

تاثیر کود دهی آهن بر رشد، عملکرد و مقدار روغن دانه آفتابگردان در یک خاک آهکی شور-سدیمی

محمد هادی میرزاپور^{1*} و امیر حسین خوش‌گفتار منش²

چکیده

اگر چه مطالعات متعددی پیرامون تاثیر آهن بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف انجام شده است، اطلاعات کمی درباره تاثیر این عنصر بر عملکرد و مقدار روغن دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به‌ویژه در شرایط شور-سدیمی وجود دارد. در پژوهش حاضر تاثیر مصرف خاکی سکوسترن آهن (در دو سطح 10 و 20 کیلوگرم در هکتار) و تغذیه برگی سولفات آهن (غلظت 5 در هزار طی دو نوبت در مرحله 10 برگی و غنچه دهی) بر رشد، عملکرد و مقدار روغن دانه بررسی شد. یک تیمار شاهد (بدون کود دهی آهن) نیز در نظر گرفته شد. این آزمایش مزرعه‌ای در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال‌های 82-1380 اجرا شد. نتایج تجزیه‌ی مرکب دو ساله این پژوهش نشان داد که مصرف خاکی 20 کیلوگرم کلات آهن در هکتار، سبب افزایش معنی‌دار (در سطح پنج درصد) ماده خشک شاخسار و عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد. در مقابل، تغذیه برگی آهن تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک شاخسار و عملکرد دانه نداشت. همچنین درصد روغن دانه تحت تاثیر تغذیه برگی سولفات آهن قرار نگرفت. به علاوه، در روش مصرف خاکی، افزایش مقدار سکوسترن آهن از 10 به 20 کیلوگرم در هکتار، تاثیر مثبت و معنی‌داری بر درصد روغن دانه نداشت. با مصرف خاکی 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار، قطر طبق و وزن هزار دانه افزایش، ولی ارتفاع گیاه کاهش یافت. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف خاکی 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار تاثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد و نیز مقدار روغن دانه آفتابگردان در خاک شور-سدیمی داشت.

کلمات کلیدی: آهن، خاک آهکی، شوری، عملکرد، درصد روغن، آفتابگردان

1. عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قم
2. دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاثیر کود دهی آهن بر رشد، عملکرد و مقدار روغن دانه آفتابگردان ...

شرایط در مقایسه با کودهای معدنی آهن توصیه شده است (گودسی و همکاران، 2003).

پناس و همکاران (1990)، گزارش کردند که در خاک‌های آهنی دچار کمبود متوسط تا شدید آهن، برای رسیدن به عملکرد بیشینه سویا، مصرف خاکی 3/5-4/5 کیلوگرم Fe-EDDHA در هکتار بسته به ژنوتیپ گیاه، لازم است. در پژوهش دیگری، مصرف 6/7 کیلوگرم Fe-EDDHA در هکتار، سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه سویا شد اگرچه تاثیر کوددهی آهن در ارقام متحمل به کمبود آهن در مقایسه با رقم‌های حساس به کمبود آهن متفاوت بود (وایرسما، 2005). در پژوهش دیگری، وایرسما (2007) نشان داد در شرایط کمبود خفیف تا متوسط آهن، مصرف خاکی کلات آهن (Fe-EDDHA) در زمان کاشت سویا، سبب کاهش شدت علائم کمبود آهن در گیاه در اوایل دوره رشد شد اما تاثیر معنی‌داری بر عملکرد و غلظت آهن دانه نداشت.

برخی بررسی‌ها نشان داده تغذیه‌ی برگ‌ی آهن روش مناسبی برای برطرف کردن کمبود آهن است اما این روش تنها برای گیاهان دارای علائم خفیف زرد برگ‌ی (کلروز) و یا در یک مقطع کوتاه زمانی، موثر است (نایو، 2006). از سوی دیگر، گودسی و همکاران (2003) گزارش کرده‌اند تغذیه‌ی برگ‌ی آهن، تاثیری بر عملکرد دانه‌ی سویا نسبت به شاهد (عدم مصرف آهن) نداشته است که این امر احتمالاً به کاهش قابلیت ریشه در احیای آهن در اثر تغذیه‌ی برگ‌ی آهن، مربوط می‌باشد (مارشور و همکاران، 1989). ملکوتی و همکاران (1382) گزارش کردند مصرف آهن از منبع سولفات آهن در خاک‌های غیر آهنی سبب افزایش عملکرد دانه‌ی آفتابگردان شد؛ اگرچه این افزایش معنی‌دار نبود. سپهر (1382) نیز نتایج مشابهی را با مصرف 20 کیلوگرم کلات آهن (Fe-EDDHA) در آفتابگردان و در شرایط آهنی گزارش کرده است.

اطلاعات بسیار کمی درباره تاثیر کوددهی عناصر کم‌مصرف بر رشد و عملکرد گیاهان در خاک‌های شور در دسترس است. مطالعات پیچ و همکاران (1990) نشان داده که قابلیت استفاده اکثر عناصر کم‌مصرف در

با وجود آن‌که آهن فراوان‌ترین عنصر کم مصرف در پوسته‌ی زمین است اما بیشترین محدودیت را برای تولید محصولات کشاورزی در خاک‌های آهنی مناطق خشک و نیمه‌خشک سبب شده است. قلیایی‌بودن، مقادیر زیاد آهن، کمبود ماده آلی، آبیاری سنگین، تراکم خاک و نیز تهویه‌ی ضعیف خاک از عوامل کمبود آهن قابل دسترس در خاک‌های آهنی است (فاجریا و همکاران، 2002؛ کولی یاراس و همکاران، 2004 و لی و همکاران، 2005). آهن برای انجام بسیاری از فعالیت‌های سوخت و سازی گیاه، مورد نیاز است (موتا و همکاران، 2001؛ هل و استفان، 2003). بنابراین، گیاهان برای ادامه‌ی رشد مناسب خود نیاز به مقدار کافی آهن دارند (براون و همکاران، 1972)؛ کمبود آهن بسته به عوامل متعدد خاکی، محیطی و ژنتیکی در گیاهان مختلف ایجاد شده و سبب کاهش قابل ملاحظه عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (گوس و جانسون، 2001). روش‌های مختلفی برای رفع کمبود آهن در گیاهان پیشنهاد شده که می‌توان به مصرف خاکی، محلول‌پاشی و یا اختلاط آهن با بذر اشاره کرد (پناس و همکاران، 1990؛ گوس و جانسون 2001). نتایج تاثیر کوددهی آهن بر عملکرد گیاهان مختلف، متفاوت و گاه متناقض است (مورتوت، 1986). به‌طور مثال، اثرهای مثبت تغذیه‌ی برگ‌ی (رندال، 1981)، اختلاط با بذر (کارکوش و همکاران، 1988) و مصرف خاکی آهن (پناس و همکاران، 1990) در برخی تحقیقات گزارش شده است. در حالی‌که بر اساس نتایج برخی دیگر از محققان، کوددهی آهن تاثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد گیاه نداشته‌است (گوس و جانسون، 2001)؛ هیت هولت و همکاران (2003)، اختلاف نتایج به‌دست آمده از بررسی تاثیر کوددهی آهن بر گیاه، می‌تواند به دلیل تفاوت در نوع خاک، جنس و گونه گیاه، شرایط اقلیمی و یا سطوح آهن مصرفی در این آزمایش‌ها باشد (وایرسما، 2005).

