نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۱۸-۸

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 1, Spring. 2017, p. 8-18

تأثیر سولفات‌آهن بر تعداد کپسول در گره برگ کنجد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط مزرعه

سید فاضل فاضلی کاخکی[1*]- علی طیبی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۵

چکیده

به‌منظور تولید بیش از یک کپسول در هر گره برگ گیاه کنجد، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه‌تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علمی کاربردی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی مشهد در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتور اول شامل: بذر از گره برگ تک‌کپسول و بذر از گره برگ سه‌کپسولی و فاکتور دوم سه غلظت سولفات‌آهن (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ppm) استفاده شد. نتایج نشان‌داد که وزن تازه و خشک اندام هوایی در بوته‌های حاصل از بذرهایسه‌کپسولی بیشتر از بوته‌های حاصل از بذر تک‌کپسولی بود. تعداد کپسول در بوته در تیمار بذرهای سه‌کپسولی ۲/ عدد بوده که نسبت به تیمار بذر تک‌کپسولی حدود هشت درصد تعداد کپسول در بوته بیشتری داشت. اعمال غلظت ۱۰۰ppm سولفات‌آهن دربوته‌های حاصل از بذرهای تک‌کپسولی بیشترین درصد گره تک‌کپسولی را داشت، در صورتی‌که اعمال غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن در بوته‌های حاصل از بذر سه‌کپسولی بیشترین تعداد گره چندکپسولی را داشت. بیشترین وزن تازه و خشک اندام هوایی از اعمال غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن در بوته‌های حاصل از بذرهای سه‌کپسولی به‌دست آمد. بیشترین وزن دانه در بوته از اعمال ۵۰ppm سولفات‌آهن در بوته‌های حاصل از بذرهای سه‌کپسولی و به مقدار ۱۳/۲گرم در بوته به‌دست آمد. وزن دانه در بوته با درصد گره چندکپسولی (r=۰/۸۰**) و وزن خشک اندام هوایی (r=۰/۹۰**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. به‌طور کلی نتایج نشان‌داد که استفاده از سولفات‌آهن می‌تواند سبب افزایش تعداد کپسول در هر گره برگ شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، درصد گره تک‌کپسول، سه‌کپسول، وزن دانه در بوته

مقدمه

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که در نواحی نسبتاً خشک و با مقدار آب کم رشد می‌کند (Langham and Wiemers, 2002). سادگی تهیه روغن، پایداری زیاد، خاصیت ضد پیری، داشتن مقاومت زیاد به تخریب اکسیدانت‌ها به دلیل داشتن آنتی‌اُکسیدانت سزامین و سزامولین و مقاومت به خشکی از خصوصیات بارز روغن آن است (Chohura *et al*., 2009). کنجد تابستانه و متعلق به خانواده پدالیاسه (Pedaliaceae) دارای برگ‌های پهن، متقابل و گل‌های زنگوله‌ای شکل است. به‌طور طبیعی از هر گره برگ تنها یک کپسول خارج می‌شود. با این‌حال در برخی از اکوتیپ‌ها تعداد کپسول در هر گره برگ می‌تواند افزایش یابد (Weiss, 2000). محیط کشت، عملیات کشاورزی و رقم روی عملکرد دانه کنجد و شاخص برداشت آن تأثیرگذار است (Brigham, 1985). از این‌رو توانایی افزایش عملکرد کنجد از طریق اجزای عملکرد، به‌وسیله شرایط محیطی تأثیرگذار و عملیات زراعی تعیین می‌شود، برای مثال Hazarika, 1998، اظهار داشت که عملکرد دانه کنجد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر واریته و تاریخ کاشت قرار دارد. افزایش عملکرد دانه از اهداف بسیاری از اصلاح‌کنندگان بوده است و ارتباط مهمی بین کنترل ژنتیکی و اجزاء مختلف عملکرد (تعداد شاخه در گیاه؛ تعداد کپسول در گیاه؛ تعداد کپسول در محور برگ؛ طول کپسول در ساقه اصلی؛ تداوم زمان گلدهی، وزن دانه) وجود دارد (Baydar *et al*., 1999). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تعداد کپسول در محور هر برگ یکی از اجزای مهم عملکرد بوده و با آن هم‌بستگی مثبت معنی‌داری دارد (Nezami *et al*., 2014). کپسول‌ها از گل‌های محور هر برگ از گره چهارم به بعد شکل می‌گیرد. Anon, 2004 کنجد را به تک‌کپسولی و چندکپسولی طبقه‌بندی کرد. صفت

۱- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی فن‌آوری گیاهان دارویی و معطر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: (Email: sf_fazeli@yahoo.com
DOI: 10.22067/gsc.v15i1.21228

