

تأثیر سولفات آهن بر تعداد کپسول در گره برگ کنجد (*Sesamum indicum* L.)

## در شرایط مزرعه

سید فاضل فاضلی کاخکی<sup>۱\*</sup> - علی طیبی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۵

## چکیده

به منظور تولید بیش از یک کپسول در هر گره برگ گیاه کنجد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علمی کاربردی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی مشهد در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتور اول شامل: بذر از گره برگ تک کپسول و بذر از گره برگ سه کپسولی و فاکتور دوم سه غلظت سولفات آهن (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ ppm) استفاده شد. نتایج نشان داد که وزن تازه و خشک اندام هوایی در بوته‌های حاصل از بذرها سه کپسولی بیشتر از بوته‌های حاصل از بذر تک کپسولی بود. تعداد کپسول در بوته در تیمار بذرها سه کپسولی ۲/۲ عدد بوده که نسبت به تیمار بذر تک کپسولی حدود هشت درصد تعداد کپسول در بوته بیشتری داشت. اعمال غلظت ۱۰۰ ppm سولفات آهن در بوته‌های حاصل از بذرها تک کپسولی بیشترین درصد گره تک کپسولی را داشت، در صورتی که اعمال غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن در بوته‌های حاصل از بذر سه کپسولی بیشترین تعداد گره چند کپسولی را داشت. بیشترین وزن تازه و خشک اندام هوایی از اعمال غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن در بوته‌های حاصل از بذرها سه کپسولی به دست آمد. بیشترین وزن دانه در بوته از اعمال ۵۰ ppm سولفات آهن در بوته‌های حاصل از بذرها سه کپسولی و به مقدار ۱۳/۲ گرم در بوته به دست آمد. وزن دانه در بوته با درصد گره چند کپسولی ( $r=0/80^{**}$ ) و وزن خشک اندام هوایی ( $r=0/90^{**}$ ) هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری داشت. به طور کلی نتایج نشان داد که استفاده از سولفات آهن می‌تواند سبب افزایش تعداد کپسول در هر گره برگ شود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع، درصد گره تک کپسول، سه کپسول، وزن دانه در بوته

## مقدمه

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 این رو توانایی افزایش عملکرد کنجد از طریق اجزای عملکرد، به وسیله شرایط محیطی تأثیرگذار و عملیات زراعی تعیین می‌شود، برای مثال Hazarika, 1998. اظهار داشت که عملکرد دانه کنجد به طور 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 تک کپسولی و چند کپسولی طبقه‌بندی کرد. صفت

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 آنتی‌اکسیدانت 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. به طور طبیعی از هر گره برگ تنها یک کپسول خارج می‌شود. با این حال در برخی از

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

(*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 سه کپسولی 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 برگ 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 سه کپسولی از مزرعه تهیه شد. به این صورت که ابتدا بذر ۱۱۳ کوتیپ 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، بذری از آن‌ها انجام و سپس به بانک بذر منتقل گردیدند. در سال زراعی ۹۲-۹۱ مجدداً این بذرهای سه کپسولی 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 سه کپسولی و از گره‌های تک کپسولی جداگانه تهیه شدند. این دو نوع بذر تهیه شده به‌عنوان فاکتور اول در آزمایش در نظر گرفته شدند. بذور مذکور را با قارچ کش 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 چهارم برگ‌ها و در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر 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 سولفات آهن (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ 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 محلول‌پاشی 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

