

اثر نانوکودهای آهن، منگنز و نیتروژن بر برخی از صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام مختلف کنجد (*Sesamum indicum* L.)

جعفر بختیاری^۱، معصومه ملکی^۱، مجید رستمی^{۲*}

^۱گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

^۲گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۱

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر نانوکودهای آهن، منگنز و نیتروژن بر برخی از صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام کنجد، آزمایشی مزرع‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرع‌ای واقع در شمال غرب شهر دهلران اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل نوع رقم (بومی، دشتستان ۲ و داراب ۱) و نوع محلول‌پاشی نانوکودها (شاهد، منگنز، آهن و نیتروژن) با غلظت دو در هزار بودند. بر اساس نتایج برهمکنش محلول‌پاشی نانوکودها و رقم بر تعداد دانه در کیسول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. مقدار کاروتنوئید و قند محلول گیاه فقط تحت تأثیر تیمار محلول‌پاشی نانوکودها قرار گرفت و بیشترین مقدار کاروتنوئید و قند محلول گیاه در شرایط استفاده از آهن مشاهده شد. بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۱۳۰۵ گرم در مترمربع) در رقم دشتستان ۲ و در تیمار محلول‌پاشی منگنز و کمترین عملکرد بیولوژیک (۳۵۷ گرم در مترمربع) در رقم داراب ۱ و در تیمار شاهد به دست آمد. عملکرد دانه و مقدار کلروفیل *a* تحت تأثیر رقم و محلول‌پاشی قرار گرفت ولی برهم‌کنش تیمارها بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود. بیشترین عملکرد دانه (۲۱۵ گرم در مترمربع) در رقم دشتستان ۲ مشاهده شد و اختلاف معنی‌دار با دو رقم دیگر داشت. بیشترین عملکرد دانه (۱۸۶ گرم در مترمربع) در تیمار نانوکود منگنز مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با تیمار محلول‌پاشی آهن و شاهد (۱۲۳ گرم در مترمربع) داشت. با توجه به نتایج به دست آمده بهترین رقم برای کاشت در منطقه مورد مطالعه رقم دشتستان ۲ است. علاوه بر این اثر نانوکود منگنز در بهبود عملکرد دانه ارقام مختلف کنجد قابل ملاحظه بود به همین دلیل ضمن توصیه این نانوکود برای تغذیه کنجد انجام مطالعات تکمیلی در ارتباط با اثرات این کود پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاهی، قند محلول، عملکرد، کلروفیل، محلول‌پاشی

مقدمه

پتانسیل این گیاه در تحمل خشکی و گرما، کاشت و تولید آن در بسیاری از مناطق گرمسیر کشور همچون استان‌های خوزستان، بوشهر، سیستان و بلوچستان، فارس و سمنان رایج است (Heidari et al., 2016). بر اساس آخرین آمار موجود در سال ۲۰۱۶ کل سطح زیر کشت کنجد در دنیا حدود ۱۰/۶ میلیون هکتار و در ایران بیش از ۶۲ هزار هکتار است. میانگین

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان روغنی مناطق گرمسیری است که دانه آن به دلیل کمیت و کیفیت بالای روغن خوراکی ارزش زیادی دارد (Pathak et al., 2014). با توجه به

*نویسنده مسئول: majidrostami7@yahoo.com

عملکرد کنجد در ایران ۹۰۱ کیلوگرم در هکتار و در جهان ۵۷۷ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2017). پایین بودن عملکرد دانه کنجد در واحد سطح، ضرورت انجام عملیات به‌زراعی بر اساس شرایط محیطی هر منطقه را مورد تأکید قرار می‌دهد (Rezvani Moghadam et al., 2013). از آنجا که در مناطق خشک و نیمه‌خشک (که مراکز اصلی تولید این گیاه در ایران هستند) حلالیت و جذب بسیاری از عناصر غذایی به دلیل کمبود آب کاهش می‌یابد بنابراین مصرف نهاده‌های شیمیایی در خاک باعث اتلاف منابع و آلوده کردن محیط زیست می‌شود، به همین دلیل به نظر می‌رسد که افزایش مقدار جذب عناصر و تغذیه برگی گیاهان در این شرایط کارایی بیشتری داشته باشد. با بهره بردن از فناوری نانو در فرایند تولید کودهای شیمیایی، کارایی مصرف کودها و همچنین عملکرد در واحد سطح افزایش یافته و هزینه‌های تولید، مصرف انرژی و روند تخریب محیط زیست نیز به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد (Naderi et al., 2011) و به دنبال آن امنیت غذایی جامعه نیز تأمین خواهد شد. عناصر غذایی مختلف به روش‌های گوناگونی رشد و عملکرد نهایی گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند. منگنز از طریق اثرگذاری بر انتقال عناصر ضروری همچون آهن و منیزیم به کلروپلاست رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Marschner, 2011). منگنز به‌عنوان یکی از فعال‌کننده‌های آنزیم‌های گیاهی به‌ویژه آنزیم‌های دخیل در واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء، دکربوکسیلاسیون و هیدرولیز نقش مهمی در گیاهان دارد (Farzadfar et al., 2017). آهن نقش اساسی در متابولیسم کلروفیل دارد و به‌عنوان کوفاکتور در بسیاری از آنزیم‌های دخیل در فعالیت‌های سلولی از قبیل فتوسنتز، تنفس و تمایز سلولی شرکت دارد و کمبود آن می‌تواند کارایی اندامک‌های فتوسنتزی را به میزان زیادی کاهش دهد (Bybordy and Mamedov, 2010).

گزارش شده است که محلول‌پاشی آهن با غلظت سه در هزار به‌صورت معنی‌داری باعث عملکرد دانه کنجد را افزایش داد ولی در غلظت‌های بالاتر محلول‌پاشی این عنصر تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد نداشت و حتی باعث کاهش تعداد دانه در کپسول شد (Hassani et al., 2013).