چندکپسولی توسط یک ژن منفرد کنترل می‌شود و آلل‌های تولید سه‌کپسولی مغلوب هستند. ارقام سه‌کپسولی تنها از گره‌های وسط گیاه در هر محور برگ شکل می‌گیرند و گره‌های ابتدایی و انتهایی گیاه تک‌کپسول هستند. با این‌حال ارقام سه‌کپسولی ممکن است در هر گره برگ یک، دو، سه، چهار، پنج، شش و یا هفت کپسول داشته باشند (Langham, 2007). Weiss, 2000 ارقام با هشت کپسول در محور برگ را گزارش کرد. ارقام با سه کپسول در محور هر برگ به‌طور طبیعی در شرایطی که تراکم کم است در حاشیه مزارع دیده می‌شوند. در آزمایشی Kang *et al*., 1985 تعداد گل‌ها و کپسول‌ها را در محور هر برگ ارقام سه‌کپسولی شمارش کرد. نتایج او نشان‌داد که گره‌های برگی ابتدا و انتهای گیاه تک‌کپسولی بوده و تنها گره‌های وسط گیاه سه‌کپسولی بودند. با این‌حال گره‌های ابتدایی و انتهایی توانایی تولید سه کپسول را داشتند. ارقام سه‌کپسولی واکنش‌های متفاوتی به شرایط محیطی نشان می‌دهند. برای مثال در شرایط حاصلخیزی کم خاک و کمبود رطوبت آن‌ها در محور هر برگ تَک‌کپسول تولید می‌کنند و زمانی‌که شرایط تغذیه‌ای و آبیاری مناسب می‌شود، به سه‌کپسولی تغییر می‌یابند (Langham, 2007). تغذیه برگی یکی از روش‌هایی است که عنصر بدون تثبیت توسط رُس‌ها و مواد آلی خاک، از طریق برگ جذب شده و به‌منظور افزایش فرآیندهای مربوطه به مکان‌های هدف می‌روند. آهن یکی از عناصر غذایی است که نقش مهمی در برخی از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه دارد. این عنصر یکی از اجزای اصلی در گروه پروستتیک هِم (Hem) و هِمین (Hemin) است و برای تمام سیستم‌های ردوکس سیتوکرومی و نیز در فردوکسین‌ها اهمیت دارد. مکانیزم تأثیر در این سیستم‌ها بیشتر به فرم تعویض ظرفیت (والانس) آهن است که بیشتر در سیستم انتقال الکترون فتوسنتزی اهمیت دارد (Miller *et al*., 1982) و در شرایط کمبود آهن، به‌دلیل کاهش سنتز کلروفیل رنگ برگ‌ها به زردی متمایل (کلروز) می‌گردد. هم‌چنین در شرایط کمبود آهن سنتز پروتیین‌های آهن‌دار کلروپلاست کاهش یافته در نتیجه سبب متورم‌شدن تیلاکوییدها شده و از انباشتگی آن‌ها کاسته می‌شود. در این شرایط عرضه آهن سبب ترمیم پروتیین‌های کلروپلاست و افزایش کلروفیل برگ می‌گردد. نتایج مطالعه (Elabdeen and Metwally, 1982) نشان‌داد که محلول‌پاشی۰/۰۵ و ۰/۰۲ درصد آهن سه مرتبه بعد از انتقال نشاء گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) میزان کلروفیل برگ را افزایش داد. در آزمایش دیگر محلول‌پاشی۰/۲درصد آهن در ترکیب با عناصر دیگر باعث افزایش میانگین وزن میوه، تعداد میوه و تعداد کل در هر خوشه و عملکرد گوجه‌فرنگی رقم پیوساروبی شد (Bose and Tripathi, 1996).

یکی از روش‌های مهم افزایش عملکرد دانه در کنجد استفاده از ارقامی است که تعداد کپسول در هر محور برگ بیشتر باشد (Baydar *et al*., 1999). تعداد کپسول بیشتر در هر محور برگ می‌تواند به‌عنوان یک صفت مناسب در کنجد مورد توجه قرار گیرد (Weiss, 2000). اگر بتوان با انجام مدیریت زراعی از نظر تغذیه و آبیاری شرایطی را فراهم کرد تا تمامی بوته‌های کنجد کاشته شده سه‌کپسولی شوند، عملکرد دانه کنجد به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد. این تحقیق به‌منظور بررسی نقش تأمین نیاز تغذیه‌ای کنجد بر تولید کپسول اضافی در محور هر برگ طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تغذیه‌ی برگی بر تولید تعداد کپسول در محور هر برگ گیاه کنجد، آزمایشی در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علمی کاربردی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی خراسان رضوی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. زمین آزمایش سه سال آیش بود. عملیات خاک‌ورزی اولیه انجام شد. ابعاد هر کرت آزمایشی یک مترمربع بود. بذر موردنیاز طی سه سال و هر سال با انتخاب بوته‌های سه‌کپسولی از مزرعه تهیه شد. به این صورت‌که ابتدا بذر ۱۳اکوتیپ کنجد از بخش دانه‌های روغنی سازمان جهاد کشاورزی خراسان در سال ۸۸ تهیه شد و در آزمایش مقدماتی ارزیابی عملکرد موردبررسی قرار گرفت (Nezami *et al*., 2014). در این سال بوته‌هایی با سه کپسول در هر محور برگ را انتخاب نموده، بذرگیری از آن‌ها انجام و سپس به بانک بذر منتقل گردیدند. در سال زراعی ۹۲-۹۱ مجدداً این بذرهای سه‌کپسولی در مزرعه و در گلدان به‌صورت جداگانه کشت گردیده و پس از رسیدگی محصول بوته‌هایی که تعداد گره سه کپسول در آن‌ها بیشتر بوده انتخاب شده و بذور به تفکیک از گره‌های سه‌کپسولی و از گره‌های تک‌کپسولی جداگانه تهیه شدند. این دو نوع بذر تهیه شده به‌عنوان فاکتور اول در آزمایش در نظر گرفته شدند. بذور مذکور را با قارچ‌کش ویتاواکس ضدعفونی کرده و سپس در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ماه کشت گردید. فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر انتخاب و برای اطمینان از تراکم مطلوب در زمان کاشت از تراکم بالای بذر در مترمربع استفاده شد. پس از استقرار و در مرحله چهار برگی و در ارتفاع ۱۵سانتی‌متر عملیات تُنک دستی انجام شده و فاصله بوته‌ها در روی هر ردیف به هفت سانتی‌متر اصلاح شد. هم‌زمان با تُنک‌کردن بوته‌ها عملیات مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز نیز صورت گرفت. آبیاری هر هفته انجام شد. فاکتور دوم تیمارهای مختلف محلول‌پاشی با سولفات‌آهن (صفر، ۵۰ و۱۰۰ ppm) بود که در مرحله ۵۰ درصد رشد رویشی، ۵۰ درصد گل‌دهی و در ۵۰ درصد کپسول‌دهی بر روی بوته‌های کنجد محلول‌پاشی شده و پس از هر محلول پاشی آبیاری نیز انجام شد. پس از رسیدگی محصول از هر کرت آزمایشی تعداد پنج بوته پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انتخاب و جهت اندازه‌گیری صفات

مورفولوژیکی (ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد گره سه‌کپسولی، تعداد گره تک‌کپسولی، وزن خشک اندام هوایی) اجزای عملکرد (تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰ دانه و وزن دانه در بوته) به آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی منتقل و اندازه‌گیری و ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی از آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت استفاده گردید. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C آنالیز شده و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر نوع بذر تک‌کپسولی (Cap1) و بذر چندکپسولی (Cap2)