چند کپسولی توسط یک زن منفرد کنترل می‌شود و آلل‌های تولید سه کپسولی مغلوب هستند. ارقام سه کپسولی تنها از گره‌های وسط گیاه در هر محور برگ شکل می‌گیرند و گره‌های ابتدایی و انتهایی گیاه تک کپسول هستند. با این حال ارقام سه کپسولی 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 سه کپسولی شمارش کرد. نتایج او نشان داد که گره‌های برگ ابتدا و انتهای گیاه تک کپسولی بوده و تنها گره‌های وسط گیاه سه کپسولی بودند. با این حال گره‌های ابتدایی و انتهایی توانایی تولید سه کپسول را داشتند. ارقام سه کپسولی واکنش‌های متفاوتی به شرایط محیطی نشان می‌دهند. برای مثال در شرایط حاصلخیزی کم خاک و کمبود رطوبت آن‌ها در محور هر برگ تک کپسول تولید می‌کنند و زمانی که شرایط تغذیه‌ای و آبیاری مناسب می‌شود، به سه کپسولی تغییر می‌یابند (Langham, 2007). تغذیه برگ 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 هم (Hem) و همین (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، به دلیل کاهش سنتز کلروفیل رنگ برگ‌ها به زردی متمایل (کلروز) می‌گردد. هم‌چنین در شرایط کمبود آهن سنتز پروتئین‌های آهن‌دار کلروپلاست کاهش یافته در نتیجه سبب متورم شدن تیلاکوئیدها شده و از انباشتگی آن‌ها کاسته می‌شود. در این شرایط عرضه آهن سبب ترمیم پروتئین‌های کلروپلاست و افزایش کلروفیل برگ می‌گردد. نتایج مطالعه (Elabdeen and Metwally, 1982) نشان داد که محلول‌پاشی ۰/۰۵ و ۰/۰۲ درصد آهن سه مرتبه بعد از انتقال نشاء گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum L.*) میزان کلروفیل برگ را افزایش داد. در آزمایش دیگر محلول‌پاشی ۰/۲ درصد 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)

۱۰۰ ppm سولفات آهن به دست آمد. همین روند در وزن تازه و خشک اندام هوایی مشاهده شد، به طوری که غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن با مقدار ۵۰/۶ و ۱۵/۱ گرم بیشترین مقادیر صفات مذکور را داشته و نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۳۲ و ۳۷ درصد وزن تازه و خشک اندام هوایی افزایش یافت (جدول ۳). کمترین وزن خشک کپسول و تعداد کپسول در بوته به ترتیب با مقدار ۴/۷۹ گرم و ۴۴/۶ عدد از اعمال تیمار ۱۰۰ ppm سولفات آهن به دست آمد و بیشترین مقادیر وزن خشک کپسول و تعداد کپسول در بوته از تیمار ۵۰ ppm سولفات آهن حاصل شد. تأثیر معنی‌دار بین غلظت صفر و ۵۰ ppm سولفات آهن بر روی تعداد دانه در بوته مشاهده نشد و با افزایش غلظت سولفات آهن تعداد دانه در کپسول کاهش یافت. مقدار وزن دانه در بوته در غلظت صفر سولفات آهن ۷/۵۸ گرم بود که با افزایش غلظت به ۵۰ ppm سولفات آهن وزن دانه با ۲۹ درصد افزایش به ۱۰/۷ گرم رسید. زمانی که غلظت سولفات آهن افزایش یافت و به ۱۰۰ ppm رسید وزن دانه در بوته نسبت به شاهد حدود ۲۵ درصد کاهش یافت (جدول ۳).

#### اثر متقابل تیمار نوع بذر (تک‌کپسول و چند کپسول) در تیمار سولفات آهن

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

مورفولوژیکی (ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد گره در ساقه اصلی، تعداد گره سه کپسولی، 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 آن ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت استفاده گردید. داده‌های به دست 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 هشت درصد بیشتر بود. این روند در تعداد دانه در کپسول نیز مشاهده شد. تیمار Cap2 با ۳۸ گرم دانه در بوته نسبت به تیمار Cap1 حدود ۳۰ درصد وزن دانه در بوته بیشتری داشت (جدول ۲).