نیترژن یکی از عناصر غذایی پرمصرف است که نقش قابل توجهی در فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان دارد. کارایی مصرف این کود به عوامل مختلفی همچون نوع کود، زمان مصرف و روش استفاده بستگی دارد (Rostami and Ahmadi, 2014). با توجه به این‌که در مورد تأثیر نانوکودها بر گیاه کنجد اطلاعات محدودی وجود دارد آزمایش حاضر با هدف بررسی و مقایسه اثر محلول‌پاشی نانوکودهای مختلف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و عملکرد ارقام مختلف کنجد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به مساحت تقریبی ۱۸۰۰ مترمربع واقع در شمال غرب شهر دهلران در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. بر اساس روش طبقه‌بندی اقلیمی محل اجرای آزمایش دارای اقلیم خشک با میانگین بارندگی سالانه ۲۴۷ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۲۵/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Yaghoobi et al., 2016). فاکتورهای آزمایش شامل کاربرد نانوکودهای مختلف (منگنز، آهن، نیترژن و شاهد) و سه رقم کنجد (دشتستان ۲، داراب ۱ و بومی دهلران) بودند. ارقام کنجد دشتستان ۲ و داراب ۱ تهیه شده از مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان کرمان و رقم بومی از منطقه دهلران تهیه گردیدند. مقدار مصرف نانوکودهای مختلف ۲ کیلوگرم در هکتار بود. محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار لیتر در

یک مترمربع برداشت شد و کل زیست توده بخش هوایی پس از خشک شدن توزین شد. پس از جداسازی و توزین دانه‌ها عملکرد دانه در واحد سطح مشخص شد. شاخص برداشت نیز با محاسبه نسبت بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تعیین و برحسب درصد گزارش شد. به منظور تعیین مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، کلروفیل a، کلروفیل b و همچنین کاروتنوئید به روش اسپکتروفتومتری مورد سنجش قرار گرفتند (Lichtenthaler, 1987). برای این منظور ۰/۲ گرم بافت تر برگ در هاون چینی حاوی ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد سائیده و بر روی کاغذ واتمن صاف گردید. شدت جذب نوری عصاره در طول موج های ۶۶۳/۲، ۶۴۶/۸، و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتر JENUS UV-1200 اندازه‌گیری شد. غلظت این رنگیزه‌ها با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه و بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش گردید:

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll a} &= 12.25 (A_{663.2}) - (2.79 A_{646.8}) \\ \text{Chlorophyll b} &= 21.21 (A_{646.8}) - (5.1 A_{663.2}) \\ \text{Carotenoids} &= (1000A_{470} - 1.8\text{Chl a} - 85.02\text{Chl b})/198 \end{aligned}$$

برای سنجش قندهای محلول از روش Kochert (۱۹۷۸) استفاده شد. در این روش اندازه‌گیری قندهای محلول بر اساس هیدرولیز اسیدی قندهای محلول و ایجاد ترکیب فورفورال است که با فنول تولید یک کمپلکس رنگی می‌کند. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفته و نمودارها را با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم شدند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

ساعات خنک بعد از ظهر صورت گرفت و در تیمار شاهد نیز معادل مقدار محلول‌های مورد استفاده، آب خالص استفاده شد. اولین محلول‌پاشی در زمان ساقه رفتن انجام شد و در دو نوبت با فاصله ۱۰ روز محلول‌پاشی تکرار شد. فاصله ردیف‌های کاشت از یکدیگر ۴۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت برابر با ۳۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. در این پژوهش عملیات کاشت و داشت کنجد مطابق روش مرسوم در منطقه صورت گرفت و قبل از کاشت جهت پیشگیری و مبارزه با بیماری‌های قارچی بذرها را با سم اکسی کلرو مس آغشته و سپس اقدام به کاشت در کرت‌هایی به طول ۱۰ و عرض پنج‌متر گردید. زمین مورد نظر سال قبل به صورت آیش بوده و قبل از کاشت به وسیله گاواهن شخم زده و به وسیله دیسک کلوخه‌های آن خرد شدند. بافت خاک مزرعه لوم رسی شنی^۱ (جدول ۱) و روش آبیاری به صورت غرقابی بود. بذرهاي کنجد در نیمه اول تیرماه سال ۱۳۹۴ به صورت هیرم‌کاری کشت شدند. آبیاری دوم بلافاصله پس از سبز شدن بذرها صورت گرفت و فاصله بین آبیاری‌های بعدی ۱۴ روز در نظر گرفته شد. در این آزمایش از کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار قبل از کاشت و کود اوره هنگام کاشت و همچنین به صورت سرک به میزان ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده شد. به سبب وجود بیماری‌هایی همچون پوسیدگی طوقه و ریشه، شانکر باکتریایی و همچنین بیماری صمغ طوقه‌ای از سموم باکتری‌کش بردوفیکس و سم قارچ‌کش ریدومیل به صورت محلول در آب آبیاری استفاده شد. در پایان فصل با حذف نیم متر از حاشیه هر کرت، ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب شده و تعداد دانه در کیسول و وزن هزار دانه تعیین شد. برای تعیین عملکرد بیولوژیک در واحد سطح بخش هوایی بوته‌های کنجد در مساحتی معادل

1. Sandy Clay Loam

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	اسیدیته	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل استفاده mg/kg	پتاسیم قابل استفاده mg/kg	سیلت (درصد)	شن (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک
۲/۵۷	۷/۹۹	۰/۱۱	۱۰/۹۱	۲۸۵	۱۱/۵	۶۸	۲۰/۵	لوم رسی شنی

محلول پاشی نانوکودهای مختلف بر این صفت، در سطح پنج درصد معنی دار بود. علاوه بر این اثر تیمارهای آزمایشی و همچنین اثر متقابل آنها بر مقدار کلروفیل b معنی دار نشد (جدول ۲).