اثر تعداد کپسول بر ارتفاع گیاه، طول شاخه جانبی، وزن تازه و خشک اندام هوایی، وزن خشک کپسول، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه معنی‌دار بوده اما صفاتی نظیر تعداد شاخه جانبی، درصد گره‌های تک‌کپسولی، درصد گره‌های چندکپسولی و وزن ۱۰۰۰ دانه تحت تأثیر کپسول معنی‌دار نشدند (جدول ۱). ارتفاع بوته در بوته‌های ناشی از بذرهای چندکپسولی (Cap2) ۸۸/۲ سانتی‌متر بود که نسبت به گیاهان ناشی از بذرهای تک‌کپسولی (Cap1) حدود ۲۰ درصد افزایش داشت (جدول ۲). طول شاخه جانبی در تیمار Cap2 حدود ۳۲ درصد بیشتر از تیمار Cap1 بود. در هر دو صفت وزن تازه و خشک اندام هوایی در Cap2 بیشتر از Cap1 بود. وزن خشک کپسول در گیاهان حاصل از بذرهای تک‌کپسولی (Cap1) ۵/۲۸ گرم بود. تعداد کپسول در بوته در تیمار Cap2 ۶۳/۲ عدد بوده که نسبت به تیمار Cap1 حدود هشت‌درصد بیشتر بود.این روند در تعداد دانه در کپسول نیز مشاهده شد. تیمار Cap2 با ۳۸گرم دانه در بوته نسبت به تیمار Cap1 حدود ۳۰ درصد وزن دانه در بوته بیشتری داشت (جدول ۲).

اثر سولفات‌آهن ($FeSO_4, H_2O$)

اثر محلول‌پاشی سولفات‌آهن بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود و تنها ارتفاع گیاه و وزن ۱۰۰۰ دانه تحت تأثیرسولفات‌آهن معنی‌دار نشدند (جدول ۱). بیشترین تعداد و طول شاخه جانبی با مقادیر ۸/۸۳ عدد و ۵۱/۱ سانتی‌متر از محلول‌پاشی۵۰ppm سولفات‌آهن به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب حدود ۱۹ و ۵۹ درصد افزایش داشت (جدول ۴). بیشترین درصد گره‌های چندکپسولی در بوته از اعمال سولفات‌آهن با غلظت ۵۰ppm به‌دست آمد و کمترین درصد گره چندکپسولی در بوته از اعمال غلظت ۱۰۰ppm سولفات‌آهن به‌دست آمد. همین روند در وزن تازه و خشک اندام هوایی مشاهده شد، به‌طوری‌که غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن با مقدار ۵۰/۶ و ۱۵/۱ گرم بیشترین مقادیر صفات مذکور را داشته و نسبت به شاهد به‌ترتیب حدود ۳۲ و ۳۷درصد وزن تازه و خشک اندام هوایی افزایش یافت (جدول ۳). کمترین وزن خشک کپسول و تعداد کپسول در بوته به‌ترتیب با مقدار ۴/۷۹ گرم و ۴۴/۶ عدد از اعمال تیمار ۱۰۰ppm سولفات‌آهن به‌دست آمد و بیشترین مقادیر وزن خشک کپسول و تعداد کپسول در بوته از تیمار ۵۰ppm سولفات‌آهن حاصل شد. تأثیر معنی‌دار بین غلظت صفر و ۵۰ppm سولفات‌آهن بر روی تعداد دانه در بوته مشاهده نشد و با افزایش غلظت سولفات‌آهن تعداد دانه در کپسول کاهش یافت. مقدار وزن دانه در بوته در غلظت صفر سولفات‌آهن ۷/۵۸ گرم بود که با افزایش غلظت به ۵۰ppm سولفات‌آهن وزن دانه با ۲۹درصد افزایش به ۱۰/۷گرم رسید. زمانی‌که غلظت سولفات‌آهن افزایش یافت و به ۱۰۰ppm رسید وزن دانه در بوته نسبت به شاهد حدود ۲۵درصد کاهش یافت (جدول ۳).

اثر متقابل تیمار نوع بذر(تَک‌کپسول و چند کپسول) در تیمار سولفات‌آهن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌داد که تمامی صفات مورد مطالعه تحت تأثیر برهمکنش تیمارهای کپسول و سولفات‌آهن معنی‌دار شدند (جدول ۱). اعمال تمامی غلظت‌های سولفات‌آهن بر روی گیاهان حاصل از بذرهای چندکپسولی (Cap2)، ارتفاع بوته بیشتری نسبت به اعمال همین غلظت‌ها در گیاهان حاصل از بذرهای تَک‌کپسول (Cap1) داشتند (جدول ۴). بیشترین مقدار ارتفاع بوته از اعمال غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن در تیمار Cap2 با مقدار ۸۹/۹سانتی‌متر به‌دست آمد که نسبت به تیمار Cap2×Fe1 و تیمار Cap1×Fe2 به‌ترتیب حدود چهار و ۱۹درصد ارتفاع بیشتری داشت. بیشترین تعداد و طول شاخه جانبی به‌ترتیب با مقادیر ۱۰عدد و ۵۳/۱ سانتی‌متر از اعمال غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن و در Cap2 به‌دست آمد. از لحاظ تولید گره‌های تک‌کپسولی در بوته اعمال غلظت ۱۰۰ppm سولفات‌آهن در Cap1 (بذرهای تَک‌کپسولی) بیشترین درصد گره‌های تک‌کپسولی را در بوته تولید کرد. استفاده از غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن با مقدار ۵۵/۸ درصد و در Cap2 (بذرهای چندکپسول) بیشترین درصد گره‌های چندکپسولی را تولید کرد و استفاده از غلظت ۱۰۰ppm سولفات‌آهن و در تیمار Cap2 کمترین درصد گره‌های چندکپسولی را داشت (جدول ۴). اعمال تیمار ۵۰ppm سولفات‌آهن در Cap1 و Cap2 به‌ترتیب با مقادیر ۵۰/۵ و ۵۰/۹ گرم بیشترین مقدار وزن تازه اندام هوایی به‌دست آمد و کمترین مقدار صفت مذکور از تیمار شاهد و در Cap1 با مقدار ۳۱/۸ گرم بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، درصد گره تَک‌کپسولی و چندکپسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کپسول در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰دانه، وزن دانه در بوته در گیاه کنجد

Table 1- Analysis of variation (mean of squares): plant height, number and length of branch, percent of one capsule, percent of multiple capsule, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, dry weight of capsule, number of capsule per plant, number of seed per capsule, 1000 seed of weight and seed weight per sesame plant