### اثر سولفات آهن (FeSO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O)

اثر محلول‌پاشی سولفات آهن بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود و تنها ارتفاع گیاه و وزن ۱۰۰۰ دانه تحت تأثیر سولفات آهن معنی‌دار نشدند (جدول ۱). بیشترین تعداد و طول شاخه جانبی با مقادیر ۸/۸۳ عدد و ۵۱/۱ سانتی‌متر از محلول‌پاشی ۵۰ ppm سولفات آهن به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد به ترتیب حدود ۱۹ و ۵۹ درصد افزایش داشت (جدول ۴). بیشترین درصد گره‌های چندکپسولی در بوته از اعمال سولفات آهن با غلظت ۵۰ ppm به دست آمد و کمترین درصد گره چندکپسولی در بوته از اعمال غلظت

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، درصد گره تک کپسولی و چند کپسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کپسول در بوته، تعداد کپسول در بوته،

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 تک کپسولی (Percent of one capsule)		درصد گره چند کپسولی (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 دانه در بوته (Seed weight/plant)		وزن دانه (Seed weight/plant)			
		Plant (height)	Plant (height)	Number of branch/plant	Length of branch/plant	Percent of one capsule	Percent of multiple capsule	Fresh weight of shoot	Dry weight of shoot	Dry weight of capsule	Number of seed/capsule	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant	Number of capsule/plant
(Block)	2	3.31 <sup>ns</sup>	1.56*	3.23 <sup>ns</sup>	3.23 <sup>ns</sup>	19.9 <sup>ns</sup>	18.8 <sup>ns</sup>	0.088 <sup>ns</sup>	2.00*	4.57 <sup>ns</sup>	34.0 <sup>ns</sup>	16.1 <sup>ns</sup>	0.723 <sup>ns</sup>	0.707 <sup>ns</sup>													
کپسول (Capsule)	1	1381**	0.501 <sup>ns</sup>	703**	703**	11.2 <sup>ns</sup>	10.9 <sup>ns</sup>	90.5**	42.3**	19.4*	168.2**	121.5*	0.011 <sup>ns</sup>	35.7**													
سولفات آهن (Ferroous sulfate)	2	2.34 <sup>ns</sup>	50.8**	1512**	1512**	1250**	145**	597.5**	75.0**	17.4*	58.1*	3065**	0.079 <sup>ns</sup>	38.9**													
کپسول در سولفات آهن (Capsule × Ferroous sulfate)	2	24.9*	18.6**	89.4**	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	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	7.96	4.62	7.95	6.08	5.86	24.9	7.78	6.49	6.54	11.83													

<sup>ns</sup>, \*, \*\* are nonsignificant and significant in 1% and 5% probability level, respectively. <sup>ns</sup> و \*، \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تعداد کیسول بر ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک اندام کیسول در بوته، تعداد کیسول در بوته، تعداد دانه در کیسول، وزن ۱۰۰۰ 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 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 بوته (Length of branch/plant) (cm)	درصد گره کیسولی (Percent of one capsule)	تک کیسولی (Percent of multiple capsule)	درصد گره چند کیسولی (Percent of multiple capsule)	وزن تازه اندام هوایی (Fresh weight of (g)shoot)	وزن خشک اندام هوایی (Dry weight (g)of shoot)	وزن خشک کیسول (Dry weight of capsule (g)	تعداد دانه در بوته (Number of capsule/plant)	وزن کیسول ۱۰۰۰ دانه (1000 seed weight) (g)	وزن دانه در بوته (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  $\alpha=0.05$  by Duncan test. تفاوت معنی داری با هم ندارند. درصد اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد. تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد. Cap1: one capsule, Cap2: multiple capsule