ترکیبات معدنی آهن بعد از اضافه شدن به خاک-های آهنی، به‌سرعت با آهن واکنش داده و رسوب اکسید آهن تولید می‌شود که قابلیت جذب آن برای گیاه بسیار کم است. بنابراین، مصرف کلات‌های آهن در این

در مطالعه‌ای با بررسی تاثیر شوری بر غلظت آهن و روی در گوجه‌فرنگی و سویا، نشان داده شد که با افزایش شوری، غلظت این عناصر در گیاه نیز زیاد شد. این افزایش غلظت احتمالاً به دلیل کاهش رشد گیاه در شرایط شور و اثر رقت باشد (ماس و همکاران، 1972).
بیش از 700 هکتار از اراضی کشاورزی استان قم، به کشت آفتابگردان، به عنوان محصول دوم، اختصاص دارد (بدون نام، 1383) که غالب این اراضی، آهکی بوده و به درجات مختلف، از مشکل شوری منابع آبی-خاکی رنج می‌برند. با توجه به کمبود اطلاعات درباره تاثیر روش‌های مختلف کوددهی آهن بر رشد و عملکرد آفتابگردان در شرایط شور-سدیمی، این پژوهش با هدف بررسی تاثیر آهن بر رشد و عملکرد و روغن دانه آفتابگردان در یک خاک آهکی شور-سدیمی در استان قم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در یک خاک آهکی شور (جدول 1) در دو سال زراعی (82-80) در یکی از مزارع آفتابگردان بخش قنوات قم با رده‌بندی فامیل خاک Fine-Loamy Mixed, Thermic, Typic و Haplocalcids (طول جغرافیایی¹ 59° - 50° و عرض جغرافیایی¹ 38° - 34°) با ارتفاع 930 متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار کودی شامل: مصرف خاکی آهن در دو سطح 10 و 20 کیلوگرم کلات آهن (Fe-EDDHA) در هکتار، تغذیه برگ‌گی سولفات آهن با غلظت 5 در هزار (در دو مرحله 10 برگ‌گی و غنچه‌دهی که بیشینه جذب عناصر در آن صورت می‌گیرد (گانگادار، 1992) و تیمار شاهد (بدون مصرف آهن) در سه تکرار انجام شد. سطوح کودی آهن بر اساس نتایج سایر پژوهش‌گران در خاک-های غیرشور و مدل توصیه کودی موسسه تحقیقات خاک و آب انتخاب شد (وایرسم، 2005 و ملکوتی و غیبی، 1379).

پس از شخم عمیق قطعه زمین آزمایش، دوبار دیسک‌زنی و تسطیح کامل زمین انجام شد. قبل از کاشت گیاه، نمونه مرکب از اعماق 30-60 و 30-

شرایط شور، به pH، پتانسیل الکتریکی محلول خاک و نیز محل‌های پیوند در روی سطوح ذرات معدنی و آلی خاک بستگی دارد. در خاک‌های شور و سدیمی، حلالیت عناصر کم مصرف به‌ویژه آهن و روی پائین بوده و گیاهانی که در این خاک‌ها رشد می‌کنند، اغلب از نظر این عناصر دچار کمبود می‌باشند. خوش‌گفتار منش و سیادت (1381) بیان داشتند که اختلاف در جذب این عناصر توسط گیاه، می‌تواند به نوع و بافت گیاه، میزان شوری، ترکیب املاح، غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف و شرایط رشد مربوط باشد. به این دلیل روابط بین شوری و تغذیه عناصر کم مصرف پیچیده است زیرا شوری ممکن است موجب کاهش یا افزایش غلظت عناصر کم مصرف در اندام‌های هوایی گیاه شود یا این که تاثیری در غلظت این عناصر نداشته باشد.

بررسی‌ها نشان داده‌اند که تاثیر شوری بر غلظت آهن در گیاهان بسیار متفاوت است. به طوری که شوری باعث افزایش غلظت آهن در ساقه نخود (داهیا و سینگ، 1976)، گوجه فرنگی، سویا و کدو مسمی (ماس و همکاران، 1972) شده ولی غلظت آهن را در جو و ذرت کاهش داده است (حسان و همکاران، 1970).

مطالعات انجام شده نشان داده‌اند شوری ناشی از کلرید سدیم موجب کمبود آهن در گیاه می‌گردد. به عنوان مثال، شوری ناشی از کلرید سدیم با ایجاد کمبود آهن سبب تغییر ویژگی‌های سلول‌های اپیدرمی ریشه آتریپلکس (*A. hortensis* L.) شد (ملکوتی و همکاران، 1382). نتایج تحقیقی نشان داد با مصرف آهن به شکل کلات Fe-EDDHA، تحمل به شوری آفتابگردان افزایش یافت. هم‌چنین کاهش رشد و جذب عناصر ناشی از شوری با افزایش آهن در محلول غذایی تا حدودی جبران شد. این نتایج هم‌چنین نشان داد با مصرف آهن، غلظت سدیم و کلر در گیاه کاهش ولی غلظت آهن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم افزایش یافت (پاکرو و کاشی راد، 1981). نتایج مشابهی با مصرف سولفات آهن به‌دست آمد به طوری که با مصرف سولفات آهن در محیط کشت، اثرهای منفی شوری بر آفتابگردان کاهش یافت (دلگادو و سانچز رایا، 2007: گانگادار، 1992).

تاثیر کود دهی آهن بر رشد، عملکرد و مقدار روغن دانه آفتابگردان ...

هرز و آبیاری زمین (براساس نیاز آبی آفتابگردان در منطقه: فرشی و همکاران، 1376) صورت گرفت. تعداد 10 بوته در دو ردیف وسط داخل هر کرت برای اندازه-گیری ارتفاع و قطر طبق اختصاص داده شد. شصت روز پس از کاشت، از چهارمین برگ از بالا از هر کرت نمونه برداری صورت گرفت. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و خشک شدن در دمای 70 درجه سلسیوس خشک کن، آسیاب شده و جهت انجام آزمایش‌های بعدی در ظروف بسته، نگهداری شد. نیتروژن کل به روش کلدال، فسفر به روش رنگ سنجی مولیبدات وانادات، پتاسیم و سدیم شعله سنجی؛ آهن، روی، مس و منگنز با دستگاه جذب اتمی و کلر به روش تیتراسیون (عیار سنجی) اندازه گیری شد (امامی، 1375). عملکرد دانه و شاخسار (کل بوته بدون طبق) پس از حذف حاشیه‌ها و 0/5 متر از ابتدا و انتهای کرت از دو ردیف وسط اندازه‌گیری و سپس به هکتار تبدیل شد. هم‌چنین درصد روغن دانه به‌وسیله دستگاه تشدید مغناطیسی هسته (NMR) اندازه گیری شد (براون و آریتی، 1973).

