"مجله علوم زراعی ایران"
جلد شانزدهم، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۳

اثر روش‌های مصرف کلات آهن برعملکرد، 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[۱]، مجید امینی دهقی[۲*] و سیاوش حشمتی[۱]

چکیده

فتحی امیرخیز، ک.،م. امینی دهقی و س. حشمتی. ۱۳۹۳. اثر روش‌های مصرف کلات آهن برعملکرد، اجزای عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب ومیزان روغن دانه گلرنگ بهاره رقم گلدشت درشرایط کم آبیاری. **مجله علوم زراعی ایران.** ۱٦(٤): ۳۲۱-۳۰۸.

به منظور بررسی اثر روش‌های 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 مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهددر 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: ۱۵۰کیلوگرم در هکتار) و چهار سطح با غلظت‌های (F1: صفر ، F2: ۱ ، F3: ۲ و F4: ۳ در هزار) بصورت محلول‌پاشی 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 معنی‌داری افزایش یافتند.با کاهش میزان رطوبت خاک تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، بیشترین عملکرد دانه و روغن به ترتیب به مقدار ۲۵۳۵ و ۱۰٤۲کیلوگرم درهکتار در سال اول، ۳۱۷٦ و ۱٤٤۰ کیلوگرم در هکتار در سال دوم در تیمار کودی محلول‌پاشی یک در هزار آهن بدست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو سال آزمایش اضافه نمودن کود آهن‌دار به خاک در شرایط تنش رطوبتی باعث افزایش معنی‌دار میزان کل ماده خشک، شاخص برداشت و میزان روغن گلرنگ شد. در هر دو سال آزمایش سطوح محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی یک در هزار آهن در سطح کم آبیاری (I2F2)عملکرد دانه و روغن به ترتیب ۵۳/۷ و ۱٦۲/۲ درصد در سال اول ۲۹/۲ و ۷۳/۵ درصد در سال دوم نسبت به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم کلات آهن در هکتار افزایش یافت. به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی در شرایط کمبود آب آبیاری در شرایط مشابه با اقلیم و خاک منطقه اجرای آزمایش می‌تواند اثر مثبتی بر افزایش عملکرد دانه و بهبود کیفیت روغن در گلرنگ (رقم گلدشت) داشته باشد.

واژه‌های 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)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

مقدمه

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 فیزیولوژیک 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 درگلرنگ، 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 اسید استئاریک 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 آهکی 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 کشور 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 وطهرانی (Malakouti and Tehrani, 2005) گزارش کردند که تأمین عناصر ریز مغذی برای مناطقی که خاک خشک و قلیایی دارند، از طریق محلول‌پاشی نتیجهٔ بهتری دارد زیرا سریعتر جذب و مشکل تثبیت شدن آن در خاک

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

نیـز برطـرف مـی‌شـود. قاسـمی فسـایی و همکـاران (Ghasemi Fasaei *et al*., 2005) گـزارش کردنـد کـه کاربرد خاکی کود کلات آهن (Fe-EDDHA) می‌تواند یک روش موثر برای اصلاح کمبود آهن در خاک‌های آهکـی باشـد. ضـیائیان و ملکـوتی (Ziaeian and Malakouti, 1998) گزارش کردند که مصرف خاکی و برگی عناصر ریز مغـذی آهـن، روی، منگنـز و مـس در تغذیه ذرت، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شـود کـه در این میان نقش مثبت آهن و روی بیش از نقـش منگنـز و مـس اسـت. بلالـی و همکـاران (Balali *et al*., 2000) گزارش کردند که در اثر مصرف سکوسـترین آهـن در زراعـت گنـدم، عملکـرد دانـه ۲۰ درصـد افـزایش می‌یابد.گـزارش شـده اسـت کـه ۶۰ تـا ۷۰ درصـد کـل روغن ذخیره شده در دانه گلرنگ، ظرف مدت ۲۲ روز بعد از گلدهی ساخته می‌شود، بنـابراین هرگونـه کمبـود مواد غذایی یا بروز تنش در این مدت بیشـترین تـأثیر را بر میزان روغـن و ترکیـب اسـیدهای چـرب آن خواهـد داشـت (Slack *et al*., 1985). موحـدی دهنـوی و همکـاران (Movahedy Dehnavy *et al*., 2010) نیـز گزارش کردند کـه در شـرایط قطـع آبیـاری در مرحلـه گلـدهی، محلـول‌پاشـی عناصـر روی و منگنـز عملکـرد روغن دانه گلرنگ را افزایش داد.آنها همچنین گـزارش کردند که محلـول‌پاشـی منگنـز موجـب افـزایش میـزان روغن و اسید اولئیک و کاهش اسید لینولئیک در برخی ارقام گلرنگ شد.