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف سولفات آهن بر ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، درصد گره تک کیسولی و چند کیسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک اندام کیسول در بوته، تعداد کیسول در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد دانه در کیسول، وزن ۱۰۰۰ 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 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 بوته (Length of branch/plant) (cm)	درصد گره تک کیسولی (Percent of one capsule)	تک کیسولی (Percent of multiple capsule)	درصد گره چند کیسولی (Percent of multiple capsule)	وزن تازه اندام هوایی (Fresh weight of (g)shoot)	وزن خشک اندام هوایی (Dry weight of (g)shoot)	وزن خشک کیسول (Dry weight of capsule (g)	تعداد دانه در بوته (Number of capsule/plant)	وزن کیسول ۱۰۰۰ دانه (1000 seed weight) (g)	وزن دانه در بوته (Seed weight/plant) (g)
Fe1	78.8 <sup>a</sup>	7.16 <sup>b</sup>	20.6 <sup>c</sup>	66.1 <sup>b</sup>	33.8 <sup>b</sup>	34.4 <sup>b</sup>	9.44 <sup>b</sup>	6.02 <sup>ab</sup>	50.7 <sup>b</sup>	50.8 <sup>a</sup>	3.09 <sup>a</sup>	7.58 <sup>b</sup>
Fe2	80.1 <sup>a</sup>	8.83 <sup>a</sup>	51.1 <sup>a</sup>	47.5 <sup>c</sup>	52.8 <sup>a</sup>	50.6 <sup>a</sup>	15.1 <sup>a</sup>	8.16 <sup>a</sup>	86.5 <sup>a</sup>	50.3 <sup>a</sup>	2.86 <sup>a</sup>	10.7 <sup>b</sup>
Fe3	79.3 <sup>a</sup>	3.16 <sup>c</sup>	28.1 <sup>b</sup>	76.1 <sup>a</sup>	24.0 <sup>c</sup>	32.5 <sup>b</sup>	8.97 <sup>b</sup>	4.79 <sup>b</sup>	44.6 <sup>c</sup>	45.2 <sup>b</sup>	2.97 <sup>a</sup>	5.65 <sup>c</sup>

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

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل کپسول در سولفات آهن بر ارتفاع بوته، تعداد و طول شاخه جانبی، درصد گره تک کپسولی و چند کپسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه اندام کپسول در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰ دانه، 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 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 (Length of branch) (cm)	درصد گره تک کپسولی (Percent of one capsule)	درصد گره چند کپسولی (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)		تعداد دانه در کپسول (Number of seed / capsule)	وزن ۱۰۰۰ دانه (seed weight / 1000) (g)	وزن دانه در بوته (Seed weight/plant) (g)
								وزن خشک کپسول (Dry weight of capsule) (g)	تعداد دانه در کپسول (Number of seed / capsule) (g)			
Cap1 × Fe1	67.9 <sup>b</sup>	5.00 <sup>bcd</sup>	13.4 <sup>c</sup>	61.4 <sup>c</sup>	38.6 <sup>c</sup>	31.8 <sup>c</sup>	8.22 <sup>d</sup>	5.71 <sup>b</sup>	54.4 <sup>b</sup>	51.1 <sup>b</sup>	2.84 <sup>b</sup>	7.33 <sup>b</sup>
Cap1 × Fe2	73.2	7.66 <sup>abc</sup>	49.1 <sup>a</sup>	50.9 <sup>d</sup>	49.1 <sup>b</sup>	50.5 <sup>a</sup>	13.1 <sup>b</sup>	6.03 <sup>b</sup>	84.7 <sup>a</sup>	43.8 <sup>cd</sup>	2.98 <sup>ab</sup>	8.18 <sup>b</sup>
Cap1 × Fe3	70.7 <sup>b</sup>	3.66 <sup>cd</sup>	18.6 <sup>d</sup>	79.7 <sup>a</sup>	20.3 <sup>e</sup>	28.6 <sup>c</sup>	7.81 <sup>d</sup>	4.12 <sup>b</sup>	35.0 <sup>d</sup>	42.4 <sup>d</sup>	2.88 <sup>b</sup>	4.18 <sup>c</sup>
Cap2 × Fe1	86.7 <sup>a</sup>	9.33 <sup>ab</sup>	28.0 <sup>c</sup>	70.9 <sup>b</sup>	29.1 <sup>d</sup>	37.1 <sup>b</sup>	10.7 <sup>c</sup>	6.33 <sup>b</sup>	47.1 <sup>c</sup>	50.6 <sup>bc</sup>	3.03 <sup>ab</sup>	7.83 <sup>b</sup>
Cap2 × Fe2	89.9 <sup>a</sup>	10.0 <sup>a</sup>	53.1 <sup>a</sup>	44.2 <sup>c</sup>	55.8 <sup>a</sup>	50.9 <sup>a</sup>	17.5 <sup>a</sup>	10.2 <sup>a</sup>	88.3 <sup>a</sup>	58.3 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	13.2 <sup>a</sup>
Cap2 × Fe3	78.8 <sup>a</sup>	2.67 <sup>d</sup>	37.5 <sup>b</sup>	72.2 <sup>b</sup>	27.7 <sup>d</sup>	36.4 <sup>b</sup>	10.1 <sup>c</sup>	5.46 <sup>b</sup>	54.3 <sup>b</sup>	46.7 <sup>bcd</sup>	2.99 <sup>ab</sup>	7.11 <sup>b</sup>