منابع تغییر (S.O.V)	درجه آزادی (df)	ارتفاع بوته (Plant height)	تعداد شاخه جانبی در بوته (Number of branch/plant)	طول شاخه جانبی در بوته (Length of branch/plant)	درصد گره تَک‌کپسولی (Percent of one capsule)	درصد گره چندکپسولی (Percent of multiple capsule)	وزن تازه اندام هوایی (Fresh weight of shoot)	وزن خشک اندام هوایی (Dry weight of shoot)	وزن خشک کپسول (Dry weight of capsule)	تعداد دانه در کپسول (Number of seed/capsule)	تعداد کپسول در بوته (Number of capsule/plant)	وزن ۱۰۰۰دانه (1000 seedweight) (g)	وزن دانه دربوته (Seed weight/plant) (g)
بلوک (Block)	2	3.31^{ns}	1.56*	3.23^{ns}	19.9^{ns}	18.8^{ns}	0.088^{ns}	2.00*	4.57^{ns}	34.0^{ns}	16.1^{ns}	0.723^{ns}	0.707^{ns}
کپسول (Capsule)	1	1381**	0.501^{ns}	703**	11.2^{ns}	10.9^{ns}	90.5**	42.3**	19.4*	168.2**	121.5*	0.011^{ns}	35.7**
سولفات‌آهن (Ferrous sulfate)	2	2.34^{ns}	50.8**	1512**	1250**	145**	597.5**	75.0**	17.4*	58.1*	3065**	0.079^{ns}	38.9**
کپسول در سولفات‌آهن (Capsule × Ferrous sulfate)	2	24.9*	18.6**	89.4**	138.3**	135.8**	21.1*	2.14*	5.58*	110.5**	268**	0.131*	7.71**
خطا (Error)	10	11.2	0.356	7.02	8.53	8.45	5.69	0.435	3.82	14.4	15.4	0.038	0.89
ضریب تغییرات (CV)		4.22	9.33	7.96	4.62	7.95	6.08	5.86	24.9	7.78	6.49	6.54	11.83

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. ^{ns}, *, ** are nonsignificant and significant in 1% and 5% probability level, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تعداد کپسول بر ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، درصد گره تَک‌کپسولی و چندکپسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کپسول در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰دانه، وزن دانه در بوته. در گیاه کنجد

Table 2- Mean comparison effect of number of capsule on: plant height, number and length of branch, percent of one capsule, percent of multiple capsule, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, dry weight of capsule, number of capsule per plant, number of seed per capsule, 1000 seed weight and seed weight per sesame plant

تیمار (Treatment)	ارتفاع بوته Plant) (height (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of) branch/ (plant	طول شاخه جانبی در یوته Length of) branch/ (cm) (plant	درصد گره تَک‌کپسولی Percent of) (one capsule	درصد گره چندکپسولی Percent of) multiple (capsule	وزن تازه اندام هوایی Fresh) weight of (g)(shoot	وزن خشک اندام هوایی Dry weight) (g)(of shoot	وزن خشک کپسول Dry) weight of (g) (capsule	تعداد کپسول در بوته Number of) capsule (/plant	تعداد دانه در کپسول Number of) seed / (capsule	وزن ۱۰۰۰دانه 1000 seed) (g) (weight	وزن دانه دربوته Seed) weight/ (plant (g)
Cap1	70.4b	6.22a	27.0a	64.0a	35.6a	36.9a	9.71a	5.28a	58.1a	45.7a	2.99a	5.56b
Cap2	88.2a	6.55a	39.5b	62.4a	37.5a	41.5b	12.7b	7.36b	63.2b	51.9b	2.95a	9.38a

Means, that have same alphabet are not significantly different at α=0.05 by Dunkan test.میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند

Cap1: one capsule, Cap2: multiple capsule

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف سولفاتآهن بر ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، درصد گره تَک‌کپسولی و چندکپسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کپسول در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰دانه، وزن دانه در بوته در گیاه کنجد

Table 3- Mean comparison effect of different amounts of ferrous sulfate on: plant height, number and length of branch, percent of one capsule, percent of multiple capsule, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, dry weight of capsule, number of capsule per plant, number of seed per capsule, 1000 seedweight and seed weight per sesame plant

تیمار (Treatment)	ارتفاع بوته Plant) (height (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته Number) (of branch/plant	طول شاخه جانبی در یوته Length) (of branch/plant (cm)	درصد گره تَک‌کپسولی Percent of) (one capsule	درصد گره چندکپسولی Percent of) multiple (capsule	وزن تازه اندام هوایی Fresh) weight of (g)(shoot	وزن خشک اندام هوایی Dry) weight of (g)(shoot	وزن خشک کپسول Dry) weight of (capsule (g)	تعداد کپسول در بوته Number of) capsule (/plant	تعداد دانه در کپسول Number of) seed / (capsule	وزن ۱۰۰۰دانه 1000 seed) (g) (weight	وزن دانه دربوته Seed) weight/ (plant (g)
Fe1	78.8^{a}	7.16^{b}	20.6^{c}	66.1^{b}	33.8^{b}	34.4^{b}	9.44^{b}	6.02^{ab}	50.7^{b}	50.8^{a}	3.09^{a}	7.58^{b}
Fe2	80.1^{a}	8.83^{a}	51.1^{a}	47.5^{c}	52.8^{a}	50.6^{a}	15.1^{a}	8.16^{a}	86.5^{a}	50.3^{a}	2.86^{a}	10.7^{a}
Fe3	79.3^{a}	3.16^{c}	28.1^{b}	76.1^{a}	24.0^{c}	32.5^{b}	8.97^{b}	4.79^{b}	44.6^{c}	45.2^{b}	2.97^{a}	5.65^{c}

Fe1: 0 ppm, Fe2: 50 ppm, Fe3: 100 ppm from ferrous sulfate.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل کپسول در سولفات‌آهن بر ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، درصد گره تَک‌کپسولی و چندکپسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کپسول در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰دانه، وزن دانه در بوته در گیاه کنجد

Table 4- Mean comparison effect of interaction iron sulfate and number of capsule on: plant height, number and length of branch, percent of one capsule, percent of multiple capsule, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, dry weight of capsule, number of capsule per plant, number of seed per capsule, 1000 seedweight and seed weight per sesame plant