هدف از این تحقیق، بررسی اثر روش‌های مصـرف کود کـلات آهـن بـه دو روش خـاکی و محلـول‌پاشـی برگـی بـر عملکـرد، اجـزای عملکـرد، روغـن دانـه و محتـوای اسـیدهای چـرب دانـه گلرنـگ تحـت شـرایط کمبود آب بوده است.

مواد و روش‌ها

ایـن آزمـایش در دو سـال زراعـی۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در مزرعـه تحقیقـاتی دانشـکده علـوم کشـاورزی دانشـگاه شاهد (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقـه شـمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقـه شـرقی بـا ارتفـاع ۱۱۹۰/۸ متـر از سـطح دریـا) بـه اجـرا درآمـد. میـانگین بارندگی سالانه در این منطقه ۲۳۸/۹ میلی‌متر و میـانگین دمای سالانه، ۱۷/۷ درجه سـانتیگراد و از لحـاظ اقلیمـی جزء منـاطق خشـک محسـوب مـی‌شـود. قبـل از شـروع آزمایش و اعمال تیمارها، از خاک مزرعـه چهـار نمونـه بـرای تعیـین خصوصـیات فیزیکـی و شـیمیایی خـاک نمونه‌برداری به عمل آمد. بافت خاک در عمق صـفر تـا ۳۰ سانتی‌متری از نـوع لـومی و در عمـق ۶۰-۳۰ سـانتی متری از نوع لومی-رسی، وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۵ گرم بر سانتیمتر مکعـب و میـزان آهـن خـاک، ۲/۸ میلی‌گرم در کیلـوگرم خـاک بـود. رقـم مـورد اسـتفاده گلرنگ، گلدشت (IL-111) بود کـه دارای تیـپ رشـد بهاره، بی‌خار، مقاوم به ریزش و با میزان روغن دانه ۳۰-۲۵ درصد است. آزمایش بصورت کرت‌های خرد شـده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهـار تکـرار انجـام شـد. تیمـار آبیـاری در دو سـطح شـامل، آبیـاری کامـل (I1) و کـم آبیـاری در مرحلـه گلـدهی و گرده‌افشانی (I2) (به ترتیب آبیاری پـس از تخلیـه 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 خـاک بـا مقـادیر (S1: صـفر ، S2: ۵۰، S3: ۱۰۰ و S4: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) و چهار سطح بصورت محلول‌پاشی با غلظت‌های (F1: محلول‌پاشـی بـا آب، F2: ۱ ، F3: ۲ و F4: ۳ در هزار) بعنوان عامل فرعی در نظر گرفته شـدند. مصرف کلات آهن به دو روش محلول‌پاشی و مصـرف در خاک در مرحله گلدهی و در هنگام اعمال تیمار کم آبیاری انجام شـد. بـرای مصـرف خـاکی، کـود کـلات آهن در پای بوته‌هـا بـا خـاک مخلـوط گردیـد. جهـت تعیین درصـد رطوبـت وزنـی خـاک مزرعـه در شـرایط ظرفیـت زراعـی از دو عمـق صـفر تـا ۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتری خاک از تکرارهای هر آزمایش نمونه‌برداری

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

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:

$$V=(FC-\theta_m)\,\rho_b\times D_{Root}\times A/E_i \qquad (۱)$$

V: حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، FC: درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی، θ_m: درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبیاری، ρ_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: کارآیی آبیاری می‌باشند. بدین ترتیب حجم آب مورد نیاز در هر مرتبه آبیاری در هر آزمایش محاسبه و بر اساس کارآیی 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 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 جداکردن 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

میکرولیتر و به مدت ۴۰ دقیقه بود.

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

نتایج و بحث

براساس نتایج آزمون بارتلت، صفات اندازه‌گیری شده غیرهمگن تشخیص داده شدند، بنابراین تمامی صفات در قالب تجزیه ساده (جداگانه) 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 محلول‌پاشی آب (F1) تعلق داشت و با مصرف کود کلات آهن در خاک، تعداد طبق در بوته افزایش معنی‌داری یافت، به طوری‌که 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 درتیمار 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 (I1S2) مشاهده شد. همچنین نتایج نشان دادکه تعداد طبق در بوته با افزایش تخلیه رطوبت خاک از ۵۰ به ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، با تغییر سطوح آهن، اثر معنی‌داری در هر دو سال انجام آزمایش داشت. در سال اول، افزایش تعداد طبق در بوته در ترکیب تیماری I2F2 (محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی 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 برگ‌ها و اختلال روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌شوند (Nissanka *et al*., 1997). در گیاهان دچار کمبود آهن نیز به دلیل مقدار کم کلروفیل، کاهش انتقال الکترون، مقدار کم فرودوکسین و کاهش بازسازی فرودوکسین، مقدار کربوهیدرات‌ها کمتر است. علت دیگر کاهش کربوهیدرات‌ها، جلوگیری از تولید مجدد ریبولوز بی‌فسفات می‌باشد. این موضوع باعث کاهش فتوسنتز و در برگ‌های دچار کمبود آهن می‌شود (Romheld and Marschner, 1991). بنابراین با توجه به نقش مثبت آهن در مسیر بیوسنتز کلروفیل و عملکرد فتوسیستم‌های نوری، به نظر می‌رسد که مصرف آهن در شرایط کم آبیاری، با افزایش غلظت کلروفیل موجب فراهمی مواد پرورده برای تشکیل طبق‌های بیشتر در شاخه‌های جانبی از طریق دوام فتوسنتز می‌گردد. موحدی دهنوی و همکاران (Movahedy Dehnavy *et al*., 2007) گزارش کردند که محلول‌پاشی منگنز در شرایط تنش خشکی موجب افزایش تعداد طبق در گلرنگ می‌شود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در هر دو سال آزمایش، در شرایط آبیاری کامل (I1) مصرف کلات آهن در خاک موجب افزایش معنی‌دار 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 ۱۰۰و ۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار و محلول‌پاشی ۳ در هزار) اختلاف معنی‌داری نداشت، در حالی که میانگین تعداد دانه در

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

جدول۱- 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^{-1}	دانه در طبق Grain.plant^{-1}	وزن هزار دانه 1000GW (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ماده خشک Biological yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest Index (%)
	I1	S1	16.0**c**	32.4**c**	41.6**b**	1501**f**	10669**cd**	22.3**b**
		S2	21.3**a**	43.2**a**	43.6**a**	2195**c**	26295**a**	22.4**b**
		S3	20.9**a**	43.9**a**	43.8**a**	2936**b**	17853**b**	22.6**b**
۱۳۹۰		S4	20.7**a**	45.0**a**	42.5**ab**	3654**a**	15458**bc**	23.1**ab**
2011		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	15.9**c**	31.2**g**	39.8**b**	845**h**	649**g**	18.8**d**
		S2	17.1**bc**	36.6**ed**	40.8**ab**	2032**d**	11590**d**	22.9**ab**
		S3	16.3**bc**	40.0**bc**	41.2**ab**	1840**e**	16352**b**	23.6**ab**
		S4	15.9**c**	41.1**b**	41.2**ab**	1649**f**	17480**a**	24.5**a**
		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
	I1	S1	15.8**ed**	41.1**f**	45.9**ef**	3101**c**	16268**e**	24.3**g**
		S2	37.8**a**	66.00**c**	49.4**b**	3624**ab**	27341**a**	26.8**f**
		S3	26.9**b**	71.7**b**	51.0**a**	3731**a**	24161**b**	29.5**e**
۱۳۹۱		S4	22.8**c**	76.8**a**	47.0**c**	3765**a**	2224**cd**	30.6**d**
2012		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	10.9**f**	25.5**g**	41.7**f**	2332**d**	13455**e**	21.9**g**
		S2	17.8**c**	40.8**f**	44.5**ed**	2855**b**	19576**b**	31.4**b**
		S3	14.6**ed**	61.3**c**	45.6**cd**	2631**c**	19575**b**	36.1**b**
		S4	15.7**d**	65.8**b**	47.2**b**	2457**d**	24147**a**	40.3**a**
		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

ادامهٔ جدول ۱

Table 1: Continued

سال Year	آبیاری Irrigation	آهن Fe	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha^{-1})	میزان روغن Oil content (%)	اسید پالمیتیک Palmitic acid (%)	اسید استاریک Stearic acid (%)	اسید اولئیک Oleic acid (%)	اسید لینولئیک Linoleic acid (%)
	I1	S1	428**e**	24.8**f**	7.3**a**	2.1**ab**	13.1**c**	76.2**c**
		S2	572**d**	24.4**g**	6.7**b**	2.0**ab**	13.2**c**	78.1**a**
		S3	892**b**	28.6**d**	6.6**b**	2.0**ab**	13.6**b**	77.3**b**
۱۳۹۰		S4	929**a**	26.2**e**	6.7**b**	2.0**ab**	13.6**b**	77.2**c**
2011		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	206**h**	25.2**e**	12.0**a**	3.4**a**	12.3**e**	61.1**d**
		S2	645**c**	26.0**d**	7.0**cd**	2.0**c**	23.2**a**	71.8**c**
		S3	457**e**	28.5**b**	6.76**ed**	1.8**c**	16.9**b**	77.6**b**
		S4	397**f**	43.0**a**	6.4**e**	1.8**c**	14.0**c**	77.0**b**
		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
	I1	S1	788**e**	25.1**d**	7.2**a**	2.0**a**	13.1**b**	76.6**c**
		S2	980**c**	29.0**c**	6.7**cd**	2.0**a**	13.1**b**	78.4**a**
		S3	1427**b**	28.9**c**	6.6**d**	2.0**a**	13.1**b**	77.6**b**
۱۳۹۱		S4	1699**a**	41.8**b**	6.7**bcd**	2.0**a**	14.0**a**	77.3**b**
2012		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	551**f**	25.3**f**	13.0**a**	3.4**a**	13.1**f**	56.4**d**
		S2	1133**c**	26.7**c**	7.1**b**	2.1**bc**	26.2**a**	76.6**b**
		S3	1130**c**	45.1**b**	7.0**b**	2.0**c**	14.5**b**	76.5**b**
		S4	829**d**	45.8**a**	7.0**b**	1.9**c**	14.3**bc**	76.4**b**
		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 برش‌دهی 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 I1 and I2 irrigation to reach 50% and 75% soil moisture depletion of field capacity

S1، S2، S3 و S4: کلات آهن مخلوط با خاک به ترتیب : صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (S1,S2,S3 and S4: Soil application of Fe (0, 50, 100 ,150 Kg. ha^{-1})

F1، F2، F3 و F4: محلول‌پاشی کلات آهن به ترتیب : صفر، ۱، ۲ و ۳ در هزار F1, F2, F3 and F4: foliar application of Fe (0, 1, 2, 3 g.l^{-1})

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

طبق در تیمارهای محلول‌پاشی آب و عدم مصرف آهن، بترتیب از ۳۲/۳ و ۳۲/۴ 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 معنی دار تعداد دانه در طبق گردید، به طوری‌که 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 برگی، 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 دوسال 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. ضیائیان و ملکوتی (Ziaeian 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 ۳۰/۳ و ۸۴ درصدی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

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 هرچه 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 و 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 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 این‌که میزان آهن قابل استفاده در خاک مورد آزمایش ۲/۸ میلی گرم در کیلوگرم خاک بوده است، افزایش میزان ماده خشک با افزایش مصرف کود آهن در خاک قابل توجیه 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 (I1S4)، 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 S4, S3 معنی‌دار نبود (جدول ۱). بلالی و همکاران (Balali *et al*., 2000) در آزمایشات

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

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 طوری‌که 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 شدکه 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 محدویت 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 طوری‌که 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.

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 طوری‌که پایین‌ترین سطح محلول‌پاشی آهن (تیمارF2) 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 بترتیب 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (I1S3) موجب کاهش معنی‌دار میزان اسید پالمیتیک گردید، اما تأثیر مثبت سطوح محلول‌پاشی کلات آهن بر میزان اسید پالمیتیک در شرایط تنش رطوبتی بسیار قابل ملاحظه‌تر بود، به طوری‌که افزایش سطوح محلول‌پاشی 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 استئاریک نشان داد که تنها تیمار کودی F4 (محلول‌پاشی ۳ در هزار کلات آهن) در سطح آبیاری مطلوب موجب کاهش میزان این اسید چرب شد، اما با کاهش مقدار رطوبت خاک تا ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، میزان اسید استئاریک با افزایش مصرف آهن در خاک بطور معنی‌داری در هر دو سال آزمایش کاهش یافت که این کاهش در سال اول بین سطوح کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم آهن در هکتار معنی‌دار نبود (جدول ۱). در هر دو سال آزمایش اثرمتقابل تیمارهای آبیاری و کلات آهن بر میزان اسیدهای چرب غیر اشباع معنی‌دار 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 I1 میزان اسید اولئیک با سطوح محلول‌پاشی آهن، افزایش بیشتری در هر دو سال آزمایش داشت. تأثیر مثبت افزایش غلظت محلول‌پاشی آهن بر میزان اسید لینولئیک در شرایط کم آبیاری بسیار قابل ملاحظه بود، به طوری‌که بالاترین سطوح محلول‌پاشی 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 محلول‌پاشی آهن در سال دوم تفاوت معنی‌داری 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 دوم آزمایش، به ترتیب موجب افزایش ۲/۲ و ۲/۳ درصدی اسید لینولئیک نسبت به تیمار محلول‌پاشی آب گردید (جدول ۱). اگرچه ژنوتیپ مهم‌ترین عاملی است که محتوای روغن و ترکیب اسیدهای چرب را تعیین می‌کند، اما عواملی مانند خشکی نیز محتوای روغن و ترکیب‌های اسید چرب دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Li, 1993). بایبوردی 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 می‌گیرند. بنابراین با توجه به نقش کلیدی که آهن در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی گیاه دارد، از نتایج به دست آمده چنین برداشت می‌شود که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، مصرف کود آهن می‌تواند 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 می‌توان نتیجه‌گیری کرد که مصرف کود کلات آهن (سکوسترین ۱۳۸) به روش محلول‌پاشی در شرایطی که رطوبت خاک در مرحله گلدهی کمتر از حد مطلوب می‌باشد، اثر معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه و روغن گلرنگ (رقم گلدشت) دارد. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش رطوبتی، استفاده از روش تغذیه برگی کود کلات آهن، قابلیت دسترسی عنصر آهن و جذب و انتقال آن را در گیاه افزایش می‌دهد، بنابراین تأمین عنصر آهن از طریق روش تغذیه برگی، 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

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 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.

منابع مورد استفاده References

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-Fasaei, 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 (*Cathamus 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

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.(2nd 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. Cavero and J. Abadia. 1992. Iron chlorosis in the EBRO river basin. Spain. J. Plant Nutr. 15: 1971-1981.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

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.

Ziaeian, 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).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]

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[1], M. Amini Dehaghi[2*] and S. Heshmati[1]

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 at75% 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 $kg.ha^{-1}$) and the remaining half were foliar applications (F1:0, F2:1, F3:2 and F4:3 $g.l^{-1}$). 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 $g.l^{-1}$. Grain yield and oil content were 2535and 1042 $kg.ha^{-1}$, respectively, in 2011 and 3176 and 1440 $kg.ha^{-1}$, 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 $g.l^{-1}$ 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 $kg.ha^{-1}$). 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)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-02-22]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.4.4.5]