داده‌های آزمایش مرتب شده و با استفاده از آزمون بارتلت، نرمال بودن واریانس‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند (فرشاد نیا، 1380)؛ سپس با استفاده از نرم افزار SAS، اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه، شاخسار، اجزای عملکرد، درصد و عملکرد روغن دانه و غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز و نیز سدیم و کلر در برگ گیاه بررسی و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL انجام شد.

سانتی‌متری خاک به‌طور جداگانه برداشت شده و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد (جدول 1 و 2) (احیایی و بهبهانی زاده، 1372). هم-چنین برخی ویژگی‌های شیمیایی آب آبیاری تعیین شد (جدول 3). بعد از ایجاد پشته‌هایی به عرض 70 و ارتفاع 25 سانتی‌متر در سرتاسر زمین به‌وسیله فاروئر، سه بلوک که داخل هر بلوک 4 کرت $2/8 \times 5/5$ متر وجود داشت ایجاد شد. مقادیر مورد نیاز عناصر غذایی پر مصرف بر اساس آزمون خاک و مطابق مدل توصیه کودی موسسه تحقیقات خاک و آب تعیین شد (ملکوئی و غیبی، 1379). کلیه مقادیر پتاسیم (50 کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار در هر دو سال)، فسفر (30 و 50 کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به ترتیب برای سال اول و دوم) و نیمی از نیتروژن مورد نیاز (140 کیلوگرم اوره در هکتار برای هر دو سال) به همراه کلات آهن در تیمارهای مصرف خاکی، قبل از کاشت به روش نواری مصرف شدند. بقیه نیتروژن (140 کیلوگرم اوره در هکتار) در زمان به غنچه رفتن مصرف شد. بعد از کوددهی، بذرهاى آفتابگردان رقم رکورد L. var. (*Helianthus annuus* Record) به‌صورت دستی و با تراکم 80000 بوته در هکتار کاشته شد. فاصله‌ی بوته‌ها در هر ردیف 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

آزمایش در سال دوم، برای کاهش اثر مکان، در قسمت دیگری از همان مزرعه با همان تیمارهای آزمایشی اجرا شد. آب آبیاری در هر دو سال از یک چاه با ترکیب شیمیایی یکسان بود (جدول 3). در طول فصل رشد، مراقبت‌های زراعی لازم از جمله وجین علف‌های

جدول 1: برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک سطح‌الارض و تحت‌الارض قبل از کاشت (سال اول و دوم)

بافت	K_{ava}		P_{ava}		OC		TNV		EC_e ($dS\ m^{-1}$)		pH		عمق (cm)	
	(mg kg ⁻¹)				%									
	سال 1	سال 2	سال 1	سال 2	سال 1	سال 2	سال 1	سال 2	سال 1	سال 2	سال 1	سال 2		
CL	CL	285	295	11	12	0/74	0/68	29	28/5	8/1	7/8	8/2	8/2	0-30
CL	CL	280	280	8	7	0/56	0/54	29	29/5	7/5	7/3	8/2	8/2	30-60

جدول 2: غلظت قابل جذب عناصر کم مصرف خاک قبل از کاشت (mg kg^{-1}) سال اول و دوم

B		Mn		Cu		Zn		Fe		عمق (cm)
سال 1	سال 2									
7/5	8/5	12/2	11/7	0/85	0/81	0/9	0/84	5/5	5/5	0_30
8	9	9/5	9/6	0/54	0/54	0/68	0/62	3/5	3/5	30_60

جدول 3: نتایج شیمیایی تجزیه آب آبیاری

SAR*	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	EC (dS m ⁻¹)	pH
mmol L ⁻¹										
14/4	0/18	49/0	13/8	32/2	34/8	50/4	4/2	—	7/2	8/0

* نسبت جذب سدیم $(\text{Na}/\sqrt{(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})/2})$

نتایج

سطوح آهن مصرفی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (به جز محلول پاشی). بر این اساس، مصرف 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار، وزن هزار دانه را در سال اول، از 60 گرم در تیمار شاهد به 72 گرم رسید (جدول 4). این در حالی است که مصرف 10 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار در سال دوم و نیز محلول پاشی آهن در هر دو سال پژوهش، تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت (جدول 4).

تیمارهای آهن، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد وزن خشک شاخسار آفتابگردان در مقایسه با شاهد (عدم مصرف آهن) نداشتند اگرچه در سال دوم آزمایش، وزن خشک شاخساره آفتابگردان در تیمار تغذیه برگی آهن به طور معنی‌داری کمتر از تیمار مصرف خاکی سکوسترن آهن و شاهد بود (شکل 1). اختلاف وزن خشک شاخسار آفتابگردان در سال اول و دوم احتمالاً ناشی از اختلاف شرایط اقلیمی به ویژه دما و بارندگی در طی فصل رشد است.

در هر دو سال آزمایش، با مصرف خاکی 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار، عملکرد دانه به طور معنی‌داری (در سطح 5 درصد) در مقایسه با شاهد (بدون مصرف کود) افزایش یافت (شکل 1). در مقابل، تغذیه برگی سولفات آهن در سال اول، تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشته و در سال دوم، سبب کاهش معنی‌دار آن شد.

همان گونه که در جدول 1 مشاهده می‌شود، درصد آهک مزرعه‌ی مورد آزمایش، بسیار بالا بوده که نشان‌گر وجود شرایط آهکی در این مزرعه (به عنوان نماینده‌ی مزارع آفتابگردان در منطقه) است. خاک‌های مورد نظر، از لحاظ کربن آلی فقیر بودند. در هر دو سال آزمایش، میزان آهن قابل عصاره گیری توسط DTPA، در حد کمبود قرار داشت ولی غلظت سایر عناصر کم مصرف در خاک، در حد مناسب و قابل قبولی بود (ملکوتی و غیبی، 1379) (جدول 2). بسیاری از ویژگی‌های خاک در سال اول و دوم مشابه بودند. آب آبیاری مورد نظر از نوع شور- سدیمی بوده که آنیون و کاتیون غالب آن، به ترتیب کلر و سدیم بود (جدول 3).

در هر دو سال آزمایش، با مصرف 20 کیلوگرم سکوسترن در هکتار، قطر طبق به طور معنی‌داری (در سطح 5 درصد) در مقایسه با تیمار بدون آهن (شاهد) افزایش یافت در حالی که تغذیه برگی سولفات آهن، تاثیری بر قطر طبق نداشت (جدول 4).

مصرف خاکی آهن سبب کاهش ارتفاع بوته در سال اول شد اما در سال دوم تاثیری بر ارتفاع بوته نداشت (جدول 4). بر اساس این نتایج، تغذیه برگی آهن در سال دوم، تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشت اما در سال اول، سبب کاهش معنی‌دار آن گردید.