Means, that have same alphabet are not significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan test. Fe1: 0 ppm, Fe2: 50 ppm, Fe3: 100 ppm from ferrous sulfate; Cap1: one capsule, Cap2: multiple capsule. 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 تک کپسولی و چند کپسولی، وزن تازه اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تازه اندام کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن ۱۰۰۰ دانه 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) (Number of branch)	1											
تعداد شاخه جانبی (Length of branch)	0.172 <sup>ns</sup>	1										
طول شاخه جانبی (Fresh weight of shoot)	0.47*	0.48*	1									
وزن تازه اندام هوایی (Dry weight of shoot)	0.33 <sup>ns</sup>	0.63 <sup>**</sup>	0.91 <sup>**</sup>	1								
وزن خشک اندام هوایی (Dry weight of) (capsule/plant)	0.46 <sup>**</sup>	0.52*	0.89*	0.91*	1							
وزن خشک کپسول در بوته (Number of capsule per plant)	0.38 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	0.55*	0.59*	0.86 <sup>**</sup>	1						
تعداد کپسول در بوته (Number of seed per capsule)	0.15 <sup>ns</sup>	0.53*	0.85 <sup>**</sup>	0.95 <sup>**</sup>	0.87 <sup>**</sup>	0.64 <sup>**</sup>	1					
تعداد دانه در کپسول (1000 seedweight)	0.46*	0.14 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	0.48*	0.55*	0.30 <sup>ns</sup>	1				
وزن هزار دانه (Percent of one capsule)	-0.00 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.16 <sup>ns</sup>	-0.18 <sup>ns</sup>	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.29 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	1			
درصد تک کپسولی (Percent of multiple capsule)	-0.03 <sup>ns</sup>	-0.53*	-0.68 <sup>**</sup>	-0.86 <sup>**</sup>	-0.81 <sup>**</sup>	-0.62 <sup>**</sup>	-0.94 <sup>ns</sup>	-0.38 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	1		
درصد چند کپسولی (Seed weight per plant)	0.02 <sup>ns</sup>	0.53*	0.98 <sup>**</sup>	0.86 <sup>**</sup>	0.81 <sup>**</sup>	0.62 <sup>**</sup>	0.95 <sup>**</sup>	0.38 <sup>ns</sup>	-0.32 <sup>ns</sup>	-0.99 <sup>**</sup>	1	
وزن دانه در بوته	0.48*	0.46*	0.71 <sup>**</sup>	0.77 <sup>**</sup>	0.90 <sup>**</sup>	0.79 <sup>**</sup>	0.80 <sup>**</sup>	0.71 <sup>**</sup>	-0.14 <sup>ns</sup>	0.80 <sup>**</sup>	0.82 <sup>**</sup>	1

<sup>ns</sup>, \*, \*\*, are nonsignificant and significant in 1 and 5 probability level respectively. <sup>ns</sup>, \*\*, \* are best respectively.

و نمو کلروپلاست می‌باشد. نتایج سایر محققان نشان می‌دهد که استفاده از کود آهن‌دار سبب افزایش صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گردیده که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. برای مثال محلول‌پاشی با سولفات آهن 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 نشان داد که استفاده از محلول‌پاشی با کود آهن‌دار با غلظت ۵۰ ppm محتوای نسبی کلروفیل نسبت به شاهد حدود ۳۵/۸ درصد افزایش یافت و زمانی که غلظت کود آهن‌دار به ۱۰۰ ppm 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 ۵۰ ppm و ۱۰۰ ppm نسبت به شاهد به ترتیب حدود ۳۳/۱ و ۴۹/۳ درصد افزایش داشت. Goos and Johanson, 2000 نشان دادند 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 ترکیب کردن آهن با غلظت ۰/۱ ppm 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 ۵۰ ppm سولفات آهن و در تیمار Cap2 به دست آمد. هم‌چنین استفاده از غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن با مقدار ۵۵/۸ درصد و در Cap2 (بذرهای چندکپسولی) بیشترین درصد گره‌های چندکپسولی را تولید کردند. اعمال ۵۰ ppm سولفات آهن در Cap2 سبب افزایش مقدار ۴۱ درصد وزن دانه در بوته نسبت به شاهد در Cap2 شد و به مقدار ۱۳/۲ گرم رسید. به نظر 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 محلول‌پاشی ۵۰ ppm سولفات آهن در افزایش بسیاری از صفات مشاهده شد. افزایش مقدار سولفات آهن سبب کاهش مقدار وزن تازه و خشک اندام هوایی و نیز وزن دانه در بوته گردید که به نظر می‌رسد، مربوط به غلظت سمیت عنصر آهن در گیاه کنگد باشد. هم‌چنین در مطالعه حاضر وزن دانه در بوته با وزن خشک اندام هوایی و تعداد کپسول در بوته هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری (به ترتیب  $r=0/90^{**}$  و  $r=0/80^{**}$ ) داشت. مطالعه Roy et al., 2009 و Rezvani Moghaddam et al., 2004 در کنگد نشان دادند که

وزن خشک اندام هوایی در Cap2 و اعمال ۵۰ ppm سولفات آهن با ۳۹ درصد افزایش نسبت به تیمار صفر سولفات آهن و Cap2 و مقدار ۱۷/۵ گرم بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی را داشت، کمترین مقدار صفت مذکور از تیمار Cap1×Fe1 و با مقدار ۸/۲۲ گرم حاصل شد. هم‌چنین از لحاظ وزن خشک کپسول نیز استفاده از غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن در Cap2 با مقدار ۱۰/۲ گرم بیشترین مقدار به دست آمد (جدول ۴). بیشترین تعداد کپسول در بوته در هر دو تیمار Cap1 و Cap2 از اعمال غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن با مقادیر ۸۴/۷ و ۸۸/۳ عدد به دست آمد و کمترین تعداد کپسول در بوته با ۳۶ درصد کاهش نسبت به تیمار Cap1×Fe1 و به مقدار ۳۵/۰ عدد از تیمار Cap1×Fe3 به دست آمد. صفت تعداد دانه در کپسول در تیمار Cap1 با افزایش غلظت سولفات آهن از صفر به ۱۰۰ ppm کاهش یافت، اما روند در تیمار Cap2 به گونه دیگری است، به طوری که با افزایش غلظت سولفات آهن از صفر به ۵۰ ppm تعداد دانه در کپسول افزایش یافت و با افزایش غلظت به ۱۰۰ ppm از تعداد دانه در کپسول کاسته شد (جدول ۴). روند تغییرات وزن ۱۰۰۰ دانه در اعمال تیمارهای مختلف معنی‌دار بود و بیشترین مقدار آن در اعمال غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن در Cap2 و با مقدار ۳/۲۳ گرم به دست آمد و کمترین مقدار آن در اعمال سطح صفر سولفات آهن و در Cap1 با مقدار ۲/۸۴ گرم حاصل شد. بیشترین و کمترین وزن دانه در بوته به ترتیب از اعمال ۵۰ ppm سولفات آهن در Cap2 و ۱۰۰ ppm سولفات آهن در Cap1 به دست آمد. مقدار افزایش وزن دانه در اعمال ۵۰ ppm سولفات آهن در Cap2 نسبت به شاهد در ۴۲ درصد بود و به مقدار ۱۳/۲ گرم رسید. اعمال سطح ۵۰ ppm و ۱۰۰ ppm در Cap2 وزن دانه در بوته بیشتری نسبت به اعمال هم‌بستگی غلظت‌های سولفات آهن در Cap1 داشت (جدول ۴). نتایج حاصل از ضرایب هم‌بستگی نشان داد که وزن دانه در بوته با درصد گره چندکپسولی در بوته هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری ( $r=0/82^{**}$ ) داشت. هم‌چنین وزن دانه در بوته با وزن خشک اندام هوایی و تعداد کپسول در بوته نیز هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری به ترتیب ( $r=0/90^{**}$ ) و ( $r=0/80^{**}$ ) وجود داشت (جدول ۵). از طرفی، هم‌بستگی درصد گره‌های تک کپسولی با درصد گره‌های چندکپسولی حاکی از وجود هم‌بستگی منفی و بسیار معنی‌دار ( $r=-0/99^{**}$ ) بود و با کاهش درصد گره‌های تک کپسولی، درصد گره‌های چندکپسولی افزایش یافت (جدول ۵).

تحقیقات نشان می‌دهد که بیوسنتز متابولیت‌های گیاهی نه تنها توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌گردد، بلکه هم‌چنین تحت تأثیر عوامل محیطی می‌باشد (Grejtovsky et al., 2000; Naghdi, 2008; Badi et al., 2004; Alloway, 2008). در همین راستا Marschner, 1995 اظهار داشت که آهن جزء بسیار مهمی در بسیاری از متابولیسم‌های گیاهی مانند سنتز کلروفیل، سنتز تیلاکوئید

سولفات آهن افزایش داشت. این افزایش تعداد گره چند کپسولی، سبب افزایش بیشتر وزن دانه در آن‌ها شد و به ترتیب ۸/۱۸ و ۱۳/۲ گرم دانه در بوته را تولید کرد که نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود.

### نتیجه گیری

به طور 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 به دست آمد. بنابراین، هر چند 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 سولفات آهن به عنوان یک ریزمغذی نیز می‌تواند سبب افزایش تعداد کپسول در هر گره برگ شود. با این حال سایر شرایط محیطی نیز بایستی مورد بررسی قرار گیرد.

همبستگی بین تعداد کپسول در بوته با عملکرد کنجد مثبت و معنی‌دار است. هم‌چنین در مطالعات Ghangard *et al.*, 1990، Nezhami *et al.*, 2014 و Suryavanshi *et al.*, 1990، همبستگی قوی بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک کنجد مشاهده کردند. به نظر می‌رسد، 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 نشان داد زمانی که از غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن استفاده شده درصد گره‌های چند کپسولی نسبت به سطح صفر و ۱۰۰ ppm سولفات آهن افزایش داشت. این موضوع در خصوص هر دو نوع تیمار بذر تک کپسولی و چند کپسولی نیز مشاهده شد، به طوری که محلول پاشی با غلظت ۵۰ ppm سولفات آهن در گیاهان حاصل از بذر تک کپسولی و نیز گیاهان حاصل از بذر چند کپسولی، درصد گره‌های چند کپسولی به ترتیب به ۴۹/۱ و ۵۵/۸ درصد رسید که نسبت به سایر سطوح تیمار

### 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  $\delta$ -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.



## 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<sup>1\*</sup>-A. Taiiebi<sup>2</sup>

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 agricutural 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, In 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<sup>-1</sup> 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