نتایج
رنگیزه‌های فتوسنتزی: بر اساس نتایج به دست آمده اثر متقابل محلول پاشی نانوکود و رقم بر مقدار کلروفیل a در برگ کنگد معنی دار نبود ولی اثر رقم و همچنین

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مختلف تحت تأثیر رقم، نانوکود و برهمکنش تیمارها

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید
بلوک	۲	۳/۱۶ ^{ns}	۱/۰۴۶ ^{ns}	۰/۰۸۲۷ ^{ns}
رقم	۲	۱۳/۸۲ ^{**}	۳/۰۰۱ ^{ns}	۱/۲۵ ^{ns}
نانوکود	۳	۶/۲۷۵ [*]	۱/۰۱ ^{ns}	۱/۹۸۲ [*]
رقم × نانوکود	۶	۰/۶۶۲ ^{ns}	۱/۰۶۷ ^{ns}	۰/۶۶۵ ^{ns}
خطا	۲۲	۱/۹۵۹	۱/۲۷۹	۰/۶۱۱۳
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۴۷	۴/۵۱	۶/۲۹

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns، غیر معنی دار

ادامه جدول ۲-

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۲۱/۴۹ ^{ns}	۰/۰۳۵۸ ^{ns}	۹۵۳ ^{ns}	۱۲۳۴۸ ^{ns}
رقم	۲	۸۸/۹۵ ^{**}	۰/۵۰۷ ^{**}	۲۱۹۶۰ ^{**}	۸۹۰۴۶ [*]
محلول پاشی	۳	۵۸/۷۹ ^{**}	۰/۰۲۳۶ ^{ns}	۱۲۳۶۳ [*]	۱۱۶۳۷۰ ^{**}
رقم × محلول پاشی	۶	۳۱/۶۲ [*]	۰/۰۲۰۸ [*]	۷۶۲ ^{ns}	۱۰۲۳۳۰ ^{**}
خطا	۲۲	۹/۱۰۹	۰/۰۲۴۵۷	۳۴۲۳	۲۰۱۸۷
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۸۸	۸/۹۳	۱۷/۹	۱۵/۴

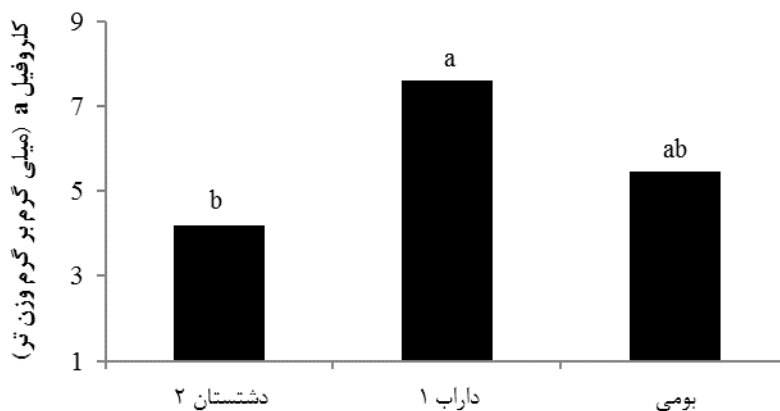
* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns، غیر معنی دار

مشاهده شد. بین رقم بومی و رقم داراب ۱ از لحاظ مقدار کلروفیل a اختلاف معنی داری دیده نشد (شکل ۱). بیشترین مقدار کلروفیل a (۶/۱۶) میلی گرم بر گرم

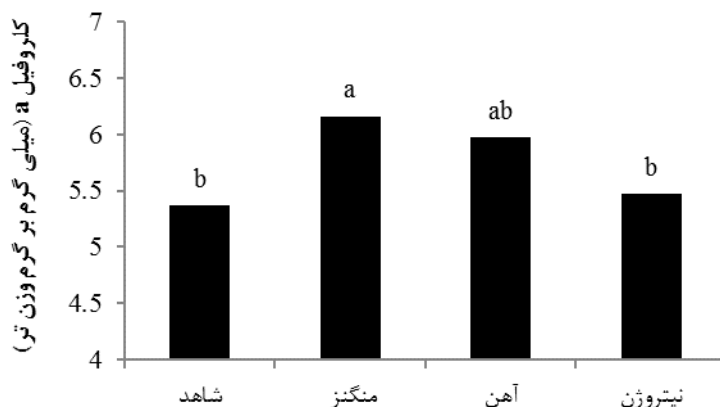
بیشترین مقدار کلروفیل a (۷/۶۱) میلی گرم بر گرم وزن تر) در رقم داراب ۱ و کمترین مقدار کلروفیل a (۴/۱۹) میلی گرم بر گرم وزن تر) در رقم دشتستان ۲

مشاهده شد با این حال تیمار شاهد از نظر مقدار کلروفیل a فقط با تیمار محلول پاشی نانوکود منگنز اختلاف معنی داری داشت (شکل ۲).

وزن تر) در تیمار محلول پاشی نانوکود منگنز مشاهده شد ولی تفاوت این تیمار با تیمار نانوکود آهن از نظر مقدار کلروفیل a معنی دار نبود. کمترین مقدار کلروفیل a (۵/۳۷ میلی گرم بر گرم وزن تر) نیز در تیمار شاهد



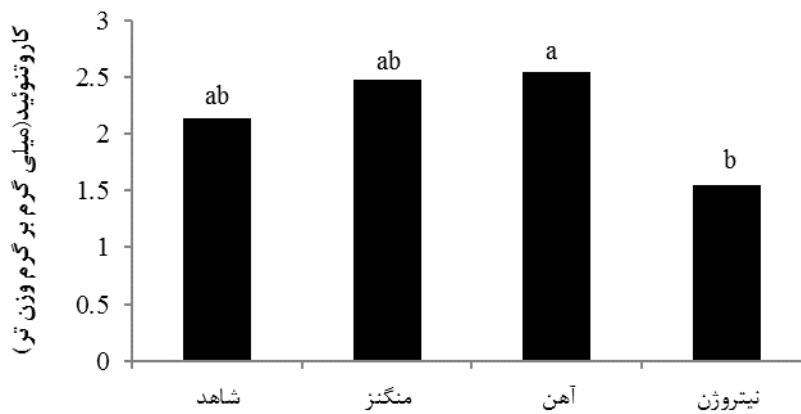
شکل ۱: میانگین کلروفیل a در ارقام مختلف کنجد



شکل ۲: اثر ساده محلول پاشی نانوکودها بر مقدار کلروفیل a

کمترین مقدار کاروتنوئید (۱/۵۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) در شرایط استفاده از نانوکود نیتروژن مشاهده گردید. بین نانوکودهای منگنز (۲/۴۸ میلی گرم بر گرم وزن تر) و شاهد (۲/۱۴ میلی گرم بر گرم وزن تر) از نظر مقدار کاروتنوئید با یکدیگر و با نانوکود آهن اختلاف معنی داری دیده نشده است (شکل ۳).