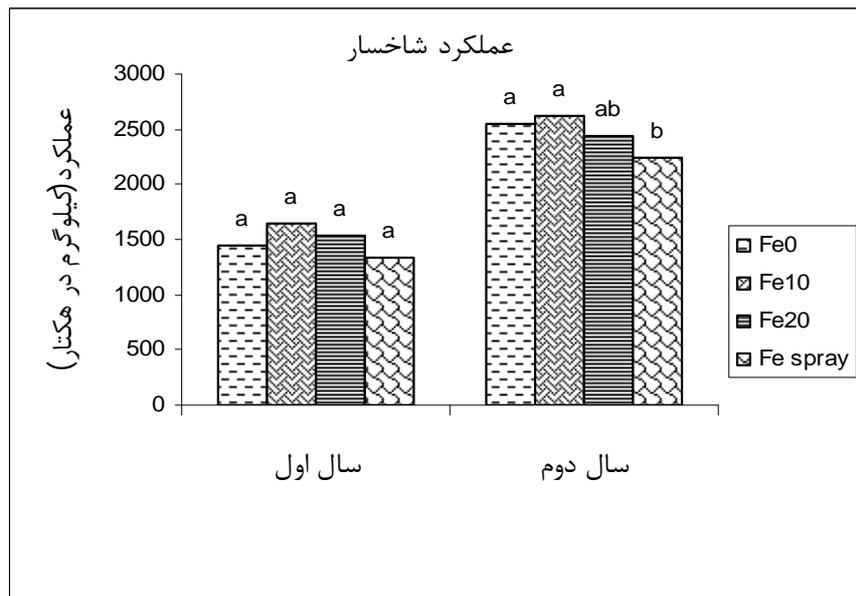
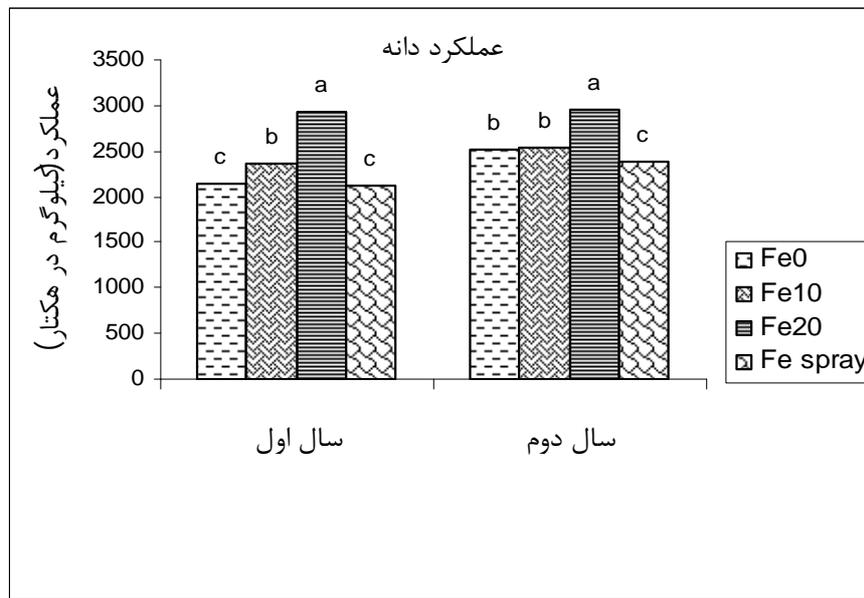
مصرف آهن سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در سال اول شد اما در سال دوم، بین شاهد و

تاثیر کود دهی آهن بر رشد، عملکرد و مقدار روغن دانه آفتابگردان ...

جدول 4: اثر تیمارهای مختلف آهن بر ارتفاع گیاه، قطر طبق و وزن هزار دانه آفتابگردان در دو سال آزمایش

تیمارها	ارتفاع گیاه (cm)		قطر طبق (cm)		وزن هزار دانه (گرم)
	سال				
	اول	دوم	اول	دوم	
Fe ₀	140 ^a	136 ^a	12/7 ^c	12/6 ^{cd}	54 ^{ab}
Fe ₁₀	124 ^c	136 ^a	13/7 ^b	14/4 ^{ab}	53 ^{ab}
Fe ₂₀	118 ^d	137 ^a	15/6 ^a	15/1 ^a	56 ^a
Fe _{Spray}	134 ^b	137 ^a	12/5 ^c	13/2 ^c	51 ^b

*در هر ستون حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح 5% آزمون دانکن ندارند



شکل 1: تاثیر آهن بر عملکرد دانه و ماده خشک شاخسار آفتابگردان در دو سال آزمایش

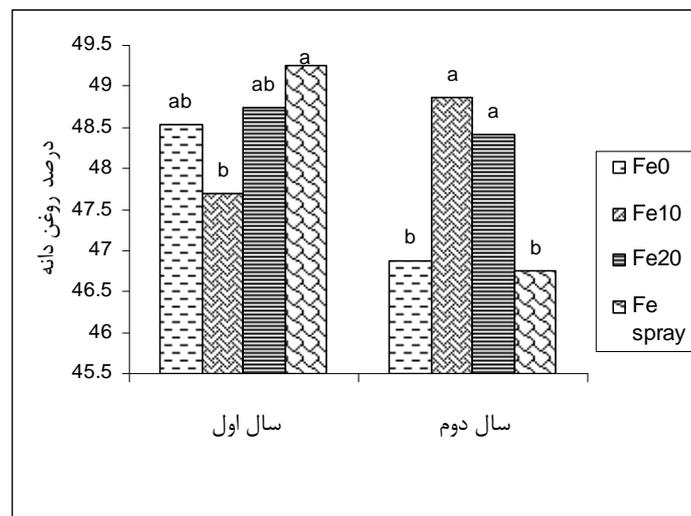
غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و مس برگ گیاه شده در حالی که غلظت سدیم و کلر برگ را کاهش داد (جدول 6). مصرف خاکی 10 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار باعث کاهش غلظت روی برگ شد.

تغذیه برگی سولفات آهن در سال اول آزمایش موجب کاهش غلظت نیتروژن، پتاسیم، فسفر روی، مس، منگنز، سدیم و کلر برگ در مقایسه با شاهد گردید در حالی که غلظت آهن برگ افزایش یافت (جدول 5). در سال دوم، تغذیه برگی سولفات آهن موجب افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و آهن برگ و کاهش کلر، مس و منگنز شد (جدول 6).

نتایج تجزیه مرکب داده‌های دوساله آزمایش نشان داد مصرف خاکی سکوسترن آهن موجب کاهش ارتفاع بوته‌ها شد در حالی که تغذیه برگی سولفات آهن تاثیری بر ارتفاع بوته‌ها نداشت (جدول 7). قطر طبق و وزن هزار دانه با مصرف خاکی سکوسترن آهن افزایش یافت اما تحت تاثیر تغذیه برگی سولفات آهن قرار نگرفت. بالاترین قطر طبق و وزن هزار دانه مربوط به تیمار 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار بود (جدول 7). بررسی تجزیه مرکب واریانس ماده خشک شاخسار و عملکرد دانه بیانگر آن است که با مصرف خاکی سکوسترن آهن، عملکرد دانه افزایش معنی‌داری داشته است. هر چند در مورد عملکرد ماده خشک شاخسار، اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد (شکل 3).