تیمار (Treatment)	ارتفاع بوته (Plant height) (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته (Number of branch/plant)	طول شاخه جانبی در بوته (Length of branch/plant) (cm)	درصد گره تَک‌کپسولی (Percent of one capsule)	درصد گره چندکپسولی (Percent of multiple capsule)	وزن تازه اندام هوایی (Fresh weight of shoot)(g)	وزن خشک اندام هوایی (Dry weight of shoot)(g)	وزن خشک کپسول (Dry weight of capsule) (g)	تعداد کپسول در بوته (Number of capsule /plant)	تعداد دانه در کپسول (Number of seed / capsule)	وزن ۱۰۰۰دانه (1000 seedweight) (g)	وزن دانه دربوته (Seed weight/plant) (g)
Cap1 × Fe1	67.9b	5.00^{bcd}	13.4^{e}	61.4^{c}	38.6^{c}	31.8^{c}	8.22^{d}	5.71^{b}	54.4^{b}	51.1^{b}	2.84^{b}	7.33^{b}
Cap1 × Fe2	73.2	7.66^{abc}	49.1^{a}	50.9^{d}	49.1^{b}	50.5^{a}	13.1^{b}	6.03^{b}	84.7^{a}	43.8^{cd}	2.98^{ab}	8.18^{b}
Cap1 × Fe3	70.7^{b}	3.66^{cd}	18.6^{d}	79.7^{a}	20.3^{e}	28.6^{c}	7.81^{d}	4.12^{b}	35.0^{d}	42.4^{d}	2.88^{b}	4.18^{c}
Cap2 × Fe1	86.7^{a}	9.33^{ab}	28.0^{c}	70.9^{b}	29.1^{d}	37.1^{b}	10.7^{c}	6.33^{b}	47.1^{c}	50.6^{bc}	3.03^{ab}	7.83^{b}
Cap2 × fe2	89.9^{a}	10.0^{a}	53.1^{a}	44.2^{e}	55.8^{a}	50.9^{a}	17.5^{a}	10.2^{a}	88.3^{a}	58.3^{a}	3.23^{a}	13.2^{a}
Cap2 × Fe3	78.8^{a}	2.67^{d}	37.5^{b}	72.2^{b}	27.7^{d}	36.4^{b}	10.1^{c}	5.46^{b}	54.3^{b}	46.7^{bcd}	2.99^{ab}	7.11^{b}

میانگین‌هایی که حروف مشترک دارند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند..Means, that have same alphabet are not significantly different at α=0.05 by Dunkan test

Fe1: صفر ppm، Fe2: ۵۰ppm ، Fe3: ۱۰۰ppm؛ Cap1: تک کپسولی، Cap2: چندکپسولی.Fe1: 0 ppm, Fe2: 50 ppm, Fe3: 100 ppm from ferrous sulfate; Cap1: one capsule, Cap2: multiple capsule.

جدول ۵-ضرایب هم‌بستگی صفات ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، درصد گره تَک‌کپسولی و چندکپسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کپسول، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰دانه و وزن دانه در بوته در گیاه کنجد

Table 5- Correlation coefficients of traits plant height, number and length of branch, percent of one capsule, percent of multiple capsule, fresh weight of shoot, dry weight of shoot, dry weight of capsule, number of capsule per plant, number of seed per capsule, 1000 seed weight and seed weight per sesame plant

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ارتفاع گیاه(plant height)	1											
تعداد شاخه جانبی (Number of branch)	0.172^{ns}	1										
طول شاخه جانبی (Length of branch)	0.47*	0.48*	1									
وزن تازه اندام هوایی (Fresh weight of shoot)	0.33^{ns}	0.63**	0.91**	1								
وزن خشک اندام هوایی (Dry weight of shoot)	0.46**	0.52*	0.89*	0.91*	1							
وزن خشک کپسول در بوته (Dry weight of capsule/plant)	0.38^{ns}	0.28^{ns}	0.55*	0.59*	0.86**	1						
تعداد کپسول در بوته (Number of capsule per plant)	0.15^{ns}	0.53*	0.85**	0.95**	0.87**	0.64**	1					
تعداد دانه در کپسول (Number of seed per capsule)	0.46*	0.14^{ns}	0.18^{ns}	0.28^{ns}	0.48*	0.55*	0.30^{ns}	1				
وزن هزار دانه (1000 seedweight)	-0.00^{ns}	0.19^{ns}	-0.17^{ns}	-0.16^{ns}	-0.18^{ns}	-0.13^{ns}	-0.29^{ns}	0.09^{ns}	1			
درصد تک‌کپسولی (Percent of one capsule)	-0.03^{ns}	-0.53*	-0.68**	-0.86**	-0.81**	-0.62**	-0.94	-0.38^{ns}	0.32^{ns}	1		
درصد چندکپسولی (Percent of multiple capsule)	0.02^{ns}	0.53*	0.98**	0.86**	0.81**	0.62**	0.95**	0.38^{ns}	-0.32^{ns}	-0.99**	1	
وزن دانه در بوته (Seed weight per plant)	0.48*	0.46*	0.71**	0.77**	0.90**	0.79**	0.80**	0.71**	-0.14^{ns}	0.80**	0.82**	1

^{ns}، * و **به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک‌درصد..^{ns}, *, ** are nonsignificant and significant in 1 and 5 probability level respectively.