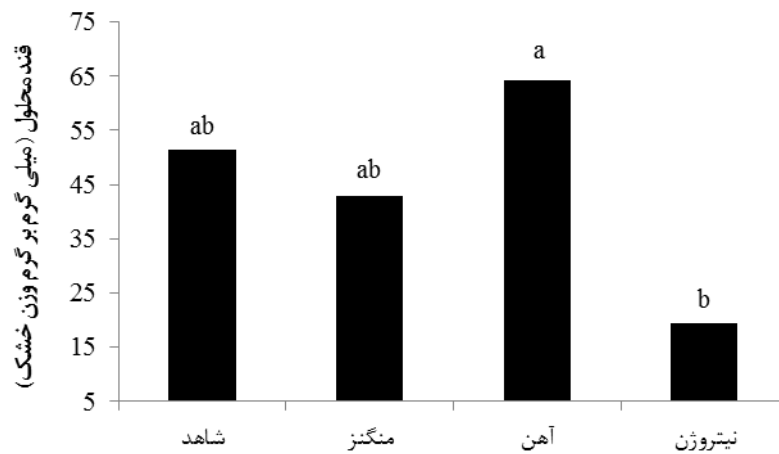
کاروتنوئید: بر اساس نتایج به دست آمده اثر متقابل نانوکود و رقم و همچنین اثر ساده رقم بر مقدار کاروتنوئید برگ در سطح پنج درصد معنی دار نبود در حالی که اثر محلول پاشی نانوکودها بر مقدار کاروتنوئید بوته کنجد در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین مقدار کاروتنوئید (۲/۵۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) در تیمار نانوکود آهن و



شکل ۳: اثر ساده محلول پاشی نانوکودها بر مقدار کاروتنوئید برگ

مقدار (۱۹/۲۸ میلی گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار نانوکود نیتروژن مشاهده شد. مقدار قند محلول در تیمارهای نانوکود منگنز (۴۲/۶۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و شاهد (۵۱/۴۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک) با تیمار نانوکود آهن اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴).

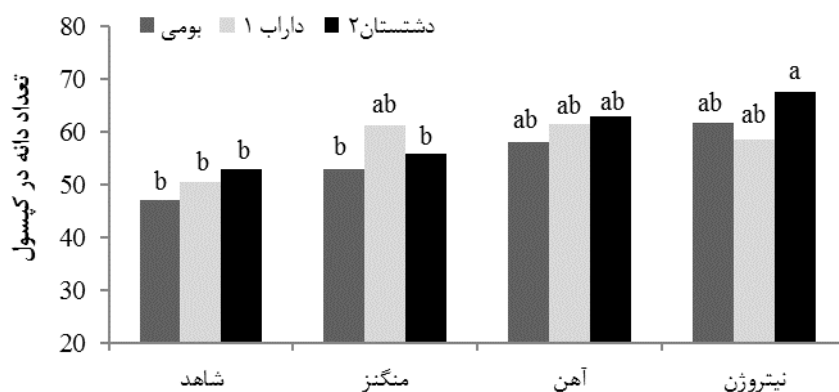
قند محلول: اثر متقابل نانوکود و رقم و همچنین اثر ساده رقم بر مقدار قند محلول گیاه در سطح پنج درصد معنی دار نشد ولی اثر محلول پاشی نانوکودها بر این صفت در سطح ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین مقدار قند محلول (۶۴/۳۱ میلی گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار نانوکود آهن و کمترین



شکل ۴: اثر ساده محلول پاشی نانوکودها بر مقدار قند محلول برگ

دشتستان ۲ با تیمار نانوکود نیتروژن و کمترین تعداد دانه در کپسول (۴۷/۱ دانه) در رقم بومی با تیمار شاهد دیده شد (شکل ۵).

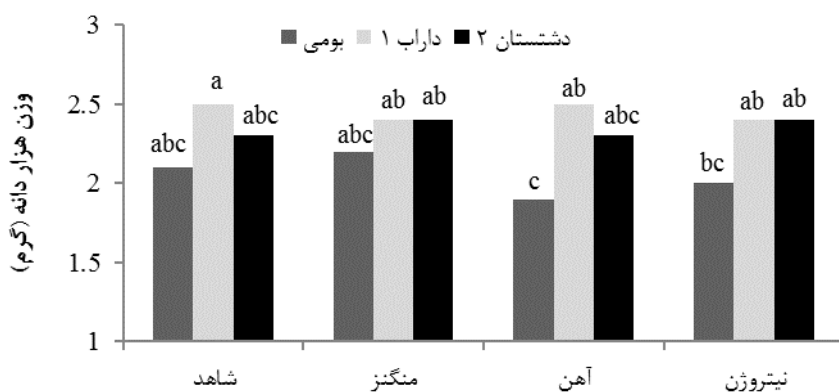
تعداد دانه در کپسول: بر اساس نتایج به دست آمده اثر متقابل نانوکود و رقم بر تعداد دانه در کپسول در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در کپسول (۶۷/۷ دانه) مربوط به رقم



شکل ۵: اثر متقابل کود و رقم بر تعداد دانه کنگد در کپسول

داراب ۱ با تیمار شاهد و کمترین مقدار وزن هزار دانه (۱/۹ گرم) در رقم بومی با کاربرد نانوکود آهن به دست آمد (شکل ۶).

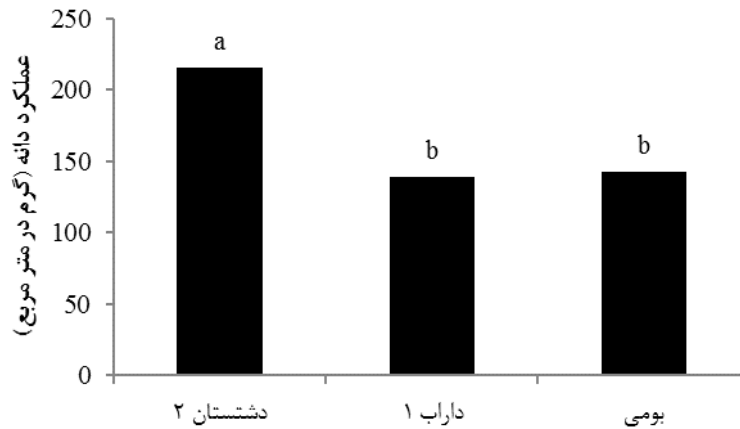
وزن هزار دانه: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل نانوکود و رقم بر وزن هزار دانه کنگد در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). بر این اساس بیشترین وزن هزار دانه (۲/۵ گرم) در رقم



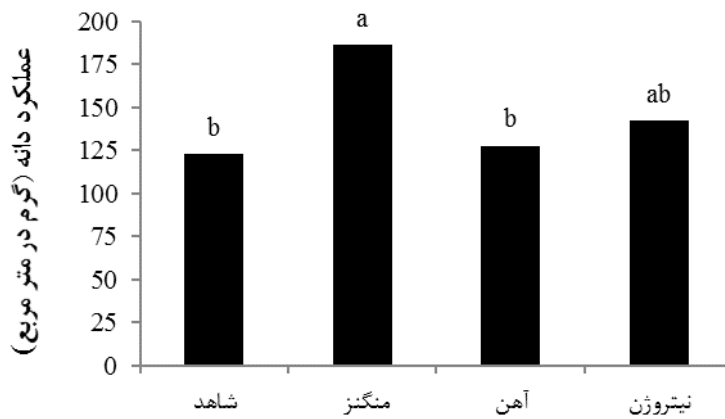
شکل ۶: اثر متقابل کود و رقم بر وزن هزار دانه کنگد

بومی از نظر مقدار عملکرد دانه با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند (شکل ۷). بیشترین مقدار عملکرد دانه (۱۸۶ گرم در مترمربع) در تیمار نانوکود منگنز و کمترین عملکرد دانه (۱۲۳ گرم در مترمربع) در تیمار شاهد مشاهده شد با این حال عملکرد دانه در تیمار محلول پاشی نانوکود آهن (۱۲۸ گرم در مترمربع) با تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۸).

عملکرد دانه: بر اساس نتایج آزمایش اثر متقابل نانوکود و رقم بر عملکرد دانه کنگد در سطح پنج درصد معنی دار نشد در حالی که اثر ساده رقم و اثر ساده نانوکودها بر این صفت در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین مقدار عملکرد دانه (۲۱۵ گرم در مترمربع) در رقم دشتستان ۲ و کمترین مقدار عملکرد دانه (۱۳۹ گرم در مترمربع) در رقم داراب ۱ مشاهده شد با این وجود دو رقم داراب ۱ و



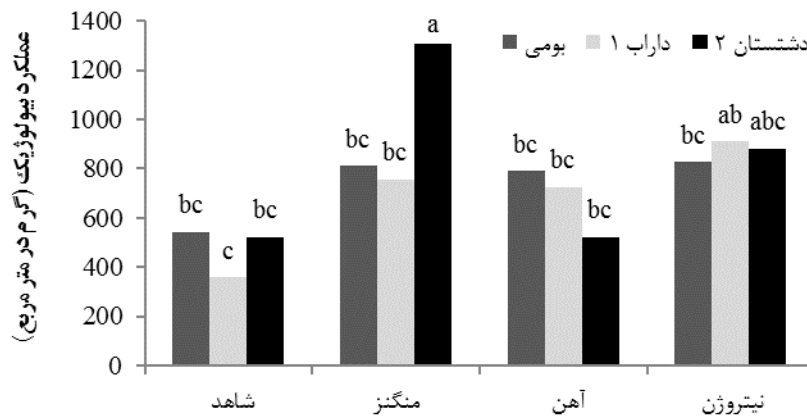
شکل ۷: میانگین عملکرد دانه ارقام مختلف کنجد



شکل ۸: اثر ساده محلول پاشی نانوکودها بر عملکرد دانه کنجد

عملکرد بیولوژیک: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل نانوکود و رقم بر عملکرد بیولوژیک کنجد در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۳۰۵ گرم در مترمربع) در رقم دشتستان ۲ با کاربرد نانوکود منگنز و کمترین عملکرد بیولوژیک (۳۵۷ گرم در مترمربع) در رقم داراب ۱ با تیمار شاهد اندازه گیری شد (شکل ۹).

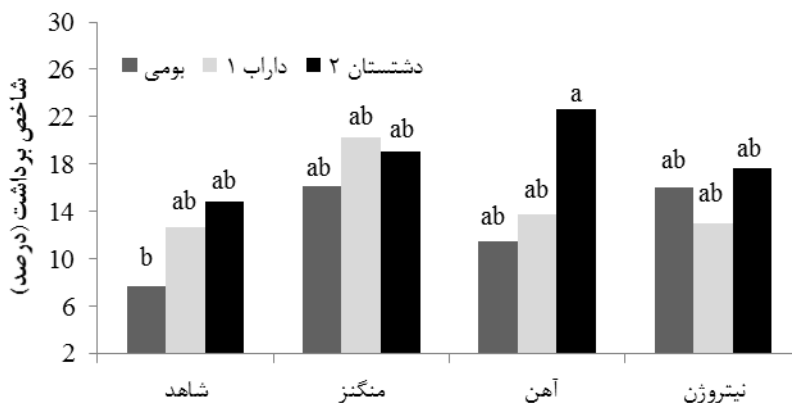
شکل ۹: اثر متقابل کود و رقم بر عملکرد بیولوژیک کنجد



شکل ۹: اثر متقابل کود و رقم بر عملکرد بیولوژیک کنجد

شاخص برداشت (۲۲/۶ درصد) برای رقم دشتستان ۲ با تیمار نانوکود آهن و کمترین آن (۷/۷) برای رقم بومی با تیمار شاهد محاسبه شد (شکل ۱۰).