مصرف خاکی آهن تنها در سال دوم سبب افزایش معنی‌دار (در سطح 5 درصد) درصد روغن دانه شد (شکل 2). در واقع، با مصرف خاکی 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار، درصد روغن دانه به‌طور میانگین، 2 درصد افزایش یافت. تغذیه برگی سولفات آهن در دو سال آزمایش، تاثیری بر درصد روغن دانه در مقایسه با شاهد نداشت. مقایسه مصرف خاکی و تغذیه برگی آهن نشان داد که در سال اول، تغذیه برگی آهن نسبت به تیمار 10 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار دارای برتری معنی‌داری بود اما در سال دوم، نسبت به هر دو سطح سکوسترن مصرفی، کاهشی معنی‌دار یافت (شکل 2). با توجه به اختلاف دما و مقدار بارندگی، درصد روغن دانه آفتابگردان در سال اول و دوم آزمایش متفاوت بود.

مصرف خاکی 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار در سال اول، سبب افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن، فسفر و آهن و کاهش غلظت پتاسیم، روی، مس، منگنز و کلر برگ شد (جدول 5). همین روند در مورد تیمار مصرف خاکی 10 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار نیز مشاهده شد با این تفاوت که در این تیمار، نیتروژن برگ در مقایسه با شاهد، به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین مصرف خاکی آهن (در هر دو سطح) تاثیر معنی‌داری بر غلظت سدیم برگ نداشت (جدول 5). نتایج سال دوم آزمایش نشان داد که مصرف خاکی سطوح مختلف سکوسترن آهن سبب افزایش



شکل 2: تاثیر آهن بر درصد روغن آفتابگردان به تفکیک سال آزمایش

جدول 5: اثر تیمارهای مختلف آهن بر غلظت عناصر در برگ آفتابگردان در سال اول آزمایش

تیمارها	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	کلر	آهن	روی	مس	منگنز
	درصد ماده خشک				میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک				
Fe ₀	5/1 ^b	0/40 ^c	4/5 ^a	0/065 ^b	2/2 ^a	87/2 ^d	100/0 ^a	46/2 ^a	62/7 ^a
Fe ₁₀	4/6 ^c	0/44 ^b	4/4 ^b	0/065 ^b	1/8 ^c	110/0 ^b	85/3 ^b	39/5 ^b	57/7 ^b
Fe ₂₀	1/2 ^a	0/53 ^a	4/4 ^b	0/065 ^b	1/9 ^b	115/0 ^a	53/7 ^c	26/0 ^c	44/7 ^d
Fe _{Spray}	4/5 ^d	0/37 ^d	4/3 ^c	0/070 ^a	1/8 ^c	99/0 ^c	85/3 ^b	40/5 ^b	46/8 ^c

* در هر ستون حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح 5% آزمون دانکن ندارند.

جدول 6: اثر تیمارهای مختلف آهن بر غلظت عناصر در برگ آفتابگردان در سال دوم آزمایش

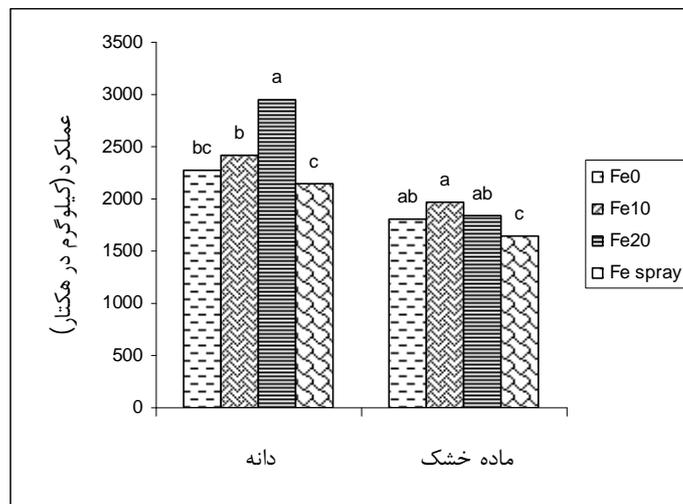
تیمارها	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	کلر	آهن	روی	مس	منگنز
	درصد ماده خشک				میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک				
Fe ₀	4/3 ^d	0/49 ^c	4/4 ^c	0/072 ^a	2/2 ^a	88/5 ^d	65/0 ^b	29/3 ^b	41/0 ^a
Fe ₁₀	4/9 ^c	0/51 ^{bc}	4/47 ^b	0/063 ^b	1/9 ^b	131/5 ^b	51/3 ^c	35/8 ^a	41/3 ^a
Fe ₂₀	5/2 ^b	0/56 ^a	4/50 ^a	0/063 ^b	1/8 ^c	135/0 ^a	65/0 ^b	30/5 ^b	39/5 ^b
Fe _{Spray}	5/5 ^a	0/53 ^b	4/4 ^c	0/072 ^a	1/8 ^c	119/0 ^c	66/0 ^a	26/8 ^c	23/8 ^c

* در هر ستون حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح 5% آزمون دانکن ندارند.

جدول 7: خلاصه تجزیه واریانس مرکب میانگین بین صفات بررسی شده در تیمارهای مختلف آهن به روش دانکن

تیمارها	ارتفاع گیاه (cm)	قطر طبق (cm)	وزن هزار دانه (گرم)
Fe ₀	138/9 ^{ab}	12/7 ^c	58/8 ^{de}
Fe ₁₀	128/0 ^c	13/9 ^b	55/8 ^{ef}
Fe ₂₀	124/6 ^d	15/4 ^a	67/0 ^a
Fe _{Spray}	135/0 ^{bc}	12/7 ^c	57/3 ^{de}

* در هر ستون حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح 5% آزمون دانکن ندارند.



شکل 3: تاثیر سطوح مختلف آهن بر عملکرد دانه و ماده خشک شاخسار آفتابگردان (تجزیه مرکب)

کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار، به دست آمد (جدول 8) که با سایر تیمارها، اختلاف معنی داری در سطح 5% آزمون دانکن داشت.

بر اساس نتایج به دست آمده در دو سال آزمایش (تجزیه مرکب)، مصرف خاکی سکوسترن آهن موجب افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و آهن و کاهش غلظت کلر، روی، مس و منگنز در برگ آفتابگردان شد (جدول 9). این در حالی است که تغذیه برگی سولفات آهن تنها سبب افزایش غلظت آهن برگ و کاهش غلظت پتاسیم، کلر و منگنز برگ شد. تاثیر تغذیه برگی سولفات آهن بر غلظت سایر عناصر معنی دار نبود (جدول 9).