وزن خشک اندام هوایی در Cap2 و اعمال ۵۰ppm سولفات‌آهن با ۳۹درصد افزایش نسبت به تیمار صفر سولفات‌آهن و Cap2 و مقدار ۱۷/۵گرم بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی را داشت، کمترین مقدار صفت مذکور از تیمار Cap1×Fe1 و با مقدار ۸/۲۲گرم حاصل شد. هم‌چنین از لحاظ وزن خشک کپسول نیز استفاده از غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن در Cap2 با مقدار ۱۰/۲گرم بیشترین مقدار به‌دست آمد (جدول ۴). بیشترین تعداد کپسول در بوته در هر دو تیمار Cap1 و Cap2 از اعمال غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن با مقادیر ۸۴/۷ و ۸۸/۳عدد به‌دست آمد و کمترین تعداد کپسول در بوته با ۳۶درصد کاهش نسبت به تیمار Cap1×Fe1 و به مقدار ۳۵/۰عدد از تیمار Cap1×Fe3 به‌دست آمد. صفت تعداد دانه در کپسول در تیمار Cap1 با افزایش غلظت سولفات‌آهن از صفر به ۱۰۰ppm کاهش یافت، اما روند در تیمار Cap2 به‌گونه دیگری است، به‌طوری‌که با افزایش غلظت سولفات‌آهن از صفر به ۵۰ppm تعداد دانه در کپسول افزایش یافت و با افزایش غلظت به ۱۰۰ppm از تعداد دانه در کپسول کاسته شد (جدول ۴). روند تغییرات وزن ۱۰۰۰دانه در اعمال تیمارهای مختلف معنی‌دار بود و بیشترین مقدار آن در اعمال غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن در Cap2 و با مقدار ۳/۲۳ گرم به‌دست آمد و کمترین مقدار آن در اعمال سطح صفر سولفات‌آهن و در Cap1 با مقدار ۲/۸۴ گرم حاصل شد. بیشترین و کمترین وزن دانه در بوته به‌ترتیب از اعمال ۵۰ppm سولفات‌آهن در Cap2 و ۱۰۰ppm سولفات‌آهن در Cap1 به‌دست آمد. مقدار افزایش وزن دانه در اعمال ۵۰ppm سولفات‌آهن در Cap2 نسبت به شاهد در Cap2، ۴۲ درصد بود و به‌مقدار ۱۳/۲ گرم رسید. اعمال سطح ۵۰ppm و ۱۰۰ppm در Cap2 وزن دانه در بوته بیشتری نسبت به اعمال همین غلظت‌های سولفات‌آهن در Cap1 داشت (جدول ۴). نتایج حاصل از ضرایب هم‌بستگی نشان‌داد که وزن دانه در بوته با درصد گره چندکپسولی در بوته هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری ($r=۰/۸۲^{**}$) داشت.هم‌چنین وزن دانه در بوته با وزن خشک اندام هوایی و تعداد کپسول در بوته نیز هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری به‌ترتیب ($r=۰/۹۰^{**}$) و ($r=۰/۸۰^{**}$) وجود داشت (جدول ۵). از طرفی، هم‌بستگی درصد گره‌های تک‌کپسولی با درصد گره‌های چندکپسولی حاکی از وجود هم‌بستگی منفی و بسیار معنی‌دار ($r=-۰/۹۹^{**}$) بود و با کاهش درصد گره‌های تک‌کپسولی، درصد گره‌های چندکپسولی افزایش یافت (جدول ۵).

تحقیقات نشان می‌دهد که بیوسنتز متابولیت‌های گیاهی نه‌تنها توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌گردد، بلکه هم‌چنین تحت تأثیر عوامل محیطی می‌باشد (Grejtovsky *et al*., 2000; Naghdi Badi *et al*., 2004; Alloway, 2008;). در همین‌راستا Marschner, 1995 اظهار داشت که آهن جزء بسیار مهمی در بسیاری از متابولیسم‌های گیاهی مانند سنتز کلروفیل، سنتز تیلاکوییید و نمو کلروپلاست می‌باشد. نتایج سایر محققان نشان می‌دهد که استفاده از کود آهن‌دار سبب افزایش صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکردگردیده که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. برای مثال محلول‌پاشی با سولفات‌آهن سبب افزایش فتوسنتز و مواد فتوسنتزی و رشد نسبی در گیاهچه‌های برنج در شرایط تنش خشکی شده است (Mousavi, 2011). در مطالعه دیگری استفاده از کودهای آهن‌دار سبب افزایش کمیت و کیفیت در گوجه‌فرنگی شده است (Chohura *et al*., 2009). در بررسی دیگر Kazemi, 2013 نشان‌داد که استفاده از محلول‌پاشی با کود آهن‌دار با غلظت ۵۰ppm محتوای نسبی کلروفیل نسبت به شاهد حدود ۳۵/۸ درصد افزایش یافت و زمانی‌که غلظت کود آهن‌دار به ۱۰۰ppm رسید محتوای نسبی کلروفیل در گیاه خیار (*Cucumis sativus* L.) کاهش و در حد شاهد باقی ماند. ولیکن در همان آزمایش عملکرد خیار در بوته در غلظت ۵۰ppm و ۱۰۰ppmنسبت به شاهد به‌ترتیب حدود ۳۳/۱ و ۴۹/۳ درصد افزایش داشت. Goos and Johanson, 2000 نشان‌دادند که کاربرد دو مرحله‌ای Fe-EDDHA سبب افزایش عملکرد دانه سه ژنوتیپ سویا (*Glycine max* L.) شده است. Jana and Jahangir, 1987 گزارش کردند که کاربرد ریزمغذی‌ها سبب افزایش عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) شده است. آن‌ها هم‌چنین اظهار کردند که ترکیب‌کردن آهن با غلظت ۰/۱ppm با سایر ریزمغذی‌ها سبب تولید بیشترین ارتفاع و تعداد شاخه جانبی در بوته می‌شود. در مطالعه حاضر بیشترین مقدار ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی از اعمال غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن و در تیمار Cap2 به‌دست آمد. هم‌چنین استفاده از غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن با مقدار ۵۵/۸ درصد و در Cap2 (بذرهای چندکپسول) بیشترین درصد گره‌های چندکپسولی را تولید کردند. اعمال ۵۰ppm سولفات‌آهن در Cap2 سبب افزایش مقدار ۴۱درصد وزن دانه در بوته نسبت به شاهد در Cap2 شد و به مقدار ۱۳/۲گرم رسید. به‌نظر می‌رسد آهن به‌خاطر خصوصیات ریداکس و نیز توانایی‌اش در تشکیل کمپلکس‌هایی با لیگاندهای متفاوت و به‌عنوان جزئی از مواد انتقال‌دهنده الکترون و آنزیم‌ها نقش مهمی در متابولیسم گیاهی دارد و کاربرد آن در مقدار مناسب سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Mousavi, 2011). این موضوع با محلول‌پاشی۵۰ppm سولفات‌آهن در افزایش بسیاری از صفات مشاهده شد. افزایش مقدار سولفات‌آهن سبب کاهش مقدار وزن تازه و خشک اندام هوایی و نیز وزن دانه در بوته گردید که به‌نظر می‌رسد، مربوط به غلظت سمیت عنصر آهن در گیاه کنجد باشد. هم‌چنین در مطالعه حاضر وزن دانه در بوته با وزن خشک اندام هوایی و تعداد کپسول در بوته هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری (به‌ترتیب$r=۰/۹۰^{**}$ و $r=۰/۸۰^{**}$) داشت. مطالعه Roy *et al*., 2009 و Rezvani Moghaddam *et al*., 2004 در کنجد نشان دادند که

هم‌بستگی بین تعداد کپسول در بوته با عملکرد کنجد مثبت و معنی‌دار است. هم‌چنین در مطالعات Ghangard *et al*., 1990، Suryavanshi *et al*., 1990 و Nezami *et al*., 2014 نیز هم‌بستگی قوی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک کنجد مشاهده کردند. به‌نظرمی‌رسد، با افزایش عملکرد بیولوژیک امکان تولید مواد فتوسنتزی از طریق گسترش و تداوم سطح برگ افزایش یافته در نتیجه سهم دانه از کل ماده تولیدی افزایش می‌یابد. از طرفی هم‌بستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیکی نیز بیان‌گر آن است که گیاهان با رشد بهینه از توانایی تولید دانه بیشتری نیز برخوردارند (Sabockdast and Khialparast, 2006). نتایج نیز نشان‌داد زمانی که از غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن استفاده شده درصد گره‌های چندکپسولی نسبت به سطح صفر و ۱۰۰ppm سولفات‌آهن افزایش داشت. این موضوع در خصوص هر دو نوع تیمار بذر تَک‌کپسولی و چندکپسولی نیز مشاهده شد، به‌طوری‌که محلول‌پاشی با غلظت ۵۰ppm سولفات‌آهن در گیاهان حاصل از بذر تَک‌کپسولی و نیز گیاهان حاصل از بذر چندکپسولی، درصد گره‌های چندکپسولی به‌ترتیب به ۴۹/۱ و ۵۵/۸درصد رسید که نسبت به سایر سطوح تیمار سولفات‌آهن افزایش داشت. این افزایش تعداد گره چندکپسولی، سبب افزایش بیشتر وزن دانه در آن‌ها شد و به‌ترتیب ۸/۱۸ و ۱۳/۲گرم دانه در بوته را تولید کرد که نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد که در گیاهان رشد یافته از بذور سه کپسولی، کاربرد برگی سولفات آهن در مقدار ۵۰ ppm می‌تواند سبب افزایش تعداد کپسول در گره هر برگ شود. همچنین بیشترین وزن دانه در بوته نیز از مصرف تیمار ۵۰ ppm سولفات آهن در گیاهان چند کپسولی با مقدار ۱۳/۲ گرم در بوته به‌دست آمد. بنابراین، هرچند شرایط محیط در مجموع در افزایش تعداد کپسول در هر گره برگ گیاه کنجد تأثیر دارد، نتایج این آزمایش نیز نشان داد که استفاده از سولفات‌آهن به‌عنوان یک ریزمغذی نیز می‌تواند سبب افزایش تعداد کپسول در هر گره برگ شود. با این‌حال سایر شرایط محیطی نیز بایستی مورد بررسی قرار گیرد.

References

1. Alloway, B. J. 2008. Zinc in soil and crop nutrition. Second edition. Published by IZA and IFA Brussels, Belgium and Paris, France
2. Anon, M. C. 2004. Descriptors for sesame. International Plant Genetic Research Institute Rome Italy
3. Baydar, H., Marquard, R., and Turgut, I. 1999. Pure line selection for improved yield, oil content and different fatty acid composition of sesame (*Sesamum indicum* L). Plant Breed 118: 462-464
4. Brigham, R.D. 1985. Status of sesame research and production in Texas and USA, in: L.A. Ashi (ed) Sesame and Safflower Status and potentials publication. 66, FAO. Rome 73-74.
5. Bose, U. S. and Tripathi, S. K. 1996. Effect of micronutrients on growth, yield and quality of tomato cv. Pusa Ruby. Crop Research 12 (1): 61-64.
6. Chayjan, R. A. 2010. Modeling of sesame seed dehydration energy requirements by a soft-computing approach. Australia journal Crop Science 4: 180-184.
7. Chohura, P., Kolota, E., and Komosa, A. 2009. Effect of Fertilization with Fe Chelates on the State of Iron Nutrition of Greenhouse. Tomato Journal Elementol 14 (4): 657-664.
8. Ebrahimian, E., Bybordi, A., and PasbanEslam, B. 2010. Efficiency of zinc and iron application methods on sunflower. Journal of Food, Agriculture and Environment 8 (3&4): 783-789.
9. Elabdeen, A. Z., and Metwally, A. M. 1982. Effect of foliar spraying with Mn, Fe, Zn, and Cu on the quality of tomato and pepper. Agriculture Research Review 60: 143-164.
10. Ghangard, S. R., Chavana, D. C., and Bhalerao, T. S. 1990. Correlation and regression studies in sesame. Research Bull Marathmada Agriculture University 14: 11-14.
11. Grejtovsky, A., Markusova, K., and Eliasova, A. 2006. The response of chamomile (*Matricariachamomilla* L.) plants to soil zinc supply. Plant, Soil and Environment 52: 1-7.
12. Goos, R. J., and Johanson, B. E. 2000. A comparison of three methods for reducing iron-deficiency chlorosis in soybean. Agronomy Journal 92: 1135-1139.
13. Hazarika, D. K. 1998. Influence of sowing date and varieties on development of powdery mildew of sesame in Assam. Journal of Phytological Research 11: 73-75.
14. Jana, B. K., and Jahangir, K. 1987. Influence of micronutrients on growth and yield of French bean Cv. Contender under polyhouse conditions. Vegetarian Science 14 (2): 124-127.
15. Kang, C. W., Lee, J. I., and Son, E. R. 1985. Studies on the flowering and maturity in sesame (*Sesamum indicum* L.) III. Growth of capsule and grain by different plant types. Korean Journal Crop Science 30 (2): 158-164.
16. Kazemi, M. 2013. Effect of foliar application of iron and zinc on growth and productivity of cucumber. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2 (11): 11-14.

17. Langham, D. R., and Wiemers, T. 2002. Progress in mechanizing sesame in the US through breeding. In: Janickand J, Whipkey A (ed) Trends in new crops and new uses, American Society for Horticultural Science Press, Alexandria, Virginia. 157-173.
18. Langham, D. R. 2007. Phenology of sesame. Issues in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA.144-182.
19. Marschner, H. 1995. Mineral nutrient of higher plants. Second Ed., Academic Press Limited. Harcourt Brace and Company, Publishers, London: 347-364.
20. Miller, G. W., Denney, A., Pushnik, J. U., and Mino-Ho, Yo. 1982. The formation of δ-aminolevulinate a precursor of chlorophyll in barley and the role of iron. Journal Plant Nutrition 5: 289-300.
21. Mousa, G. T., El-Sallami, I. H., and Ali, E. F. 2003. Response of *Nigella sativa* L. to foliar application of gibberellic acid, benzyladenine, iron and zinc. Assiut Journal of Agricultural of Science (Egypt) 32: 141-156.
22. Mousavi, S. R. 2011. Zinc in crop production and interaction with phosphorus. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5: 1503-1509.
23. Nezami, A., Fazeli Kakhki, F., Zarghani, H., Shabahang, J., and Gandomzadeh, M. R. 2014. Primary investigation of yield and yield component in some sesame ecotype (*Sesamum indicum* L) in Khorasan province. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (2):189-195. (In Persian).
24. Naghdi Badi, H., Yazdani, D., Mohammad, A. S., and Nazari, F. 2004. Effects of spacing and harvesting on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. Ind. Crop Production 19:231–236.
25. Ravi, S., Channal, H. T., Hebsur, N. S., Patil, B. N., and Dharamtti, P. R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal of Agricultural Sciences 21: 382-385.
26. Rezvani Moghaddam, P., Norozpoor, Gh., Nabati, J., and Mohammad Abadi, A. A. 2004. Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum* L). 3(1): 57-68. (In Persian).
27. Roy, N., Abdullah, S. M., Amun, M., and Sarwar, J. 2009. Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 5 (5): 823-827.
28. Sabockdast, M., and Khialparast, F. 2006. Study relations between yield and yield components in 30 bean variety (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science 42 (A): 123-133. (In Persian).
29. Suryavanshi, G. B., Pawar, V. S., and Ransing, S. K. 1990. Effect of sowing dates on yield and yield attributes of sesamum (*Sesamum indicum* L.). Annals of Plant Physiology 4 (2): 257-259.
30. Weiss, E. A. 2000. Oilseed crops. 2nded. Blackwell Science., Malden, MA.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 15, No. 1, Spring. 2017, p. 8-18

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۱۸-۸

The Effect of Foliar Application of Ferrous sulfate on Production of Multi-capsule per Leaf node in Sesame Plant (*Sesamum indicum* L.) under Field Condition

S. F. Fazeli Kakhki[1*]-A. Taiiebi[2]

Received: 05-01-2015
Accepted: 15-06-2015

Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) belongs to pedaliaceae family and is one of the most important oilseed crops that will grow in relatively dry region. Each leaf node will have one capsule but in some sesame ecotypes the number of capsule per leaf node can increase (Langham and Wiemers, 2002). Factors such as agricultural operations, growing substrates and variety affect yield and harvest index. Iron is one of the main micronutrient that can affect growth and development (Miller *et al.,* 1982). This research was conducted to study the effects of leaf nutrition on the number of capsules per leaf node of sesame.

Materials and Methods

In order to study the effects of leaf nutrition on the number of capsules per leaf node in sesame plant (*sesamum indicum* L.), an experimental was conducted at Khorasan Razavi Agricultural Education Center, Iran, 1n 2014. This study was done as a factorial arrangement with two factors, kind of seed and the concentrations of ferrous sulphate on the basis completely randomized block design with three replications. The first factor was two seed types (one type has been taken from leaf node with three capsules and the other seeds were taken from leaf node with one capsule in sesame plant). The second factor was three concentration of ferrous sulphate (0, 50 and 100 ppm) that applied in %50 vegetation, flowering and capsule phase. Morphological and yield components traits were measured. Data were analyzed with MSTAT-C software and means comparison were done with Duncan multiple range test in 5 percent probability.

Results and Discussion

The first factor (type of seed) showed significant difference on height, length of branch, fresh and dry shoot weight, dry weight of capsule, number capsules per plant, 1000 seed weight and seed weight per plant. Plants growing from the seeds with three capsules in leaf node (Cap2) had the maximum height with 88.2 cm that was 20% more than plants that growth from seeds with one capsule in leaf node (Cap1). The maximum seed weight per plant also obtained from Cap2. The application of ferrous sulphate concentration with 50 ppm increased the number of three capsule nodes in plant but 100 ppm ferrous sulphate had the lowest three capsule nodes per plant. The results of interaction treatments showed that using of 50 ppm ferrous sulphate in Cap2 treatment had the maximum plant height with 89.9 cm. In two treatments Cap1 and Cap2 applying ferrous sulphate concentration with 50 ppm had the maximum number capsule per plant with 84.7 and 88.3 capsule per plant, respectively.

This study showed that biosynthesis of plant metabolite was controlled not only by genetic but also by environmental conditions. Iron is an important component in many plant metabolisms such as chlorophyll and tylakoid synthesis and in development of chloroplast. Goos and Johanson, (2000) showed that two foliar applications of iron compounds (Fe-EDDHA) increased yield in three soybean genotypes. Jana and Jahangir (1987) suggested that using of iron micronutrient with 0.1 ppm produced maximum height in bean. It seems that particular properties of Iron such as Redox properties, capable to establish complex with different ligands, a component of electron transport system and take part in many enzymes structure had important roles in plant

1- Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural Research, Education and Natural Resources Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran
2- B.Sc. Student in Engineer technical in Medicinal and Aromatic Plants in Institute of Science and Applied Higher Educational, Research and Education Agriculture Center of Khorasan Razavi, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: sf_fazeli@yahoo.com)

metabolism and application of suitable amount can increase growth and yield of plant.

Conclusions

The results showed that foliar application of ferrous sulphate can increase the number of capsules per leaf node as using of 50 ppm ferrous sulfate in plants that grow up from seeds with three capsules in leaf node (Cap2) produced the most multiple capsule percent in leaf node. Maximum seed weight per plant with amount 13.2 $g.plant^{-1}$ was obtained from applying 50 ppm ferrous sulfate in Cap2 plants. Positive and significant correlation was found between seed weight and multiple capsule percent in leaf node (r=0.82**) and with shoot dry weight (r=0.80**). In addition, the results showed that ferrous sulfate can increase the number of capsules per leaf node.

Keywords: Height, Leaf node capsule, Seed weight, Three capsules