شاخص برداشت: بر اساس نتایج این آزمایش اثر متقابل نانوکود و رقم بر شاخص برداشت دانه کنجد در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲). بیشترین



شکل ۱۰: اثر متقابل کود و رقم بر شاخص برداشت کنجد

تنفس گیاهان برخوردار است. اولین آثار کمبود آهن بر ساختار و عملکرد کلروپلاست است؛ بنابراین در شرایط کمبود آهن، کاهش محتوای آهن برگ با کاهش محسوس مقدار کلروفیل همراه است (Briat et al., 2015). در آزمایش حاضر کاربرد هر سه نوع نانوکود باعث شد که مقدار کلروفیل a در مقایسه با شاهد افزایش یابد ولی در تیمارهای منگنز و آهن اثر مثبت بیشتری مشاهده شد. به نظر می‌رسد بخشی از این تفاوت مشاهده شده مربوط به میزان مصرف این عناصر بوده است زیرا عناصر کم مصرف در غلظت کمتری مصرف می‌شوند در حالی که عناصر پرمصرف همچون نیتروژن باید به میزان بیشتری مصرف شوند تا اثرات مثبت آن‌ها آشکار شود. کاروتنوئیدها رنگ‌دانه‌های کمکی‌اند که در جذب و انتقال نور تأثیر دارند و حفاظت‌کننده‌های کلروفیل در طی فرایند اکسیداسیون نوری محسوب می‌شوند. کاروتنوئیدها از راه برگشت‌پذیر با رادیکال‌های اکسیژن و تشکیل زاتوفیل مانع تخریب کلروفیل‌ها می‌شوند (Mohamed and Aly, 2008).

در آزمایش حاضر فقط کاربرد نانوکود آهن باعث افزایش مقدار قند محلول گیاه شد باین وجود اختلاف

بحث

اگرچه در مورد اثرات مثبت عناصر غذایی نیتروژن، آهن و منگنز بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان شکی وجود ندارد با این وجود به نظر می‌رسد که میزان اثرات مثبت به عوامل متعددی همچون مقدار مصرف، زمان مصرف و گونه گیاهی بستگی دارد (Marschner, 2011). در آزمایش حاضر کاربرد منگنز باعث شد مقدار کلروفیل a در مقایسه با تیمار شاهد به صورت معنی‌داری افزایش یابد. منگنز از طریق تأثیر بر آنزیم‌های خاص نقش اساسی در سلامت کلروپلاست، ساخته شدن کلروفیل و به دنبال آن تعیین ظرفیت فتوسنتزی گیاه دارد (Fernando and Lynch, 2015). پژوهشگران دیگر نیز به اثرات مثبت کاربرد منگنز بر افزایش مقدار کلروفیل برگ اشاره کرده‌اند (Arya and Roy, 2011). با این وجود گزارش شده است که در سطوح بالاتر کاربرد منگنز به دلیل اثرات سمیت این عنصر است مقدار کلروفیل برگ کاهش یابد (Santos et al., 2017). در بین عناصر ریز مغذی، آهن عنصری ضروری برای رشد و نمو گیاهان است که نقش کلیدی در تشکیل کلروفیل و فتوسنتز داشته و از اهمیت زیادی در سیستم آنزیمی و

مشاهده شده معنی دار نبود. گزارش شده است که مصرف کلات آهن در شرایط آبیاری مطلوب تأثیر مثبتی بر افزایش فندهای محلول در گیاه گلرنگ داشته است (Fathi Amirkhiz et al., 2015). نتایج پژوهشگران دیگر نیز نشان داد که کاربرد کود آهن باعث افزایش معنی دار مقدار قند محلول در ساقه و ریشه گیاه برنج شد (Shomali et al., 2007). کاربرد منگنز و نیتروژن باعث شد که مقدار قند محلول در مقایسه با شاهد کاهش یابد هرچند که مقدار کاهش قند محلول در این دو تیمار معنی دار نبود. گزارش شده است که حضور منگنز در سیتوزول سلول‌های برگ باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده فندهای محلول و آنزیم ساکارز سنتتاز می‌شود. در این شرایط مصرف قندها برای ساخته شدن پروتئین‌ها و پلی‌پپتیدها موجب کاهش غلظت قند می‌شود (Lidon and Teixeira, 2000) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

کاربرد هر سه نوع نانوکود باعث شد که تعداد دانه در کپسول در همه ارقام در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یابد. افزایش تعداد دانه در کپسول می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد کنگد داشته باشد. پژوهشگران با مطالعه تأثیر کودهای شیمیایی و کودهای زیستی در گیاه کنگد به این نتیجه رسیدند که کاربرد هر دو نوع کود به‌ویژه کود نیتروژن باعث افزایش تعداد دانه در کپسول شد (Shakeri et al., 2012). در تحقیق حاضر نیز بیشترین تعداد دانه در کپسول (در رقم دشتستان ۲ و رقم بومی) در شرایط کاربرد نانوکود نیتروژن مشاهده شد. با این وجود نتایج پژوهشگران دیگر (Saeedi, 2008) نشان داد که کاربرد عناصر غذایی مختلف از جمله نیتروژن، آهن و منگنز تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در کپسول و سایر اجزای عملکرد نداشت که با نتایج آزمایش حاضر مغایرت داشت. با توجه به این‌که گیاه کنگد رشد نامحدود است و فرایند گلدهی و تشکیل دانه در آن در طول فصل رشد تداوم دارد، معمولاً به دلیل شرایط نامساعد محیط از جمله کاهش رطوبت قابل دسترس و افزایش دما در انتهای فصل فرایند رشد و نمو گیاه تحت تأثیر قرار گرفته و در صورت عدم بهبود شرایط تعداد دانه کمتری تشکیل خواهد شد. به نظر می‌رسد که میزان تأثیر عناصر غذایی بر عملکرد و اجزای عملکرد علاوه بر اینکه به نوع رقم بستگی دارد بلکه به سایر عوامل محیطی از جمله ویژگی‌های خاک بستگی دارد. در آزمایش حاضر در هیچ‌یک از ارقام مورد بررسی کاربرد نانوکودهای مختلف باعث تغییر معنی دار وزن هزار دانه نشد. پژوهشگران با مطالعه اثر کودهای شیمیایی و آلی بر روی سه رقم کنگد گزارش کردند که ترکیبات کودی مختلف از جمله نیتروژن، فسفر و پتاسیم تأثیر معنی داری بر وزن هزار دانه کنگد نداشت (and Fazeli Kakhki, 2014). Goldani). وزن هزار دانه مستقیماً تحت تأثیر جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده‌افشانی است و این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها و یا کپسول‌ها تأمین شوند (Ahmadi and Bahrani, 2009). Malik و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که افزایش میزان مصرف نیتروژن تعداد بذر در کپسول و وزن هزار دانه کنگد به‌صورت معنی داری افزایش یافت؛ اما Ahmadi و Bahrani (۲۰۰۹) گزارش کردند که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن تأثیر معنی داری بر وزن هزار دانه کنگد نداشت. عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل محیطی و رقم قرار می‌گیرد (Pereira et al., 2000). کاربرد هر سه نوع نانوکود باعث شد عملکرد دانه در مقایسه با شاهد افزایش یابد ولی فقط تأثیر منگنز بر این صفت معنی دار بود. اثرات مثبت و معنی دار کاربرد کود شیمیایی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کنگد توسط

مشاهده شده معنی دار نبود. گزارش شده است که مصرف کلات آهن در شرایط آبیاری مطلوب تأثیر مثبتی بر افزایش فندهای محلول در گیاه گلرنگ داشته است (Fathi Amirkhiz et al., 2015). نتایج پژوهشگران دیگر نیز نشان داد که کاربرد کود آهن باعث افزایش معنی دار مقدار قند محلول در ساقه و ریشه گیاه برنج شد (Shomali et al., 2007). کاربرد منگنز و نیتروژن باعث شد که مقدار قند محلول در مقایسه با شاهد کاهش یابد هرچند که مقدار کاهش قند محلول در این دو تیمار معنی دار نبود. گزارش شده است که حضور منگنز در سیتوزول سلول‌های برگ باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده فندهای محلول و آنزیم ساکارز سنتتاز می‌شود. در این شرایط مصرف قندها برای ساخته شدن پروتئین‌ها و پلی‌پپتیدها موجب کاهش غلظت قند می‌شود (Lidon and Teixeira, 2000) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

کاربرد هر سه نوع نانوکود باعث شد که تعداد دانه در کپسول در همه ارقام در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یابد. افزایش تعداد دانه در کپسول می‌تواند نقش مهمی در افزایش عملکرد کنگد داشته باشد. پژوهشگران با مطالعه تأثیر کودهای شیمیایی و کودهای زیستی در گیاه کنگد به این نتیجه رسیدند که کاربرد هر دو نوع کود به‌ویژه کود نیتروژن باعث افزایش تعداد دانه در کپسول شد (Shakeri et al., 2012). در تحقیق حاضر نیز بیشترین تعداد دانه در کپسول (در رقم دشتستان ۲ و رقم بومی) در شرایط کاربرد نانوکود نیتروژن مشاهده شد. با این وجود نتایج پژوهشگران دیگر (Saeedi, 2008) نشان داد که کاربرد عناصر غذایی مختلف از جمله نیتروژن، آهن و منگنز تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در کپسول و سایر اجزای عملکرد نداشت که با نتایج آزمایش حاضر مغایرت داشت. با توجه به این‌که گیاه کنگد رشد

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کنگد داشت ولی بیشترین مقدار شاخص برداشت مربوط به این تیمار نبود زیرا اثرات مثبت منگنز بر عملکرد بیولوژیک بیشتر از اثرات مثبت این کود بر عملکرد دانه بوده است.

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر برهمکنش رقم و نانوکودهای مختلف بر برخی از صفات مورد بررسی از جمله مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی، مقدار قند محلول و همچنین عملکرد دانه معنی دار نبود. استفاده از هر سه نانوکود باعث شد که مقدار کلروفیل a و عملکرد دانه کنگد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یابد. با این وجود در همه موارد تغییرات مثبت مشاهده شده معنی دار نبودند. نانوکود آهن کمترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشت ولی در تیمار نانوکود منگنز بیشترین مقدار عملکرد دانه و همچنین کلروفیل a مشاهده شد به همین دلیل برای کاشت در منطقه مورد مطالعه رقم دشتستان ۲ نسبت به رقم داراب ۱ و توده محلی دهلران ارجحیت دارد به نظر می‌رسد که توجه بیشتر به تغذیه معدنی گیاه کنگد و به‌ویژه استفاده مناسب از عنصر منگنز می‌تواند اثرات سودمندی بر عملکرد و تولید این دانه روغنی داشته باشد.

پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Ahmadi and Bahrani, 2009). همانند آنچه در مورد عملکرد دانه مشاهده شد تأثیر نانوکودها بر عملکرد بیولوژیک نیز مثبت بود با این وجود اثرات مثبت منگنز و نیتروژن در مقایسه با آهن بیشتر بود. نیتروژن علاوه بر شرکت در ساختمان پروتئین‌ها، قسمتی از کلروفیل را نیز تشکیل می‌دهد به همین دلیل افزایش نیتروژن سبب ماندن برگ‌ها و افزایش رشد گیاه و در نتیجه افزایش ماده خشک گیاه می‌شود. نتایج آزمایش‌های انجام شده توسط سایر پژوهشگران نیز مؤید اثرات مثبت استفاده از منگنز بر میزان رشد رویشی و وزن خشک گیاه است (Motamed, 2005; Pahlavan Rad et al., 2008). شاخص برداشت گیاه بیانگر درصد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی گیاه به دانه‌ها است و از تقسیم عملکرد دانه کنگد به عملکرد بیولوژیک به دست می‌آید و می‌توان این شاخص را از طریق بهبود و افزایش سهم عملکرد دانه از کل ماده خشک تولیدی افزایش داد. با این حال در بررسی این صفت باید به تغییرات عملکرد نیز توجه کرد زیرا در برخی شرایط کاهش شاخص برداشت ممکن است به دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک (مخرج کسر در فرمول محاسبه این شاخص) باشد و عملکرد دانه (صورت کسر) تغییر نیافته باشد. در این آزمایش با وجود این که نانوکود منگنز بیشترین تأثیر را بر

References

- Ahmadi, M. and Bahrani, M. (2009).** Effect of nitrogen fertilizer on yield and yield components of three sesame cultivars in Bushehr Province. *Journal of Water and Soil Science*. 13(48):123-131. (In Persian).
- Arya, S.K. and Roy, B.K. (2011).** Manganese induced changes in growth, chlorophyll content and antioxidants activity in seedlings of broad bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Environmental Biology*. 32(6): 707-711.

- Briat, J.F., Dubos, C. and Gaymard, F. (2015).** Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. *Trends in Plant Scienc*. 20(1): 33-40.
- Bybordy, A. and Mamedov, G. (2010).** Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*. 2(1): 94-103.
- Farzadfar, S., Zarinkamar, F. and Hojati, M. (2017).** Magnesium and manganese affect photosynthesis, essential oil composition and phenolic

- compounds of *Tanacetum parthenium*. Plant Physiology and Biochemistry. 112: 207-217.
- Fathi Amirkhiz, K., Amini Dehaghi, M. and Heshmati, S. (2015).** Study the effect of iron chelate on chlorophyll content, photochemical efficiency and some biochemical traits in Safflower under deficit irrigation condition. Iranian Journal of Field Crop Science. 46: 137-145. (In Persian).
- Fernando, D.R. and Lynch, J.P. (2015).** Manganese phytotoxicity: new light on an old problem. Annals of Botany. 116(3): 313-319.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2017).** FAOSTAT Database. Available at Web site <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Accessed: 31 December 2017).
- Goldani, M. and Fazeli Kakhki, F. (2014).** Evaluation of Effect of chemical and organic fertilizers on growth characteristics, yield and yield components of three sesame ecotypes (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 12(1): 127-136. (In Persian).
- Hassani, M., Haidari, M. and Barzegar, M. (2013).** Investigation iron and sulfur fertilizer effect on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) under drought stress conditions in Gotvand. Crop Physiology Journal. 4(16): 33-42. (In Persian).
- Heidari, M., Goleg, M., Ghorbani, H. and Baradarn Firozabad, M. (2016).** Effect of drought stress and foliar application of iron oxide nanoparticles on grain yield, ion content and photosynthetic pigments in sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Filed Crop Science. 46(4): 619-628. (In Persian).
- Kochert, G. (1978).** Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. Handbook of physiological methods. 2: 95-97.
- Lichtenthaler, H.K. (1987).** Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148: 350-382.
- Lidon, F.C. and Teixeira, M.G. (2000).** Oxy radicals production and control in the chloroplast of Mn-treated rice. Plant Science. 152(1): 7-15.
- Malik, M.A., Saleem, M.F., Cheema, M.A. and Ahmed, S. (2003).** Influence of different nitrogen levels on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. International Journal of Agriculture and Biology. 5(4): 490-492.
- Marschner, H. (2011).** Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press.
- Mohamed, A.A. and Aly, A.A. (2008).** Alterations of some secondary metabolites and enzymes activity by using exogenous antioxidant compound in onion plants grown under seawater salt stress. American-Eurasian Journal of Scientific Research. 3(2): 139-146.
- Motamed, A. (2005).** Effect of Zn, Mn and Fe fertilizers on quantitative and qualitative yield of bread wheat cultivar Pishtaz. Seed and Plant Improvement Journal. 21(4): 631-634. (In Persian).
- Naderi, M., Danesh Shahraki, A.A. and Naderi, R. (2011).** Application of nanotechnology in the optimization of formulation of chemical fertilizers. Iranian Journal of Nanotechnology. 12: 16-23. (In Persian).
- Pahlavan Rad, M.R., Keykha, Gh. and narooyirad, M.R. (2008).** Effect of Zinc ,Iron and Manganese on the yield, yield components, concentration and uptake of nutrient elements in Wheat Seeds. Pajouhesh & Sazandegi. 79: 142-150. (In Persian).
- Pathak, N., Rai, A.K. Kumari, R. Thapa, A. and Bhat, K.V. (2014).** Sesame crop: an underexploited oilseed holds tremendous potential for enhanced food value. Agricultural Sciences. 5(6): 519-529.
- Pereira, M.L., Trapani, N. and Sadras, V.O. (2000).** Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995: Part III. Dry matter partitioning and grain composition. Field Crops Research. 67(3): 215-221.
- Rezvani Moghaddam, P., Saburi, A., Mohamad Abadi, A.A. and Moradi, R. (2013).** Effect of Chemical Fertilizer,

- Cow Manure and Municipal Compost on Yield, Yield Components and Oil Quantity of three Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivars in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research. 11(2): 241-250. (In Persian).
- Rostami, M. and Ahmadi, A.R. (2014).** Investigation the effect of nitrogen forms and split fertilization on grain yield and nitrogen content of two corn hybrids. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 10: 40-46. (In Persian).
- Saeidi, G.h. (2008).** Effect of some macro and micronutrients on seed yield and other agronomic traits of sesame in Isfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 12(45): 379-390. (In Persian).
- Santos, E.F., Santini, J.M.K. Paixão, A.P., Júnior, E.F. Lavres, J. Campos, M. and dos Reis, A.R. (2017).** Physiological highlights of manganese toxicity symptoms in soybean plants: Mn toxicity responses. Plant Physiology and Biochemistry. 113: 6-19.
- Shakeri, A., Amini Dehchi, M., Tabatabaei, S.A. and Modares Sanavi, S.A.M. (2012).** Effect of Chemical Fertilizer and Biofertilizer on Seed Yield, its Components, Oil and Protein Percent in Sesame Varieties. Journal of Sustainable. Agriculture and Production Science. 22(1): 71-85. (In Persian).
- Shomali, R., Abdulzadeh, A., Hadadchi, G.R. and Sadeghipour, H.R. (2007).** Effect of different potassium and iron concentration on growth, ion contents and some biochemical parameters in rice (var. tarem). Journal of Agricultural Science and Natural Resources. 14(5): 64-77. (In Persian).
- Yaghoobi, S., Faramarzi, M., Karimi, H. and Sarvarian, J. (2016).** Assessment of efficiency of artificial neural network in predicting the trend of desertification processes by using GIS (Case study: Dehloran plain, Ilam). Journal of RS and GIS for Natural Resources. 24: 61-77. (In Persian).