بالاترین عملکرد دانه (2945 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار و بالاترین ماده خشک شاخسار (1974 کیلوگرم در هکتار) مربوط به 10 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار بود. در مقابل، تغذیه برگی سولفات آهن تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه و ماده خشک گیاهی نداشت (شکل 3). با مصرف خاکی سکوسترن آهن، درصد روغن دانه افزایش یافت که این افزایش در سال اول در مقایسه با شاهد معنی دار نبوده اما در سال دوم معنی دار بود (شکل 2)، این در حالی است که تغذیه برگی سولفات آهن تاثیر معنی داری بر درصد روغن دانه نداشت (شکل 2). بالاترین عملکرد روغن در هکتار، در تیمار 20

جدول 8: اثر تیمارهای مختلف آهن بر عملکرد روغن دانه* (کیلوگرم در هکتار)

سال	Fe _{Spray}	Fe ₂₀	Fe ₁₀	Fe ₀
اول	1045 ^c	1441 ^a	1127 ^b	1043 ^c
دوم	1109 ^c	1431 ^a	1236 ^b	1175 ^c
تجزیه مرکب	1034 ^c	1431 ^a	1163 ^b	1088 ^c

در هر ستون و ردیف، حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح 5% آزمون دانکن ندارند
* عملکرد روغن دانه = درصد روغن تیمار × عملکرد دانه در همان تیمار

جدول 9: خلاصه تجزیه واریانس مرکب میانگین غلظت عناصر برگ در تیمارهای مختلف آهن به روش دانکن

تیمارها	درصد ماده خشک								
	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سدیم	کلر	آهن	روی	مس	منگنز
Fe ₀	4/9 ^b	0/43 ^{cde}	4/43 ^a	0/07 ^{ab}	2/2 ^b	87 ^d	88 ^b	41 ^{ab}	55 ^a
Fe ₁₀	4/7 ^{bc}	0/46 ^{bc}	4/41 ^{ab}	0/06 ^{bc}	1/8 ^e	117 ^b	74 ^d	38 ^{ab}	52 ^{ab}
Fe ₂₀	5/2 ^a	0/53 ^a	4/41 ^{ab}	0/06 ^{bc}	1/83 ^d	122 ^a	57 ^f	28 ^c	43 ^{ef}
Fe _{Spray}	4/8 ^b	0/42 ^{cde}	4/31 ^c	0/07 ^a	1/8 ^e	106 ^c	79 ^{cd}	36 ^b	39 ^f

*: در هر ستون حروف مشابه، اختلاف معنی داری در سطح 5% آزمون دانکن ندارند.

بحث و نتیجه گیری

افزایش معنی داری نسبت به شاهد (عدم مصرف آهن) داشت (جدول 9). به نظر می رسد کاربرد سکوسترن آهن در خاک موجب بهبود رشد و کاهش اثر شوری بر گیاه شده و در نتیجه، عملکرد دانه افزایش یافته است. در همین ارتباط، دلگادو و سانچزرایا (2007) نشان دادند مصرف آهن سبب کاهش اثرات منفی شوری بر آفتابگردان شده و رشد آن را بهبود داد.

بر اساس نتایج این آزمایش، با مصرف خاکی سکوسترن آهن، عملکرد دانه به طور معنی داری افزایش یافت، به طوری که در بین تیمارهای مختلف کودی آهن، بیشترین عملکرد ماده خشک شاخسار و دانه مربوط به تیمار مصرف خاکی 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار بود. هم چنین قطر طبق و وزن هزار دانه با مصرف خاکی سکوسترن آهن، متناسب با مقدار مصرفی کود،

تأثیر کود دهی آهن بر رشد، عملکرد و مقدار روغن دانه آفتابگردان ...

(2000) و مارشتر (1995) که نشان دادند کوددهی آهن با بهبود فتوسنتز، سبب افزایش رشد گیاه و جذب سایر عناصر کم مصرف در شرایط آهکی می‌شود، هم‌خوانی دارد. همچنین مصرف آهن موجب کاهش غلظت کلر و سدیم برگ شد. نتایج پژوهش دیگری نیز نشان داد مصرف آهن سبب کاهش غلظت سدیم و کلر در شرایط شور در آفتابگردان شده است (دلگادو و سانچزرایا، 2007). نتایج به‌دست آمده در این آزمایش نیز موید آن است که مصرف آهن می‌تواند با کاهش جذب سدیم و کلر همراه باشد.

بررسی نسبت پتاسیم به سدیم در تیمارهای مختلف کودی آهن نشان داد مصرف خاکی آهن باعث افزایش ضریب انتخاب پذیری پتاسیم در برگ شده است (نتایج نشان داده نشده است). با افزایش نسبت پتاسیم به سدیم در بافت‌های گیاهی، تحمل به شوری گیاه افزایش می‌یابد. بنابراین مصرف آهن با افزایش این نسبت موجب بهبود رشد شده است (خوش‌گفتارمنش و سیادت، 1381). نتایج برخی مطالعات اخیر نیز نشان دهنده نقش آهن در کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی به‌ویژه شوری می‌باشد. در شرایط شور، غلظت رادیکال‌های آزاد مخرب و گونه‌های فعال اکسیژن در گیاه افزایش یافته، سبب اکسیداسیون غشاهای زیستی می‌شود. در مقابل، برخی عناصر کم مصرف نظیر آهن با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو نظیر سوپراکسید دیسموتاز باعث غیرفعال شدن این رادیکال‌ها و کاهش تنش اکسیداتیو در گیاه می‌شود. به همین دلیل، کوددهی آهن سبب افزایش تحمل به شوری گیاه می‌شود (خوش‌گفتارمنش، 1386).

همچنین مصرف آهن به‌علت رقابت با سایر عناصر کم مصرف به‌ویژه روی و منگنز، موجب کاهش غلظت این عناصر در برگ شد (مارشتر، 1995). بنابراین، در شرایط کوددهی آهن و بهبود تغذیه آهن گیاه، تامین سایر عناصر کم‌مصرف ضروری است. بر همین اساس، این فرضیه مطرح می‌شود که در شرایط کوددهی آهن و افزایش رشد گیاه، نیاز گیاه به سایر عناصر کم مصرف نیز افزایش یافته و برای دستیابی به عملکردهای

تفاوت زیاد عملکرد شاخسار و دانه در دو سال آزمایش احتمالاً مربوط به شرایط آب و هوایی باشد، زیرا در سال اول آزمایش، میانگین درجه حرارت روزانه در سه ماهه‌ی اول پس از کاشت، 30 درجه سلسیوس و برای مدت مشابه در سال دوم، 26/5 درجه سلسیوس بود. آلیاری و همکاران (1379)، یکی از محدودیت‌های رشد آفتابگردان را وجود دمای بالا در مراحل اولیه رشد گیاه اعلام کرده‌اند، لذا در شرایط پژوهش حاضر، احتمالاً دمای هوا سبب این اختلاف زیاد در عملکرد شاخسار و به دنبال آن، عملکرد دانه شده است.

اگرچه بالاترین درصد روغن دانه در تیمار مصرف خاکی 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار به‌دست آمد، با این حال اختلاف معنی‌داری از لحاظ درصد روغن دانه در این تیمار با شاهد مشاهده نشد. سایر تیمارهای کودی آهن نیز تأثیری بر درصد روغن دانه نداشتند. این امر ممکن است به دلیل اثر رقت ناشی از افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کودی آهن در مقایسه با شاهد باشد. در همین ارتباط، عملکرد روغن دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار در تیمار مصرف خاکی 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار بیشتر از سایر تیمارهای آزمایش بود (جدول 8). بین عملکرد و درصد روغن دانه در دو آزمایش نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد به طوری که درصد و عملکرد روغن دانه در سال اول، بالاتر از سال دوم بود. آلیاری و همکاران (1379) بیان کردند که با کاهش درجه حرارت محیط در زمان پُر شدن دانه، درصد روغن افزایش می‌یابد؛ در سال اول آزمایش، میانگین درجه حرارت روزانه در ماه آخر منتهی برداشت، 19 درجه سلسیوس بود که این میزان برای مدت مشابه در سال دوم، 21/7 درجه سلسیوس بود که این مطلب را تأیید می‌کند.

بر اساس نتایج آزمایش حاضر، مصرف خاکی سکوسترن آهن موجب افزایش غلظت نیتروژن، فسفر و آهن در هر دو سال آزمایش شد. با توجه به نقش اساسی آهن در ساختمان کلروفیل، به نظر می‌رسد کوددهی آهن سبب شده تا فتوسنتز بهتر انجام شده و همین امر باعث بهبود رشد گیاه و در پی آن، افزایش جذب این عناصر شده است که این موضوع، با یافته‌های کوچیان

رسد در شرایط آهکی که جذب آهن به وسیله گیاه، مختل می شود؛ مصرف 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار، از یک سو آهن مورد نیاز گیاه را در اختیار آن قرار داده و از سوی دیگر، سبب افزایش تحمل به شوری آفتابگردان شده و همین امر سبب افزایش مقادیر قطر طبق و وزن هزار دانه و در نهایت افزایش عملکرد دانه شده است؛ اگرچه با توجه به قیمت سکوسترن آهن، در برخی موارد مصرف این مقدار کود آهن، توجیه اقتصادی ندارد، اما تامین آهن مورد نیاز گیاه می تواند با افزایش تولید کمی و بهبود کیفیت روغن دانه، تا حدودی هزینه های کودی را جبران کند. به هر حال، نتایج پژوهش حاضر نشان دهنده لزوم برطرف کردن کمبود آهن برای دستیابی به پتانسیل ژنتیکی محصول به ویژه در شرایط شور بوده و بدیهی است در کنار مصرف خاکی کلات آهن، ارزیابی کارایی روش های دیگر نظیر اختلاط آهن با بذر (گوس و جانسون، 2001 و پناس و همکاران، 1990)، استفاده از کودهای دامی (گائو و همکاران، 2000)، استفاده از گوگرد عنصری (وایرسم، 2007) و یا گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس (میرزاپور و همکاران، 1386) و استفاده از ژنوتیپ های کارآمد در جذب آهن (فاجریا و همکاران، 2002 و گراهام، 1984) ضروری است.

بالاتر و جلوگیری از کاهش کیفیت تغذیه ای دانه، کوددهی این عناصر ضرورت می یابد (خوش گفتار منش، 1386).

تغذیه برگی سولفات آهن تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه، ماده خشک شاخسار و شاخص های رشد تعیین شده نداشته و حتی باعث کاهش آن ها در سال دوم شد. همین روند در مورد درصد روغن دانه نیز مشاهده شد (شکل 2). این امر احتمالاً ناشی از کاهش قابلیت ریشه در احیای آهن (گیاهان راهبرد نوع اول) در اثر تغذیه برگی و یا پویایی کم این عنصر در انتقال مجدد از برگ ها به سایر اندام های گیاه باشد (مارشور و همکاران، 1989). تغذیه برگی همچنین سبب کاهش غلظت پتاسیم، کلر و منگنز برگ شد. نسبت پتاسیم و سدیم نیز در این تیمار کمترین مقدار بود.

در مجموع به نظر می رسد با وجود برخی نتایج به دست آمده در شرایط غیر شور که کوددهی آهن بر عملکرد دانه ای آفتابگردان را بی تاثیر گزارش کرده اند، اما به نظر می رسد در شرایط آهکی و شور مزارع آفتابگردان قم، مصرف آهن، اثر معنی داری بر رشد و عملکرد دانه ای آفتابگردان داشته باشد به طوری که در پژوهش حاضر، بالاترین عملکرد دانه در تیمار 20 کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار به دست آمده است. همچنین در این تیمار، بالاترین درصد روغن دانه به دست آمد. به نظر می-

منابع

- آلیاری، ه.، شکاری، ف. و شکاری، ف. 1379. دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی. تبریز. 182 صفحه.
- احیائی، م. ع. و بهبهانی زاده، ع. 1372. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک، نشریه 893، موسسه تحقیقات خاک و آب، 90 صفحه.
- امامی، ع. 1375. روش‌های تجزیه گیاه، جلد اول. نشریه 982، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، 120 صفحه.
- بدون نام. 1383. آمار نامه. سازمان جهاد کشاورزی قم، دفتر برنامه ریزی و بودجه، 250 صفحه.
- تکنولوژی آموزشی. چاپ اول. کرج. ایران، 120 صفحه.
- خوش‌گفتار منش، ا. م. 1386. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. 462 صفحه.
- سپهر، ابراهیم. 1382. تاثیر عناصر مختلف کودی بر کمیت و کیفیت آفتابگردان. در کتاب تغذیه بهینه دانه‌های روغنی، گامی موثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور. انتشارات خانیران. تهران. ایران. 452 صفحه.
- فرشاد فر، عزت‌الله. 1380. اصول و روش‌های آماری چند متغیره. انتشارات طاق بستان. چاپ اول، 450 صفحه.
- فرشی، ع. الف.، شریعتی، م. ر.، جاراللهی، ر.، قایمی، م. ر.، شهابی فر، م. و تولایی، م. م. 1376. برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور. جلد اول: گیاهان زراعی. نشر آموزش کشاورزی. کرج. ایران. 900 صفحه.
- ملکوتی، م. ج. و غیبی، م. ن. 1379. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی موثر در خاک، گیاه و میوه. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، نشر آموزش. کرج، 56 صفحه.
- ملکوتی، م. ج.، کشاورز، پ.، سعادت، س. و خلدبرین، ب. 1382. تغذیه گیاهان در شرایط شور. انتشارات سنا. چاپ اول. تهران. ایران، 233 صفحه.
- ملکوتی، م. ج.، اسماعیلی، م.، سپهر، الف. و گلچین، الف. 1382. بررسی اثرات مصرف کودهای محتوی منیزیم، آهن، منگنز و روی بر صفات کمی و کیفی آفتابگردان. در کتاب تغذیه بهینه دانه‌های روغنی، گامی موثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور. انتشارات خانیران. تهران. ایران. 452 صفحه.
- میرزاپور، م. ه.، نایینی، م. ر. و حاجی رضا، م. ر. 1386. مقایسه اثر اسید سولفوریک و گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس بر عملکرد دانه، برخی صفات زراعی و درصد روغن آفتابگردان در شرایط شور آهکی (قم). دهمین کنگره علوم خاک، کرج. ایران.
- Brown, C. M. and Aryeetey, A. N. 1973. Maternal Control of Oil Content in Oats (*Avena Sativa* L.). Crop. Sci 13:120-121.
- Brown, J. C., Ambler, J. E., Chaney, R. L. and Foy, C. D. 1972. Differential responses of plant genotypes to micronutrients. P: 389-415. In J. J. Mortvedt, P. M. Giordano, and W. L. Lindsay (ed.) Micronutrients in agriculture. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.
- Chouliaras, V., Therios, I., Molassiotis, A. and Diamantidis, G. 2004. Iron chlorosis in grafted sweet orange (*Citrus sinensis* L.) plants: physiological and biochemical responses. Biol. Plant.(Czech Republic). 48(1): 141-144
- Dahiya, S. S. and Singh, M. 1976. Effect of salinity alkalinity and iron application on the availability of iron , manganese, phosphorus and sodium in pea (*Pisum sativum* L.). Plant. Soil. 44: 697- 702.
- Delgado, I. C. and Sanchez- raya, A. J. 2007. Effects of sodium chloride and mineral nutrients on initial stages of development of sunflower life. Comm. Soil. Sci. Plant Anal. Vol. 38 No. 15/16 pp: 2013-2027
- Fageria, N. K., Baligar, V. C. and Clark, R. B. 2002. Micronutrients in crop production. Adv. Agron. 77:185-268.
- Gangadhar, G. A. 1992. Effect of micronutrients on the yield and uptake of sunflower. J. Indian. Soci. Soil. Sci. 40(3): 591-593.
- Gao, M., Che, Wei, F. C., C. F., Xie, D. T. and Yang, J. H. 2000. Effect of long-term application of manures on forms of Fe, Mn, Cu and Zn in purple paddy soil. Plant Nutr. Fertil. Sci. 6: 11-17.
- Godsey, C. B., Schmidt, J. P., Schlegel, A. J., Taylor, R. K., Thompson, C. R. and Gehl, R. J. 2003. Correcting iron deficiency in corn with seed row-applied iron sulfate. Agron. J. 95: 160-166.

- Goos, R. J. and Johnson, B. 2001. Seed treatment, seeding rate, and cultivar effects on iron deficiency chlorosis of soybean. *J. Plant Nutr.* 24:1255–1268.
- Graham, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals, In: Tinker P.B., Lauchi A. (Eds.), *Advances in plant nutrition*, Vol. 1, New York: Praeger Publisher. Pp: 57–102.
- Hassan, N. A. K., Knudsen, J. V. and Olson, R. A. 1970. Influence of soil salinity on production of dry matter, uptake and distribution of nutrients in barley and corn. II. Corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* 62: 46- 48.
- Heitholt, J. J., Sloan, J. J., MacKown, C. T. and Cabrera, R. I. 2003. Soybean growth on calcareous soil as affected by three iron sources. *J. Plant Nutr.* 26: 935–948.
- Hell, R., and Stephan, U. W. 2003. Iron uptake, trafficking, and homeostasis in plants. *Planta* 216: 541–551.
- Karkosh, A. E., Walker, A. K. and Simmons, J. J. 1988. Seed treatment for control of iron-deficiency chlorosis of soybean. *Crop. Sci.* 28: 369–370.
- Kochian, L. V. 2000. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport, and utilization. p. 1204–1249. In B.B. Buchanan, W. Gruissem, and R.L. Jones (ed.) *Biochemistry and molecular biology of plants*. Am. Soc. of Plant Biol., Rockville, MD.
- Li, L., Zhang, J., Wang, Y., Xing, W. and Zhu, A. 2005. Effects of soil properties and depth on fruit tree chlorosis in the loess region in northern China. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36(9-10): 1129-1140.
- Maas, E. V., Ogata, G. and Gorber, M. J. 1972. Influence of salinity on Fe, Mn and Zn up- take by plants. *Agron. J.* 64: 793- 795.
- Marschner, H., Treeby, M. and Romheld, V. 1989. Role of root-induced changes in the rhizosphere for iron acquisition in higher plants. *Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd.* 152: 197–204.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London. 889 pp.
- Mortvedt, J. J. 1986. Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problems. *J. Plant Nutr.* 9: 961–974.
- Motta, A., Basso, B., Dell'Orto, M., Briat, J. F. and Soave, C. 2001. Ferritin synthesis in response to iron in the Fe-inefficient maize mutant *ys3*. *Plant Physiol. Biochem.* 39: 461–465.
- Naeve, S. L. 2006. Iron Deficiency Chlorosis in Soybean, Soybean Seeding Rate and Companion Crop Effects. *Agron. J.* 98: 1575-1581
- Page, A. L., Chang, A. C. and Adriano, D. C. 1990. Deficiencies and toxicities of trace elements. *Agricultural salinity assessment and management*, Chapter 7, ASCE manuals and reports on Eng. Practice No. 71, ASCE, pp: 138-160.
- Pakroo, N. and Kashirad, A. 1981. The effect of salinity and iron application on growth and mineral up take of sunflower. *J. Plant. Nutr.* 4(1): 45-56.
- Penas, E. J., Wiese, R. A., Elmore, R. W., Hergert, G. W. and Moomaw, R. S. 1990. Soybean chlorosis studies on high pH bottomland soils. *Bull.* 312. Univ. Nebraska Inst. Agric. Nat. Resour. Lincoln.
- Randall, G. W. 1981. Correcting iron chlorosis in soybeans. *Soils Fact Sheet* 27 (revised). Minnesota Agric. Ext. Serv. St. Paul.
- Singh G., I., Abrol, P. and Cheema, S. S. 1989. Effects of Gypsum Application on Mesquite (*Prosopis juliflora*) and Soil Properties in an Abandoned Sodic Soil, *Forest Ecol. Manage.* 29: 1-14.
- Wiersma, J. V. 2005. High Rates of Fe-EDDHA and Seed Iron Concentration Suggest Partial Solutions to Iron Deficiency in Soybean. *Agron. J.* 97: 924-934.
- Wiersma, J. V. 2007. Iron Acquisition of Three Soybean Varieties Grown at Five Seeding Densities and Five Rates of Fe-EDDHA. *Agron. J.* 99: 1018-1028.

Iron Fertilization Effects on Growth, Yield and Oil Seed Content of Sunflower Grown on a Saline- sodic Calcareous Soil

Mirzapour¹, M. H. and Khoshgoftarmanesh², A. H.

Abstract

Although iron effect on growth and yield of different plants has been intensively investigated, there is limited information on its effect on grain yield and seed oil content of sunflower, particularly under saline condition. In this study, the effects of soil application of Fe-EDDHA (two rates of 10 and 20 kg ha⁻¹) and foliar spray of FeSO₄ (0.5% in two intervals at 10-leaf and flowering stage) on growth, grain yield and seed oil content of sunflower were investigated. A treatment with no Fe application was considered as a control treatment. The biennial results showed that soil application of 20 kg FeEDDHA ha⁻¹ had no significant effect on shoot matter yield of sunflower while significantly increased grain yield in comparison with control. In contrast, foliar application of FeSO₄ had no significant ($P < 0.05$) effect on seed yield and shoot dry matter yield. Seed oil content was also not affected by foliar application treatment. Regardless of the application method, increasing the fertilizer rate had no significant effect on seed oil content. Soil application of FeEDDHA significantly increased the head diameter and 1000- kernel weight but reduced the plant height. Conclusively, the result of this experiment showed that soil application of 20 kg Fe-EDDHA ha⁻¹ increased plant tolerance to salinity and resulted higher grain yield and oil seed content as compared to control

Keyword: Fe, Calcareous Soil, Salinity, Yield, Oil Content and Sunflower

1. Member of Scientific Board, Division of Soil and Water Research, Research Center of Agriculture and Natural Resources.

2. Associate Professor, Department of Soil Sciences, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan.