹/۶ میلی گرم در کیلوگرم رسید. محلول پاشی سایر عناصر نیز بر غلظت منگنز دانه اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). رشد نهایی گیاه بستگی به ساختار اندام‌های زایشی و بهبود تسهیم مواد پرورده در گیاه داشته و عناصر روی، منگنز و آهن نقش قابل ملاحظه‌ای در این



برهمکنش آنها با سایر عناصر از جمله نیتروژن و فسفر نیز بررسی شود. با افزایش ورود یک عنصر خاص در فعالیت‌های حیاتی گیاه، نقش عنصر یا عناصر دیگر نیز تحت شعاع قرار خواهد گرفت. اگرچه تحقیقات بیشتری در خصوص نحوه مصرف کودهای روی، آهن و منگنز باید انجام شود، اما نتایج این تحقیق نشان دهنده لزوم توجه به روش محلول پاشی در برنامه‌های تغذیه گیاهان زراعی از جمله گلرنگ است. بر اساس نتایج آزمایش حاضر به نظر می‌رسد که در گلرنگ، محلول پاشی عناصر کم مصرف در مراحل خروج از ریزوم و قبل از گلدهی، ضرورت بیشتری دارد.

روی، منگنز و آهن که نقش مهمی در فعالیت‌های آنزیمی و فرایندهای متابولیسمی گیاه دارند، باعث بهبود رشد، افزایش وزن هزار دانه، افزایش تعداد دانه در طبق و افزایش عملکرد دانه گلرنگ شد. با توجه به افزایش عملکرد دانه و افزایش میزان روغن دانه در تیمارهای محلول پاشی توأم روی، آهن و منگنز و روی- منگنز، بیشترین عملکرد روغن نیز حاصل شد. با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار دو تیمار ذکر شده، برای افزایش عملکرد روغن دانه گلرنگ، می‌توان از محلول پاشی روی- منگنز استفاده کرد. با توجه به اثر آنتاگونیستی (ضدیت) بین عناصر، لازم است که علاوه بر برهمکنش عناصر کم مصرف با یکدیگر،

## References

## منابع مورد استفاده

- Ali, A.U., G. Sarwar, M. Aftab, and S. Muhammad. 2016. Effect of soil and foliar applied copper on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Agric. Res. 29: 35-42.
- Aytac, Z., N. Gulmezoglu, Z. Sirel, I. Tolay and A. A. Torun. 2014. The Effect of zinc on yield, yield components and micronutrient concentrations in the seeds of safflower genotypes. Bot. Hort. Agric. 42: 202-209.
- Basu, P. S. 2016. Physiological processes toward movement of micronutrients from soil to seeds in biofortification perspectives. In: Biofortification of Food Crops. pp. 317-329. Springer, India.
- Dare Ghaedi, B., M. H. Rasouli Sedghiani and H. Khodaverdilu. 2012. Adsorption and retention of Mn, Zn and Cu in some acidic and non-acidic soils. J. Soil Manag. Sust. Prod. 2: 63-77.
- Flemmer, A.C., M.C. Franchini, and L.I. Lindström. 2015. Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. Ann. Appl. Biol. 166: 331-339.
- Ghasemi Fasaei, R. and A. Ronaghi. 2015. The influence of iron chelate and zinc sulfate on the growth and nutrient composition of chickpea grown on a calcareous soil. Iran. Agric. Res. 34: 35-40. (In Persian with English abstract).
- Gupta, N., H. Ram and B. Kumar. 2016. Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. Rev. Environ. Sci. Biotech. 15: 89-109.
- Hanif, M. A., H. Nawaz, M. A. Ayub, N. Tabassum, N. Kanwal, N. Rashid, M. Saleem and M. Ahmad. 2017. Evaluation of the effects of zinc on the chemical composition and biological activity of basil essential oil by using Raman spectroscopy. Indust. Crops Prod. 96: 91-101.
- He, J., H. Wang, H. Ding, and C. Ge. 2016. Epibrassinolide confers zinc stress tolerance by regulating antioxidant enzyme responses, osmolytes and hormonal balance in *Solanum melongena* seedlings. Brazilian

J. Bot. 39: 295-303.

**Jalilian, J., Kohnaward, P. and A. Pirzad. 2016.** Safflower growth as affected by cropping intensity and micronutrient foliar spray. J. Crop Imp. 30: 259-273.

**Kabir, A. H., N. Paltridge and J. Stangoulis. 2016.** Chlorosis correction and agronomic biofortification in field peas through foliar application of iron fertilizers under Fe deficiency. J. Plant Interact. 11: 1-4.

**Kanwal, N., M. A. Hanif, M. M. Khan, T.M. Ansari and R. Khalil-Ur-Rehman. 2016.** Effect of micronutrients on vegetative growth and essential oil contents of *Ocimum sanctum*. J. Ess. Oil Bear. Plants. 19: 980-988.

**Khattak, S. G., P. J. Dominy and W. Ahmad. 2015.** Assessment of Zn interaction with nutrient cations in alkaline soil and its effect on plant growth. J. Plant Nut. 38: 1110-1120.

**Kızılsahin, S., A. Nalbantsoy, N. Karabay and U. Yavaşoglu. 2015.** In vitro synergistic efficacy of conjugated linoleic acid, oleic acid, safflower oil and taxol cytotoxicity on PC3 cells. Nat. Prod. Res. 29: 378-382.

**Marschner, H. 1995.** Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, UK.

**Movahedi Dehnavi, M., A. M. Modarres Sanavii, A. Soroush Zade and M. Jalali. 2004.** Variations of proline, total soluble carbohydrates, Chlorophyll (SPAD) in varieties of autumn safflower under drought stress and application of Zn and Mn. Desert, 9: 93-110.

**Orlovius, K. 2006.** Effect of foliar fertilization with magnesium, sulfur, manganese and boron to sugar beet, oilseed rape, and cereals. Dev. Plant Soil Sci. 92: 788-789.

**Rajabi, M., M. Fetri, M. E. Ghobadi, M. H. Faraji and GH. Asadian. 2013.** Foliar application of Zn and Mn fertilizers on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. Int. J. Agric. Crop Sci. 5: 718-822.

**Ravi, S., H. T. Channal, N. S. Hebsur, B. N. Patil and P. R. Dharmatti. 2008.** Effect of sulfur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). J. Agric. Sci. 21: 382-385.

**Rezaeieh, K. A. P., B. Gurbuz and A. Eivazi. 2016.** Effects of different zinc levels on vegetative growth and essential oil contents of some Iranian and Turkish cumin (*Cumin cuminum* L.) genotypes. J. Ess. Oil Bear Plants. 19: 1181-1191.

**Sampaio, M. C., R. F., Santos, D. Bassegio, E. S. de Vasconcelos, M. de Almeida Silva, D. Secco and T. R. B. da Silva. 2016.** Fertilizer improves seed and oil yield of safflower under tropical conditions. Ind. Crops Prod. 94: 589-595.

**Senobari, S., M. R. Sabzalian and G. Saeidi. 2016.** Evaluation of phenotypic and genetic relationship between agronomic traits, grain yield and its components in genotypes derived from interspecific hybridization between wild and cultivated safflower. Iran. J. Filed Crops Sci. 47: 131-139. (In Persian with English abstract).

**Singh, V. P., B. Pal and Y. K. Sharma. 2013.** Response of rice to nitrogen and zinc application irrigated with

saline water. Environ. Ecol. 31: 344-349.

- Soleimani, R. 2005.** The integrated effects of foliar and soil application of Zn, Fe and Mn on yield and yield compounds of wheat in Ilam. Final Report of Research Project. Soil and Water Research Institute, Iran .No. 1222. (In Persian with English abstract).
- Torabian, S., M. Zahedi and A. H. Khoshgoftar Maneesh. 2016.** Effects of foliar spray of two kinds of zinc oxide on the growth and ion concentration of sunflower cultivars under salt stress. J. Plant Nutr. 39: 172-180.
- Valli, S. P., C. Sudhakar, J. Rani and R. R. Rajeswari. 2016.** Correlation and path coefficient analysis for the yield components of safflower germplasm (*Carthamus tinctorius* L.). Electronic J. Plant Breed. 7: 420-426.
- Weiss, E. A. 2000.** Oilseed Crops. Blackwell Sci.
- Xie, Y., Niu, X. and J. Niu. 2016.** Effect of phosphorus fertilizer on growth, phosphorus uptake, seed yield, yield components and phosphorus use efficiency of oilseed flax. Agron. J. 108: 1257-1266.
- Yari, L., A. M. Modarres Sanavi and A. Soroush Zade. 2004.** The effect of foliar application of Mn and Zn on quantitative characteristics of five safflower varieties. Iran. J. Soil Water Sci. 18: 145-151.
- Yin, H., X. Gao, T. Stomph, L. Li, F. Zhang, and C. Zou. 2016.** Zinc concentration in rice (*Oryza sativa* L.) grains and allocation in plants as affected by different zinc fertilization strategies. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 47:761-768.

## Effect of foliar application of Zn, Fe and Mn on seed yield and micronutrient contents of safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Soleimani, R.<sup>1</sup>, F. Nourgholipour<sup>2</sup> and F. Moshiri<sup>3</sup>

### ABSTRACT

Soleimani, R., F. Nourgholipour and F. Moshiri. 2017. Effect of foliar application of Zn, Fe and Mn on seed yield and micronutrient contents of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 19(1): 1-12. (In Persian).

This experiment was conducted to determine the effect of zinc (Zn), iron (Fe) and manganese (Mn) foliar application on seed yield and nutrient contents of irrigated safflower during three years (2010-2013) in a soil with low concentration of available Zn, Fe and Mn. The experiment was conducted in Chardavol field station in northern Ilam province, Iran. Experimental treatments included; control (without Zn, Fe and Mn application), foliar application of water, and foliar application of Zn, Fe, Mn, Zn+Mn, Zn+Fe, Fe+Mn and Zn+Fe+Mn using randomized complete block design with three replications. Results indicated that the effect of foliar application of micronutrients on seed and oil yield of safflower was significant. Mean comparison showed that the highest seed yield was obtained from foliar application of Zn+Fe+Mn with 1472 kg.ha<sup>-1</sup> which was 12.9 and 12.4 percent higher than seed yield in control (without foliar application) and foliar application of water, respectively. Seed oil yield was significantly higher in foliar application of Zn+Fe+Mn (421 kg.ha<sup>-1</sup>) and Zn+Mn (411 kg.ha<sup>-1</sup>) in comparison with control. It can be concluded that highest seed yield and seed oil yield were obtained from foliar applications of Zn+Fe+Mn and Zn+Mn, respectively.

**Key words:** Foliar application, Micronutrients, Oil content of seed and Safflower.

Received: December, 2016

Accepted: May, 2017

1. Faculty member, Ilam Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ilam, Iran. (Corresponding author) (Email: rsoleimani@ut.ac.ir)

2. Faculty member, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

3. Faculty member, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran