

"مجله علوم زراعی ایران"  
جلد شانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳

## اثر روش های مصرف کلات آهن بر عملکرد، اجزای عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب و میزان روغن دانه گلرنگ بهاره رقم گلدشت در شرایط کم آبیاری Effect of iron application methods on grain yield, yield components, oil content and fatty acids profile of spring safflower cv. Goldasht under deficit irrigation conditions

کیوان فتحی امیرخیز<sup>۱</sup>، مجید امینی دهقی<sup>۲\*</sup> و سیاوش حشمتی<sup>۱</sup>

### چکیده

فتحی امیرخیز، ک.م. امینی دهقی و س. حشمتی. ۱۳۹۳. اثر روش های مصرف کلات آهن بر عملکرد، اجزای عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب و میزان روغن دانه گلرنگ بهاره رقم گلدشت در شرایط کم آبیاری. مجله علوم زراعی ایران. ۱۶(۴): ۳۰۸-۳۲۱.

به منظور بررسی اثر روش های مصرف کود کلات آهن بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، روغن دانه و ترکیب اسیدهای چرب یک رقم گلرنگ بهاره گلدشت (IL-111) تحت شرایط کم آبیاری، آزمایشی مزرعه ای به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ انجام شد. عامل اصلی شامل دو سطح آبیاری: آبیاری کامل (I1: آبیاری بر اساس تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک) و کم آبیاری در مرحله گلدهی (I2: آبیاری بر اساس تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک) و عامل فرعی شامل کود کلات آهن (از منبع سکوسترین ۱۳۸) در هشت سطح که چهار سطح آن به صورت مخلوط با خاک با مقادیر (S1: صفر، S2: ۵۰، S3: ۱۰۰ و S4: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و چهار سطح با غلظت های (F1: صفر، F2: ۱، F3: ۲ و F4: ۳ در هزار) بصورت محلول پاشی بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و آهن در هر دو سال آزمایش بر عملکرد دانه و روغن گلرنگ تاثیر داشت. در آبیاری کامل با افزایش مصرف آهن، عملکرد دانه و روغن در هر دو سال آزمایش بطور معنی داری افزایش یافتند. با کاهش میزان رطوبت خاک تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین عملکرد دانه و روغن به ترتیب به مقدار ۲۵۳۵ و ۱۰۴۲ کیلوگرم در هکتار در سال اول، ۳۱۷۶ و ۱۴۴۰ کیلوگرم در هکتار در سال دوم در تیمار کودی محلول پاشی یک در هزار آهن بدست آمد. مقایسه میانگین ها نشان داد که در هر دو سال آزمایش اضافه نمودن کود آهن دار به خاک در شرایط تنش رطوبتی باعث افزایش معنی دار میزان کل ماده خشک، شاخص برداشت و میزان روغن گلرنگ شد. در هر دو سال آزمایش سطوح محلول پاشی آهن موجب افزایش معنی دار اسید لینولئیک و کاهش اسید پالمیتیک در شرایط کمبود آب شد، در حالی که مصرف آهن در خاک بیشترین تاثیر را بر میزان اسیدهای چرب اولئیک و استئاریک دارا بود. نتایج این پژوهش نشان داد که با محلول پاشی یک در هزار آهن در سطح کم آبیاری (I2F2) عملکرد دانه و روغن به ترتیب ۵۳/۷ و ۱۶۲/۲ درصد در سال اول و ۲۹/۲ و ۷۳/۵ درصد در سال دوم نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کلات آهن در هکتار افزایش یافت. به نظر می رسد که محلول پاشی در شرایط کمبود آب آبیاری در شرایط مشابه با اقلیم و خاک منطقه اجرای آزمایش می تواند اثر مثبتی بر افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت روغن در گلرنگ (رقم گلدشت) داشته باشد.

واژه های کلیدی: اسید اولئیک، شاخص برداشت، طبق، گلرنگ و محلول پاشی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۲ این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی نگارنده دوم می باشد که هزینه آن از محل گرنت پژوهشی ایشان تأمین شده است

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد تهران

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: [amini@shahed.ac.ir](mailto:amini@shahed.ac.ir))

## مقدمه

اسید استتاریک و اسید اولئیک در روغن دانه افزایش و محتوای اسید لینولئیک کاهش می‌یابد.

موضوع اساسی تغذیه گیاهی در مناطق خشک، تنظیم مقدار کود بر اساس رژیم رطوبتی قابل انتظار در اطراف ریشه می‌باشد. مشخص شده است که حتی در شرایطی که رطوبت محدود باشد، کمبود عناصر غذایی می‌تواند کارآیی مصرف آب را کاهش دهد، بنابراین مصرف مقدار متعادلی از کودها که براساس میزان رطوبت خاک تنظیم شده باشد، علاوه بر جلوگیری از بروز آلودگی‌های زیست محیطی و بهم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک، باعث افزایش تولید در کارآیی استفاده از منابع می‌شود (Mirzashahi *et al.*, 2000). آهن بعنوان یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان است که نقش فیزیولوژیکی مهمی در گیاهان ایفا می‌کند (Sanz *et al.*, 1992). کمبود آهن در خاک‌های آهنکی در نواحی خشک مشاهده می‌شود. بالا بودن میزان بیکربنات در آب آبیاری و خاک ممکن است کمبود آهن را تشدید کند. بعلاوه جذب آهن در خاک‌هایی که مواد آلی پایینی دارند، کاهش می‌یابد (Havlin *et al.*, 2005). بلالی و همکاران (Balali *et al.*, 1999) با انجام آزمایشی در ۷۰۰ مزرعه طی دو سال گزارش کردند که ۳۷ درصد خاک‌های کشورهای دچار کمبود آهن می‌باشند. آنها حد بحرانی آهن را بین ۲ تا ۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و میانگین خاک‌های کشور را ۴/۵۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش کردند.

یکی از مسائل مهم در مصرف کودهای ریز مغذی، مقایسه روش‌ها و مقادیر مصرف این کودها است که از دیدگاه افزایش تولید و جنبه‌های اقتصادی، بسیار با اهمیت است. ملکوتی و طهرانی (Malakouti and Tehrani, 2005) گزارش کردند که تأمین عناصر ریز مغذی برای مناطقی که خاک خشک و قلیایی دارند، از طریق محلول‌پاشی نتیجه بهتری دارد زیرا سریعتر جذب و مشکل تثبیت شدن آن در خاک

گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) یک گیاه زراعی دانه روغنی است که سازگاری خوبی به مناطق نیمه خشک دارد (Nasr *et al.*, 1978). کیفیت بالای روغن گلرنگ به علت وجود بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیر اشباع به خصوص اسید اولئیک و اسید لینولئیک در روغن آن می‌باشد (Li and Mündel, 1996). کمبود آب یکی از اساسی‌ترین عوامل محیطی محدود کننده تولیدات کشاورزی است. گیاهان زراعی در طی دوره زندگی خود، به طور مکرر با تنش رطوبتی مواجه می‌شوند، لیکن مراحل معینی از رشد از قبیل جوانه زنی، رشد گیاهچه و گلدهی از بحرانی‌ترین مراحل مواجهه گیاه با خسارت‌های ناشی از تنش رطوبتی به شمار می‌آیند (Kafi and Rostami, 2007). محققین اهمیت پرهیز از تنش آب را در طول دوره بحرانی گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی را متذکر شده و بیان داشته‌اند که در طول این دوره، میزان آب نباید کمتر از ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب در خاک باشد (Scarisbrick and Daniels, 1986).

ماریتا و مالدون (Marita and Muldoon, 1995) اعلام کردند که رژیم‌های آبیاری در گلرنگ در مراحل رشد سریع ساقه، گلدهی و دانه‌بندی موجب می‌شود که عملکرد دانه افزایش چشمگیری داشته باشد و حساس‌ترین مرحله نیاز آبی در گلرنگ، مرحله گلدهی و دانه‌بندی است. اردم و همکاران (Erdem *et al.*, 2006) نیز نشان دادند که عملکرد دانه و وزن هزاردانه در آفتابگردان، با افزایش تنش خشکی کاهش یافت. محققان گزارش کرده‌اند که به علت تنش کمبود آب، مطمئناً ارسال مواد فتوسنتزی به اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد و در نهایت اجزای عملکرد کاهش می‌یابد که با کاهش این اجزا، شاخص برداشت نیز کاهش می‌یابد (Turk *et al.*, 1980). دورنباس و مولن (Dorenbos and Mullen, 1992) دریافتند که در شرایط تنش خشکی در سویا، محتوای

شاهد (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۹۰/۸ متر از سطح دریا) به اجرا درآمد. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه ۲۳۸/۹ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه، ۱۷/۷ درجه سانتیگراد و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. قبل از شروع آزمایش و اعمال تیمارها، از خاک مزرعه چهار نمونه برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری به عمل آمد. بافت خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از نوع لومی و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی‌متری از نوع لومی-رسی، وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۵ گرم بر سانتیمتر مکعب و میزان آهن خاک، ۲/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. رقم مورد استفاده گلرنگ، گلشدت (IL-111) بود که دارای تیپ رشد بهاره، بی‌خار، مقاوم به ریزش و با میزان روغن دانه ۳۰-۲۵ درصد است. آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمار آبیاری در دو سطح شامل، آبیاری کامل (I1) و کم آبیاری در مرحله گلدهی و گرده‌افشانی (I2) (به ترتیب آبیاری پس از تخلیه ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) به عنوان عامل اصلی و هشت سطح کلات آهن از منبع سکوسترین ۱۳۸ (Fe-EDDHA) که چهار سطح آن بصورت مخلوط با خاک با مقادیر (S1: صفر، S2: ۵۰، S3: ۱۰۰ و S4: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و چهار سطح بصورت محلول‌پاشی با غلظت‌های (F1: محلول‌پاشی با آب، F2: ۱، F3: ۲ و F4: ۳ در هزار) بعنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. مصرف کلات آهن به دو روش محلول‌پاشی و مصرف در خاک در مرحله گلدهی و در هنگام اعمال تیمار کم آبیاری انجام شد. برای مصرف خاکی، کود کلات آهن در پای بوته‌ها با خاک مخلوط گردید. جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک مزرعه در شرایط ظرفیت زراعی از دو عمق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتری خاک از تکرارهای هر آزمایش نمونه‌برداری

نیز برطرف می‌شود. قاسمی فسایی و همکاران (Ghasemi Fasaei *et al.*, 2005) گزارش کردند که کاربرد خاکی کود کلات آهن (Fe-EDDHA) می‌تواند یک روش موثر برای اصلاح کمبود آهن در خاک‌های آهکی باشد. ضیائی‌ان و ملکوتی (Ziaeiian and Malakouti, 1998) گزارش کردند که مصرف خاکی و برگی عناصر ریز مغذی آهن، روی، منگنز و مس در تغذیه ذرت، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود که در این میان نقش مثبت آهن و روی بیش از نقش منگنز و مس است. بلالی و همکاران (Balali *et al.*, 2000) گزارش کردند که در اثر مصرف سکوسترین آهن در زراعت گندم، عملکرد دانه ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. گزارش شده است که ۶۰ تا ۷۰ درصد کل روغن ذخیره شده در دانه گلرنگ، ظرف مدت ۲۲ روز بعد از گلدهی ساخته می‌شود، بنابراین هرگونه کمبود مواد غذایی یا بروز تنش در این مدت بیشترین تأثیر را بر میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب آن خواهد داشت (Slack *et al.*, 1985). موحدی دهنوی و همکاران (Movahedy Dehnavy *et al.*, 2010) نیز گزارش کردند که در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی، محلول‌پاشی عناصر روی و منگنز عملکرد روغن دانه گلرنگ را افزایش داد. آنها همچنین گزارش کردند که محلول‌پاشی منگنز موجب افزایش میزان روغن و اسید اولئیک و کاهش اسید لینولئیک در برخی ارقام گلرنگ شد.

هدف از این تحقیق، بررسی اثر روش‌های مصرف کود کلات آهن به دو روش خاکی و محلول‌پاشی بر گی بر عملکرد، اجزای عملکرد، روغن دانه و محتوای اسیدهای چرب دانه گلرنگ تحت شرایط کمبود آب بوده است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه

علف‌های هرز استفاده شد. در طول دوره رشد نیز مبارزه با علف‌های هرز بصورت دستی انجام گرفت. جهت مبارزه با مگس گلرنگ در مرحله طبق‌دهی، از سم دیازینون به میزان دو در هزار استفاده شد. کاشت در هر دو سال در اواخر اسفندماه به صورت دستی انجام گرفت. در پایان فصل رشد و پس از رسیدگی کامل، تعداد پنج بوته از هر کرت انتخاب و اجزای عملکرد شامل تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه، اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد دانه، از هر کرت مساحتی برابر با ۱/۵ متر مربع برداشت شد. پس از کوبیدن و جدا کردن دانه‌ها بوسیله غربال، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. عملکرد بیولوژیک از طریق وزن خشک کل اندام هوایی که به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت شده بود، اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌هایی از آنها انتخاب و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشکانده شدند. وزن خشک بدست آمده به کل بوته‌ها تعمیم داده و به عنوان عملکرد بیولوژیک در نظر گرفته شد. شاخص برداشت نیز از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری روغن دانه از روش سوکسله و حلال پترولیوم بنزین استفاده شد. بدین منظور ۲۰۰ بذر از هر تیمار آسیاب شد و سپس یک نمونه ۱۰ گرمی از آن برای اندازه‌گیری روغن مورد استفاده قرار گرفت (AOAC, 1995). پس از استخراج روغن، وزن روغن حاصل با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و میزان روغن در یک گرم نمونه بر حسب درصد محاسبه گردید. جهت جداسازی و متیله کردن اسیدهای چرب موجود در نمونه‌های روغن از روش متکالف و همکاران (Metcalf et al., 1966) استفاده شد. در این آزمایش از دستگاه کروماتوگراف گازی (GAS Chromatograph-UNICAM 4600, UK) با ستون کاپیلاری BPX 70 بطول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر که مخصوص جداسازی اسیدهای چرب می‌باشد، استفاده شد. میزان نمونه تزریق شده به دستگاه، ۰/۲

شد و با استفاده از دستگاه صفحه فشاری تحت مکش ۰/۳ اتمسفر قرار داده شد. پس از آن درصد رطوبت وزنی در شرایط ظرفیت زراعی تعیین شد. این مقدار برای اعماق صفر تا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتری خاک به ترتیب ۲۳ و ۲۸ درصد بود. جهت تعیین دقیق زمان آبیاری، در هر تیمار پس از ۴۸ ساعت با گذشت آبیاری، اقدام به برداشت نمونه خاک از عمق توسعه ریشه (صفر تا ۳۰ سانتیمتر) گردید. نمونه‌های برداشت شده بلافاصله توزین و جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک، در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد خشکانده شدند. بر این اساس زمان آبیاری برای تیمارهای I1 و I2 زمانی بود که رطوبت خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر، به ۱۱/۵ و ۵/۷۵ درصد و در عمق ۶۰-۳۰ سانتیمتر، به ۱۴ و ۷ درصد رسید. حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار از رابطه زیر ( Alizadeh, 2008) محاسبه شد:

$$V=(FC-\theta_m)\rho_b\times D_{Root}\times A/E_i \quad (1)$$

V: حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، FC: درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی،  $\theta_m$ : درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری،  $\rho_b$ : وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتیمتر مکعب)،  $D_{Root}$ : عمق توسعه ریشه بر حسب متر، A: مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع و  $E_i$ : کارایی آبیاری می‌باشند. بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری در هر آزمایش محاسبه و بر اساس کارایی توزیع آب ۹۰ درصد با استفاده از پمپ و کنتور بصورت یکنواخت توزیع گردید. میانگین دوساله حجم آب مصرفی در تیمارهای I1 و I2 بترتیب ۳۰۱۸/۷۵ و ۲۷۱۶/۸۷ متر مکعب در هکتار بود. فاصله میان آبیاری‌ها نیز در تیمارهای I1 و I2 بترتیب ۷ و ۱۰ روز محاسبه گردید. قبل از کاشت و بر اساس نتایج آزمون خاک، ۳۵ کیلوگرم نیتروژن (از منبع کود اوره) به خاک افزوده شد. پیش از کاشت نیز از علف‌کش ترفلان به میزان دو لیتر در هکتار به منظور کنترل

میکرولیتر و به مدت ۴۰ دقیقه بود.

برای انجام محاسبات و تجزیه واریانس از نرم افزارهای EXCELL و SAS استفاده شد. تجزیه واریانس داده ها پس از انجام آزمون همگن بودن واریانس خطای دو سال برای هر صفت (آزمون بارتلت) انجام شد. برای مقایسه میانگین ها نیز از روش برش دهی اثر متقابل استفاده شد.

## نتایج و بحث

بر اساس نتایج آزمون بارتلت، صفات اندازه گیری شده غیرهمگن تشخیص داده شدند، بنابراین تمامی صفات در قالب تجزیه ساده (جدداگانه) ارائه گردید.

تعداد طبق در بوته در هر دو سال انجام آزمایش، تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کلات آهن قرار گرفت (جدول ۱). برش دهی اثر متقابل نشان داد که در هر دو سال آزمایش، تحت شرایط آبیاری مطلوب (I1)، کمترین تعداد طبق در بوته به تیمار محلول پاشی آب (F1) تعلق داشت و با مصرف کود کلات آهن در خاک، تعداد طبق در بوته افزایش معنی داری یافت، به طوری که در سال اول، میانگین تعداد طبق در بوته در سه سطح کودی آهن (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) ۲۰/۹ عدد بود که ۳۱/۴ درصد بیش از میانگین تعداد طبق در بوته در تیمار بدون استفاده از کود کلات آهن (S1) بود. بر اساس نتایج بدست آمده در سال دوم نیز بیشترین تعداد طبق در بوته با ۳۷/۸ عدد در تیمار بدون تنش با مصرف ۵۰ کیلوگرم کلات آهن در هکتار (IIS2) مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد که تعداد طبق در بوته با افزایش تخلیه رطوبت خاک از ۵۰ به ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، با تغییر سطوح آهن، اثر معنی داری در هر دو سال انجام آزمایش داشت. در سال اول، افزایش تعداد طبق در بوته در ترکیب تیماری I2F2 (محلول پاشی یک در هزار آهن در تیمار تنش رطوبتی) نسبت به ترکیب تیماری I2S1 (عدم استفاده از کود آهن در خاک در

تیمار تنش رطوبتی) ۲۲/۵ درصد بود، در حالی که در سال دوم در همین شرایط افزایش تعداد طبق در بوته با تیمار محلول پاشی یک در هزار کلات آهن (F2) در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود کلات آهن (S1) ۱۲۱/۷ درصد بود (جدول ۱). گزارش شده است که تنش رطوبتی از طریق کاهش سطح برگ ها و اختلال روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می شوند (Nissanka et al., 1997).

در گیاهان دچار کمبود آهن نیز به دلیل مقدار کم کلروفیل، کاهش انتقال الکترون، مقدار کم فرود و کسین و کاهش بازسازی فرود و کسین، مقدار کربوهیدرات ها کمتر است. علت دیگر کاهش کربوهیدرات ها، جلوگیری از تولید مجدد ریبولوز بی فسفات می باشد. این موضوع باعث کاهش فتوسنتز و در برگ های دچار کمبود آهن می شود (Romheld and Marschner, 1991). بنابراین با توجه به نقش مثبت آهن در مسیر بیوسنتز کلروفیل و عملکرد فتوسیستم های نوری، به نظر می رسد که مصرف آهن در شرایط کم آبیاری، با افزایش غلظت کلروفیل موجب فراهمی مواد پرورده برای تشکیل طبق های بیشتر در شاخه های جانبی از طریق دوام فتوسنتز می گردد. موحدی دهنوی و همکاران (Movahedy Dehnavy et al., 2007) گزارش کردند که محلول پاشی منگنز در شرایط تنش خشکی موجب افزایش تعداد طبق در گلرنگ می شود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در هر دو سال آزمایش، در شرایط آبیاری کامل (I1) مصرف کلات آهن در خاک موجب افزایش معنی دار تعداد دانه در طبق گردید (جدول ۱) در سال اول با افزایش مصرف آهن، تعداد دانه در طبق در تیمار S4 (۱۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار) به ۴۵ عدد رسید که با تیمارهای S3، S2 و F4 (به ترتیب ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار) و محلول پاشی ۳ در هزار) اختلاف معنی داری نداشت، در حالی که میانگین تعداد دانه در

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد، اجزای عملکرد، میزان روغن دانه و محتوای اسیدهای چرب دانه گلرنگ بهاره و

اثر متقابل تیمارهای مصرف خاکی و برگی کلات آهن × آبیاری (۱۳۸۹ و ۱۳۹۰)

Table 1. Mean comparison of grain yield, yield component, oil and fatty acids content of spring safflower in interaction effect of soil and foliar application of Fe × irrigation (2011 and 2012)

سال Year	آبیاری Irrigation	آهن Fe	طبق در بوته Head.plant <sup>-1</sup>	دانه در طبق Grain.plant <sup>-1</sup>	وزن هزار دانه 1000GW (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد ماده خشک Biological yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	شاخص برداشت Harvest Index (%)
۱۳۹۰ 2011	I1	S1	16.0c	32.4c	41.6b	1501f	10669cd	22.3b
		S2	21.3a	43.2a	43.6a	2195c	26295a	22.4b
		S3	20.9a	43.9a	43.8a	2936b	17853b	22.6b
		S4	20.7a	45.0a	42.5ab	3654a	15458bc	23.1ab
		F1	15.9c	32.3c	41.0b	937g	8666c	21.8b
		F2	15.9c	37.6b	42.6ab	1705e	11203cd	24.8a
		F3	18.5b	38.4b	42.4ab	2156c	11020c	23.4ab
		F4	19.8ab	42.7a	42.8ab	2074d	13611bc	23.2ab
	I2	S1	15.9c	31.2g	39.8b	845h	649g	18.8d
		S2	17.1bc	36.6cd	40.8ab	2032d	11590d	22.9ab
		S3	16.3bc	40.0bc	41.2ab	1840e	16352b	23.6ab
		S4	15.9c	41.1b	41.2ab	1649f	17480a	24.5a
		F1	16.0c	34.0f	40.7ab	957g	8035f	20.7c
		F2	19.5a	36.3e	41.9a	2535a	9408e	20.8c
		F3	19.0a	38.5cd	40.8ab	2362b	12578c	22.5b
		F4	17.7b	43.6a	40.8ab	2251c	12390c	22.6b
۱۳۹۱ 2012	I1	S1	15.8ed	41.1f	45.9ef	3101c	16268e	24.3g
		S2	37.8a	66.00c	49.4b	3624ab	27341a	26.8f
		S3	26.9b	71.7b	51.0a	3731a	24161b	29.5e
		S4	22.8c	76.8a	47.0c	3765a	2224cd	30.6d
		F1	14.5e	40.0f	45.6f	2825c	12889f	23.4g
		F2	18.3d	47.3e	46.6cd	3444b	16253e	45.1a
		F3	23.6c	60.7d	46.9c	3110c	22725c	38.5b
		F4	21.2c	61.2d	46.3ed	3113c	21282d	32.2c
	I2	S1	10.9f	25.5g	41.7f	2332d	13455e	21.9g
		S2	17.8c	40.8f	44.5ed	2855b	19576b	31.4b
		S3	14.6ed	61.3c	45.6cd	2631c	19575b	36.1b
		S4	15.7d	65.8b	47.2b	2457d	24147a	40.3a
		F1	14.1e	50.2e	44.1e	2440d	13540e	25.2f
		F2	24.1a	59.0d	50.1a	3176a	14513d	25.7ef
		F3	22.4b	66.6b	49.5a	3133a	17745c	27.5e
		F4	21.8b	74.0a	46.2bc	2719c	19349b	29.4d

ادامه جدول ۱

Table 1: Continued

سال Year	آبیاری Irrigation	آهن Fe	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	میزان روغن Oil content (%)	اسید پالمیتیک Palmitic acid (%)	اسید استئاریک Stearic acid (%)	اسید اولئیک Oleic acid (%)	اسید لینولئیک Linoleic acid (%)
۱۳۹۰ 2011	I1	S1	428e	24.8f	7.3a	2.1ab	13.1c	76.2c
		S2	572d	24.4g	6.7b	2.0ab	13.2c	78.1a
		S3	892b	28.6d	6.6b	2.0ab	13.6b	77.3b
		S4	929a	26.2e	6.7b	2.0ab	13.6b	77.2c
		F1	242f	24.1g	7.3a	2.2a	12.6d	75.9c
		F2	434e	31.5c	7.3a	1.9b	13.7b	77.2b
		F3	742c	41.1b	6.8b	1.9b	13.8b	77.5b
		F4	583d	43.1a	6.7b	1.6c	13.3a	77.0b
	I2	S1	206h	25.2e	12.0a	3.4a	12.3e	61.1d
		S2	645c	26.0d	7.0cd	2.0c	23.2a	71.8c
		S3	457e	28.5b	6.76cd	1.8c	16.9b	77.6b
		S4	397f	43.0a	6.4e	1.8c	14.0c	77.0b
		F1	302g	25.4e	8.3b	2.5b	13.0d	71.8c
		F2	1042a	25.4e	6.7ed	2.0c	13.1d	77.5b
		F3	877b	25.9d	6.3e	1.9c	13.3d	77.3b
		F4	619d	27.0c	6.5e	1.9c	13.5d	79.3a
۱۳۹۱ 2012	I1	S1	788e	25.1d	7.2a	2.0a	13.1b	76.6c
		S2	980c	29.0c	6.7cd	2.0a	13.1b	78.4a
		S3	1427b	28.9c	6.6d	2.0a	13.1b	77.6b
		S4	1699a	41.8b	6.7bcd	2.0a	14.0a	77.3b
		F1	762e	23.6e	7.1a	2.1a	12.4c	76.1d
		F2	890d	43.0b	7.1a	2.0a	14.1a	76.8c
		F3	970c	45.3a	7.0ab	2.0a	14.2a	77.4b
		F4	829ed	46.0a	7.0abc	1.8b	14.2a	76.3cd
	I2	S1	551f	25.3f	13.0a	3.4a	13.1f	56.4d
		S2	1133e	26.7c	7.1b	2.1bc	26.2a	76.6b
		S3	1130c	45.1b	7.0b	2.0c	14.5b	76.5b
		S4	829d	45.8a	7.0b	1.9c	14.3bc	76.4b
		F1	786d	25.8e	7.1b	2.3b	13.4e	75.9c
		F2	1440a	26.7c	7.0b	2.1b	13.7ed	77.3a
		F3	1310b	26.8c	6.0d	2.1b	14.0cd	77.4a
		F4	613e	26.2d	6.5c	2.0c	14.5b	77.5a

در هر ستون و هر سطح تیمار آبیاری، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون برش دهی اثر متقابل در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری ندارند.

Means in each column and irrigation treatment, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability levels, using LSMEANS Test

I1 و I2: به ترتیب آبیاری براساس تخلیه ۵۰ و ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی (۵۰٪ و ۷۵٪ رطوبت ظرفیت زراعی)؛ S1, S2, S3 و S4: کلات آهن مخلوط با خاک به ترتیب: صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (0, 50, 100, 150 Kg. ha<sup>-1</sup>)؛ F1, F2, F3 و F4: محلول پاشی کلات آهن به ترتیب: صفر، ۱، ۲ و ۳ در هزار

طبق در تیمارهای محلول‌پاشی آب و عدم مصرف آهن، بترتیب از ۳/۳۲ و ۴/۳۲ عدد فراتر نرفت. در سال دوم نیز بیشترین میزان با میانگین ۷۶/۸ عدد از مصرف ۱۵۰ کیلوگرم آهن بدست آمد که در مقایسه با تیمار محلول‌پاشی آب، ۹۱/۸ درصد افزایش نشان داد، اما افزایش سطوح محلول‌پاشی آهن در شرایط تنش رطوبتی و کاهش میزان آب تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی در هر دو سال آزمایش موجب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در طبق گردید، به طوری که در سال اول میزان افزایش در تیمار F4 نسبت به تیمار شاهد ۱/۴ برابر بود، در حالی که تحت همان شرایط در سال دوم تعداد دانه در طبق در مقایسه با تیمار S1، ۲/۹ برابر افزایش نشان داد (جدول ۱). در طول مرحله زایشی در اثر رقابت برای جذب کربوهیدرات‌ها بین اندام‌های زایشی و ریشه‌ها، از فعالیت ریشه‌ها کاسته شده و در نتیجه میزان مواد غذایی کاهش می‌یابد. در این مرحله محلول‌پاشی عناصر غذایی این رقابت را کاهش می‌دهد (Malakouti and Tehrani, 2005). به نظر می‌رسد که با کاهش میزان آبیاری، مصرف آهن به روش تغذیه برگ، موجب افزایش فتوسنتز برگ و افزایش تولید مواد پرورده می‌شود. این وضعیت موجب تولید و توسعه اندام‌های زایشی و در نتیجه افزایش تولید دانه بیشتر در طبق‌های ثانویه و ثالثیه در شرایط کم آبیاری می‌گردد.

اثر متقابل سطوح آبیاری و کلات آهن بر وزن هزار دانه در سال اول غیر معنی‌دار، ولی در سال دوم معنی‌دار بود (جدول ۱). در ارزیابی اثرات متقابل مشخص گردید در سطح کم آبیاری، مصرف آهن به روش محلول‌پاشی در سال دوم موجب افزایش وزن هزار دانه گردید و بیشترین مقدار این صفت با ۵۰/۱ و ۴۹/۵ گرم به ترتیب متعلق به تیمارهای محلول‌پاشی یک و دو در هزار کلات آهن بود. در سال دوم نیز وزن هزار دانه در زمانی که از کلات آهن به صورت محلول‌پاشی یک در هزار استفاده گردید، بیش از سایر

تیمارهای دیگر کلات آهن بود. نتایج اثرات متقابل نشان داد که کمترین میزان وزن هزار دانه در تیمار بدون تنش در هر دو سال آزمایش در اثر محلول‌پاشی آب (عدم مصرف آهن) حاصل گردید. افزایش مصرف آهن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، در سال اول و دوم به ترتیب، موجب افزایش ۶/۸ و ۶/۳ درصدی وزن هزار دانه نسبت به تیمار محلول‌پاشی آب شد (جدول ۱). افزایش وزن هزار دانه در هنگام بروز تنش خشکی در اثر مصرف کود آهن می‌تواند به علت افزایش دوره پر شدن دانه از طریق افزایش میزان کلروفیل و داوم سطح برگ باشد. به نظر می‌رسد استفاده از کود کلات آهن در چنین شرایطی بر انتقال جاری و مجدد مواد فتوسنتزی بوته‌ها تأثیر مثبتی گذاشته و در نهایت مواد پرورده منتقل شده به دانه‌ها افزایش یابد و همین موضوع باعث افزایش وزن دانه‌ها گردیده باشد. ضیائی و ملکوتی (Ziaeiian and Malakoti, 1998) نیز گزارش کردند که در اثر مصرف روی، آهن و منگنز، وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه گندم افزایش معنی‌داری داشته است.

در هر دو سال آزمایش شاخص برداشت تحت تأثیر متقابل تیمارهای آبیاری و آهن قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین ترکیب‌های تیماری آبیاری و آهن از نظر شاخص برداشت نشان داد که در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک، کمترین میانگین شاخص برداشت در هر دو سال زراعی متعلق به تیمار محلول‌پاشی آب بود و بیشترین میانگین آن با تیمار محلول‌پاشی یک در هزار آهن بدست آمد، اما افزایش سطوح محلول‌پاشی آهن در این شرایط با کاهش شاخص برداشت گلرنگ همراه بود. در طی دوره اعمال تنش خشکی و کاهش میزان آب تا حد ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، مصرف آهن در خاک بیشترین تأثیر را بر شاخص برداشت دارا بود. افزایش مصرف آهن تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سال اول و دوم آزمایش، به ترتیب باعث افزایش ۳/۳ و ۸۴ درصدی

ترتیب به تیمارهای مصرف ۱۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار و عدم استفاده از کود آهن اختصاص داشت (جدول ۱). به عبارتی دیگر در مصرف سطوح بالاتر آهن، میزان عملکرد زیستی گیاه بیشتر خواهد بود. آلوش و ساندرس (Alloush and Sanders, 1990) گزارش کردند که کمبود آهن باعث کاهش میزان ماده خشک در گیاه نخود می‌شود. عناصر غذایی معدنی، دارای چندین نقش در تشکیل و تقسیم بندی مواد فتوسنتزی هستند. بنابراین کمبود عناصر غذایی معدنی به طور اساسی به تولید ماده خشک گیاه و تقسیم بندی آن بین اندام‌های گیاه آسیب می‌رساند (Marschner *et al.*, 1996). لینسی و نورول (Linsay and Norvel, 1978) غلظت بحرانی آهن را در خاک‌های نواحی خشک که دارای مقدار بسیار مواد آهکی هستند، بین ۲/۵ تا ۴/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک با روش DTPA اعلام کردند، بنابراین با توجه به این که میزان آهن قابل استفاده در خاک مورد آزمایش ۲/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بوده است، افزایش میزان ماده خشک با افزایش مصرف کود آهن در خاک قابل توجهی می‌باشد.

در هر دو سال آزمایش، در تیمار آبیاری کامل، مقدار آهن مصرفی تأثیر زیادی بر میزان عملکرد دانه داشت (جدول ۱). با افزایش مصرف آهن در شرایط بدون تنش، عملکرد دانه با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کلات آهن در هکتار (IIS4)، به ۳۶۵۴ کیلوگرم در هکتار در سال اول رسید، در حالی که میانگین عملکرد دانه در واحد سطح در اثر عدم مصرف آهن و محلول‌پاشی آب، به ترتیب از ۱۵۰۱ و ۹۳۷ کیلوگرم در هکتار فراتر نرفت. در سال دوم نیز مصرف آهن موجب افزایش عملکرد دانه گردید و بیشترین مقدار این صفت با ۳۷۶۵ کیلوگرم در هکتار در اثر مصرف ۱۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار حاصل گردید، ولی تفاوت بین دو تیمار S3، S4 معنی‌دار نبود (جدول ۱). بلالی و همکاران (Balali *et al.*, 2000) در آزمایشات

شاخص برداشت نسبت به تیمار عدم مصرف آهن گردید (جدول ۱). موحدی دهنوی و همکاران (Movahedy Dehnavy *et al.*, 2007) نیز اظهار داشتند که محلول‌پاشی روی و منگنز در برخی ارقام گلرنگ باعث افزایش شاخص برداشت گردید. بهبود تسهیم ماده خشک به ساختارهای زایشی دانه (بهبود شاخص برداشت) از جمله صفاتی است که می‌تواند باعث بهبود عملکرد دانه شود. شاخص برداشت در شرایط خشکی اغلب تابع نسبت آب استفاده شده پس از گرده افشانی است که هر چه بیشتر باشد، شاخص برداشت بیشتر است (Richards *et al.*, 2002). بنابراین چنین به نظر می‌رسد که افزایش مصرف کود آهن در شرایط تنش خشکی، باعث بهبود توزیع نسبی فرآورده‌های فتوسنتزی بین مخازن اقتصادی (دانه‌ها) و در نتیجه شاخص برداشت باشد.

ارزیابی اثرات متقابل نشان داد در شرایط عدم محدودیت رطوبتی (I1) در هر دو سال آزمایش، تیمار S2 (مصرف ۵۰ کیلوگرم کلات آهن در هکتار) باعث افزایش تولید ماده خشک در مقایسه با سایر تیمارهای کلات آهن شد، به نحوی که مقدار کل ماده خشک نسبت به تیمار F1 (محلول‌پاشی آب) در سال اول و دوم به ترتیب ۱۷۶۲۹/۸ و ۱۴۴۵۱/۷ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، اما با افزایش مصرف آهن تا سطح S4 (۱۵۰ کیلوگرم کلات آهن در هکتار) میزان کل ماده خشک تا حد قابل توجهی کاهش یافت که نشان می‌دهد مصرف آهن بالاتر از ۵۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ماده خشک گلرنگ در شرایط عدم تنش خشکی نمی‌شود، اما با افزایش میزان تخلیه رطوبت خاک به میزان ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، مصرف مقادیر بیشتر کلات آهن در خاک باعث افزایش محسوس میزان ماده خشک گردید. تفاوت بیشترین کمترین مقدار عملکرد زیستی بدست آمده در سال اول و دوم در تیمار تنش رطوبتی در سطوح تیمارهای آهن ۱۰۹۸۷/۷ و ۱۰۶۹۱/۵ کیلوگرم در هکتار بود که به



برش‌دهی اثر متقابل نشان داد که در هر دو فصل زراعی، با افزایش سطح تنش خشکی تأثیر سطوح محلول‌پاشی آهن بر عملکرد روغن دانه گلرنگ بیشتر بود، به طوری که پایین‌ترین سطح محلول‌پاشی آهن (تیمار F2) در سال اول، باعث افزایش عملکرد روغن دانه در مقایسه با تیمارهای S1 و F1 به ترتیب به مقدار ۸۳۶ و ۷۴۰ کیلوگرم در هکتار شد و در سال دوم نیز میزان افزایش عملکرد روغن دانه با تیمار F2 در مقایسه با تیمارهای S1 و F1 به ترتیب ۸۸۸ و ۶۵۴ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱). نتایج این آزمایش نشان داد که اضافه نمودن آهن به خاک در شرایط تنش رطوبتی، تأثیر چندانی در مقایسه با سطوح محلول‌پاشی آهن بر عملکرد روغن دانه نداشت.

نتایج مربوط به اثرات متقابل تنش خشکی و آهن نشان داد که بالاترین سطح آهن مصرفی در هنگام اعمال شرایط کم آبیاری (I2S4) در طی دوره گلدهی در هر دو سال آزمایش از برتری قابل توجهی از لحاظ میزان روغن دانه در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بود. در سال اول مصرف ۱۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار نسبت به شرایط عدم استفاده از کود آهن دار موجب افزایش ۱۷/۸ درصدی میزان روغن دانه گلرنگ گردید. در سال دوم نیز در شرایط مشابه، میزان افزایش درصد روغن دانه در مقایسه با تیمار شاهد (S1) ۲۰/۵ درصد بود (جدول ۱). در شرایط آبیاری کامل، سطوح محلول‌پاشی آهن بیشترین تأثیر را بر میزان روغن دانه گلرنگ دارا بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در این شرایط با افزایش سطوح محلول‌پاشی آهن، بر میزان روغن دانه افزوده شد. در سال اول مقدار روغن دانه با تیمار F4 (محلول‌پاشی ۳ در هزار کلات آهن) افزایشی معادل ۱۹ درصد نسبت به تیمار F1 (محلول‌پاشی آب) نشان داد در حالی که افزایش میزان روغن دانه در سال دوم در مقایسه با تیمار F1، ۲۲/۴ درصد بود.

نتایج این تحقیق نشان داد در هر دو سال آزمایش در تیمار آبیاری کامل افزایش مصرف آهن تا مقدار

خود در ۱۰ استان کشور به این نتیجه رسیدند که با مصرف سکوسترین آهن به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد محصول گندم ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. روند تغییرات عملکرد دانه در هر یک از دو سال آزمایش، در شرایط کم آبیاری، نسبت به سطوح آهن مشابه بود به طوری که در هر یک از دو سال، کمترین مقدار عملکرد دانه گلرنگ از عدم استفاده از کود آهن (S1) بدست آمد، اما محلول‌پاشی آهن با غلظت یک در هزار در هنگام اعمال تنش در طول دوره گلدهی (I2F2) موجب شد که مقدار عملکرد دانه در واحد سطح در هر دو سال آزمایش به میزان قابل توجهی افزایش پیدا کند (۱۶۹۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به عدم مصرف کود آهن در خاک و ۱۵۷۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار محلول‌پاشی آب) و در سال دوم نیز در همین شرایط میزان افزایش عملکرد دانه در واحد سطح در مقایسه با تیمارهای S1 و F1 به ترتیب ۸۴۴ و ۷۳۵ کیلوگرم در هکتار بود. در این آزمایش افزایش میزان عملکرد دانه در شرایط محدودیت رطوبتی را می‌توان متأثر از اجزای عملکرد اندازه‌گیری شده (تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) دانست. اثر متقابل تیمارهای آبیاری و آهن بر عملکرد روغن دانه در هر دو سال اجرای آزمایش معنی دار بود (جدول ۱).

تفاوت میانگین عملکرد روغن دانه در تیمار آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد ظرفیت زراعی زیاد بود، به طوری که میانگین عملکرد روغن دانه، بین ۹۲۹ تا ۲۴۲ کیلوگرم در هکتار در سال اول و ۱۶۹۹ تا ۷۶۲ کیلوگرم در هکتار در سال دوم متغیر بود و کمترین و بیشترین عملکرد روغن دانه به ترتیب به تیمارهای F1 و S4 تعلق داشت. به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه و روغن گلرنگ در شرایط آبیاری مطلوب با تیمار مصرف خاکی کود آهن در مقایسه با روش محلول‌پاشی، به دلیل فراهم شدن شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تر برای گیاه در طول دوره زایشی باشد.

دوم آزمایش، به ترتیب موجب افزایش ۲/۲ و ۲/۳ درصدی اسید لینولئیک نسبت به تیمار محلول پاشی آب گردید (جدول ۱). اگرچه ژنوتیپ مهم ترین عاملی است که محتوای روغن و ترکیب اسیدهای چرب را تعیین می کند، اما عواملی مانند خشکی نیز محتوای روغن و ترکیب های اسید چرب دانه را تحت تأثیر قرار می دهد (Li, 1993). بایوردی و مامدوف (Bybordi and Mamedov, 2010) هم اظهار داشتند که، ترکیب اسیدهای چرب کلزا نیز همانند دیگر گیاهان دانه روغنی، تحت تأثیر مصرف آهن و روی قرار می گیرند. بنابراین با توجه به نقش کلیدی که آهن در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه دارد، از نتایج به دست آمده چنین برداشت می شود که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، مصرف کود آهن می تواند در افزایش میزان اسیدهای چرب غیر اشباع و کاهش درصد اشباع روغن دانه گلرنگ، اثر داشته باشد.

### نتیجه گیری

از نتایج بدست آمده در این آزمایش می توان نتیجه گیری کرد که مصرف کود کلات آهن (سکوسترین ۱۳۸) به روش محلول پاشی در شرایطی که رطوبت خاک در مرحله گلدهی کمتر از حد مطلوب می باشد، اثر معنی داری بر افزایش عملکرد دانه و روغن گلرنگ (رقم گلدشت) دارد. به نظر می رسد که در شرایط تنش رطوبتی، استفاده از روش تغذیه برگ گی کود کلات آهن، قابلیت دسترسی عنصر آهن و جذب و انتقال آن را در گیاه افزایش می دهد، بنابراین تأمین عنصر آهن از طریق روش تغذیه برگ، نتیجه بهتری دارد. همچنین مصرف کلات آهن در خاک در شرایط کم آبیاری، افزایش میزان ماده خشک گیاه، شاخص برداشت و میزان روغن دانه را به همراه داشت. ترکیب اسیدهای چرب غیر اشباع و اشباع نیز در شرایط کاهش میزان آب آبیاری به شدت تحت تأثیر هر دو روش مصرف کود آهن قرار گرفتند، به نحوی که

۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (IIS3) موجب کاهش معنی دار میزان اسید پالمیتیک گردید، اما تأثیر مثبت سطوح محلول پاشی کلات آهن بر میزان اسید پالمیتیک در شرایط تنش رطوبتی بسیار قابل ملاحظه تر بود، به طوری که افزایش سطوح محلول پاشی آهن تا غلظت دو در هزار، میزان اسید پالمیتیک را کاهش داد. مشاهده اثر متقابل بین تیمارهای آبیاری و آهن در هر دو سال برای میزان اسید چرب اشباع استتاریک نشان داد که تنها تیمار کودی F4 (محلول پاشی ۳ در هزار کلات آهن) در سطح آبیاری مطلوب موجب کاهش میزان اسید چرب شد، اما با کاهش مقدار رطوبت خاک تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، میزان اسید استتاریک با افزایش مصرف آهن در خاک بطور معنی داری در هر دو سال آزمایش کاهش یافت که این کاهش در سال اول بین سطوح کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار معنی دار نبود (جدول ۱). در هر دو سال آزمایش اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کلات آهن بر میزان اسیدهای چرب غیر اشباع معنی دار بود. مصرف ۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار در سطح تنش رطوبتی در سال اول و دوم موجب افزایش ۱۰/۸ و ۱۳ درصدی اسید اولئیک نسبت به تیمار عدم مصرف آهن شد، اما در تیمار II میزان اسید اولئیک با سطوح محلول پاشی آهن، افزایش بیشتری در هر دو سال آزمایش داشت. تأثیر مثبت افزایش غلظت محلول پاشی آهن بر میزان اسید لینولئیک در شرایط کم آبیاری بسیار قابل ملاحظه بود، به طوری که بالاترین سطوح محلول پاشی آهن (F4) میزان اسید لینولئیک را در مقایسه با تیمار عدم مصرف آهن (S1) در سال اول و دوم، بترتیب به میزان ۱۸/۲ و ۲۱ درصد افزایش داد. اگرچه بین سطوح محلول پاشی آهن در سال دوم تفاوت معنی داری وجود نداشت. روند تأثیر تیمارهای کودی آهن بر افزایش میزان اسید لینولئیک در شرایط آبیاری مطلوب طی دو سال آزمایش مشابه بود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مصرف ۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار طی سال اول و

کافی در خاک برای گلرنگ در طول دوره گلدهی باشد. از این رو پیشنهاد می‌شود در شرایط کم آبیاری، استفاده از روش محلول‌پاشی کود کلات آهن از لحاظ مقدار و دفعات مصرف نیز در مراحل مختلف رشد گلرنگ در مطالعات تکمیلی مورد توجه قرار داده شود.

محلول‌پاشی آهن باعث افزایش میزان اسید لینولئیک و کاهش میزان اسید پالمیتیک شد. همچنین جهت افزایش عملکرد در شرایط آبیاری کامل می‌توان مقدار مصرف کود آهن را تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. این افزایش عملکرد دانه و روغن می‌تواند به دلیل فراهم شدن شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تر و وجود رطوبت

## References

## منابع مورد استفاده

- Alizadeh, A. 2008.** Soil, Water and Plant relationship. Emam Reza University of Mashhad (In Persian). pp.484.
- Alloush, G. A. and F. E. Sanders. 1990.** Responses of chickpea to iron stress measured using a computer controlled continuous-flow hydroponic system. pp. 197-206. In: M. L. van Beusichem (Ed.), Plant Nutrition-Physiology and Application. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.
- Balali, M. R., M. J. Malakouti, H. H. Mashayekhi and Z. Khademi. 1999.** The Effects of micronutrients on the yield, and determination of critical levels in irrigated wheat in Iran. Soil Water Sci. 12 (4). Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran (In Persian with English abstract).
- Balali, M. R., P. Mohajermilani, M. S. Doroudi, Z. Khademi, H. H. Mashayekhi and M. J. Malakouti. 2000.** A comprehensive computer model for fertilizer recommendation towards sustainable agriculture (Wheat). Soil and Water Research Institute, Soil Science Society of Iran, Tehran, Iran. (In Persian).
- Bybordi, A. and G. Mamedov. 2010.** Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Not. Sci. Biol. 2 (1): 94-103.
- Dornbos, D. L. Jr. and R. E. Mullen. 1992.** Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. J. Am. Oil Chem. Soc. 69: 228-23.
- Erdem, T., Y. Erdem, A. H. Orta and H. Okursoy. 2006.** Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Turk. J. Agric. For. 30: 11-20.
- Ghasemi-Fasaee, R., A. Ronaghi, M. Maftoun, N. A. Karimian and P. N. Soltanpour. 2005.** Iron-manganese interaction in chickpea as affected by foliar and soil application of iron in a calcareous soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal.. 36(13): 1717 -1725.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 2005.** Soil fertility and fertilizer: An Introduction to Nutrient Management. Upper Saddle River, Newjersey, United States. pp.515.
- Kafi, M. and M. Rostami . 2007.** Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. Iran. J. Agric. Res. 5(6): 121-130. (In Persian with English abstract).
- Li, D. 1993.** Progress of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) research and production in china. In: Third international safflower conference, 14-18 June, Beijing China, pp 35-46.

- Li, D., and H. H. Mündel. 1996.** Safflower. *Carthamus tinctorius* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Linsay, W. L. and W. A. Norvel. 1978.** Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Am.* 42: 421-428.
- Malakouti, M. J. and M. M. Tehrani. 2005.** Effects of micronutrient on the yield and quality of agricultural products: Micronutrient with macro-effects. Tarbiat Modares University Press. Tehran, Iran. p.445 (In Persian).
- Marita, T. and D. Muldoon. 1995.** Effect of irrigation schedules and new spacing on the yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *J. Oilseed Res.* 7: 307-308.
- Marschner, H., E. A. Kirkby and I. Cakmak. 1996.** Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *J. Exp. Bot.* 47: 1255-63.
- Metcalf, L. C., A. A. Schmitz and J. R. Pelka. 1966.** Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* 38: 514-515.
- Mirzashahi, K., S. Salimpour, A. Daryashenas, M. J. Malakouti, H. Rezaie. 2000.** Determination of the best rate and application method of nitrogen in rapeseed in Safiabad. *Iran J. Soil Water Sci. (Special Issues: Canola)*. 12(12): 7-11. (In Persian with English abstract).
- Movahedy Dehnavy, M., S. A. M. Modarres Sanavi and M. Barzegar. 2010.** Effects of withholding irrigation and foliar application of Z and Mn on fatty acid composition and seed oil content in winter safflower. *Agron. J. (Pajouhesh & Sazandegi)* .86: 2-10 (In Persian with English abstract).
- Movahedy Dehnavy, M. and S. A. M. Modarres Sanavy. 2007.** Effect of Zn and Mn micronutrients of three winter Safflower under drought stress in Isfahan. *J. Agric. Sci. Nat.* 13(2): 1-10. (In Persian with English abstract).
- Nasr, H. G., N. Kathuda and L. Tannir. 1978.** Effect of N fertilizer and population rate-spacing on safflower, yield and other characteristics. *Agron. J.* 70: 683-685.
- Nissanka, S. P., M. A. Dixon and M. Tollenaar. 1997.** Canopy gas exchange response to moisture stress in old and new maize hybrid. *Crop Sci.* 37: 172 - 181.
- Richards, R., G. J. Rebetzke, A. G. Condon and A. F. Van Herwaarden. 2002.** Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.* 42: 111- 121.
- Romheld, V. and H. Marschner. 1991.** Function of micronutrients in plants. In *Micronutrients in Agriculture*. (2<sup>nd</sup> Ed.). In: J. J. Mortvedt, F. R. Cox, L. M. Shuman and R. M. Welch (Eds.). pp. 297-328. Madison, WI: SSSA.
- Sanz, M., J. Caverro and J. Abadia. 1992.** Iron chlorosis in the EBRO river basin. Spain. *J. Plant Nutr.* 15: 1971-1981.

- Scarisbrick, D. and R. W. Daniels. 1986.** Oil seed rape. Collins Professional and Technical Books. London , England. pp. 256.
- Slack, C. R., P. G. Roughan, J. A. Browse and S. E. Gardiner. 1985.** Some properties of cholinephosphotransferase from developing safflower cotyledons. *Biochim. Biophys. Acta.* 833: 438-448.
- Turk, K. J., A. E. Hall and G. W. Asbell. 1980.** Drought adaptation of cowpea. I. Influence of drought on seed yield. *Agron. J.* 72(3): 413-42.
- Ziaieian, A. and M. J. Malakouti. 1998.** Effect of micronutrient application and application time on increasing yield. *Soil Water* .2(1): 56-62. (In Persian with English abstract).

## Effect of iron application methods on grain yield, yield components, oil content and fatty acids profile of spring safflower *cv.* Goldasht under deficit irrigation conditions

K. Fathi Amirkhiz<sup>1</sup>, M. Amini Dehaghi<sup>2\*</sup> and S. Heshmati<sup>1</sup>

### ABSTRACT

K. Fathi Amirkhiz, M. Amini Dehaghi and S. Heshmati. 2014. Effect of iron application methods on grain yield, yield components, oil content and fatty acids profile of spring safflower *cv.* Goldasht under deficit irrigation conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 16(4): 308-321. (In Persian).

To study the effect of iron application methods on the yield, yield components, oil seed and fatty acids profile of a spring safflower cultivar Goldasht (IL-111) under deficit irrigation conditions, a field experiment was conducted in 2011 and 2012 in research field of the Faculty of Agriculture of Shahed University, Tehran, Iran. The experiment was set up as split-plot arrangement in randomized complete block design with four replications. The main plots consisted of two levels of irrigation treatments: 1: full irrigation (I1: irrigation at 50% soil moisture depletion relative to field capacity) and 2: deficit irrigation at the flowering stage (I2: irrigation at 75% soil moisture depletion relative to field capacity). The subplots consisted of eight levels of Fe-EDDHA, half of which were soil applications (S1:0, S2:50, S3: 100 and S4:150 kg.ha<sup>-1</sup>) and the remaining half were foliar applications (F1:0, F2:1, F3:2 and F4:3 g.l<sup>-1</sup>). In general, grain yield and the oil content were affected by the interaction of irrigation × Fe. Results showed that with full irrigation and an increase in application of Fe, the grain yield and grain oil content increased significantly. With a decrease in soil moisture to 75% of the field capacity, the highest grain yield and grain oil content were obtained with the F2 treatment, i.e., 1 g.l<sup>-1</sup>. Grain yield and oil content were 2535 and 1042 kg.ha<sup>-1</sup>, respectively, in 2011 and 3176 and 1440 kg.ha<sup>-1</sup>, respectively, in 2012. Mean comparisons indicated that, in years, total biomass, harvest index and oil content were significantly affected by the application of Fe to the soil under water stressed conditions. The foliar application of Fe resulted in a significant increase in the amount of linoleic acid and decreased palmitic acid under a water deficit, while the soil application of Fe had the greatest effect on oleic and stearic acids. Grain yield and oil content in Fe at 1 g.l<sup>-1</sup> treatment increased by 53.7% and 162.2%, in 2011 and 29.2% and 73.5%, in 2012, respectively, in comparison with treatment S4 (150 kg.ha<sup>-1</sup>). It can be concluded that the foliar application method under deficit irrigation condition can increase grain yield and improve the oil quality of safflower *cv.* Goldasht.

**Key words:** Foliar application, Harvest index, Head, Oleic acid and Safflower.

Received: April, 2014

Accepted: September, 2014

1- Former MSc. Student, Shahed University, Tehran, Iran.

2- Associate Prof., Shahed University, Tehran, Iran (Corresponding author) (Email: amini@shahed.ac.ir)