University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Effect of Vermicompost and Boron Fertilizer on Growth, Yield and Uptake of Nitrogen and Boron in Safflower (*Carthamus tinctorious* L.)

Somayyeh Chenany[1] | Mohammad Reza Moradi-Telavat[2]✉ | Ali Moshattati[3]

1. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran. Email: chenany.s@asnrukh.ac.ir
2. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran. Email: moraditelavat@asnrukh.ac.ir
3. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran. Email: alimoshatati@asnrukh.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 6 October 2020
Received in revised form: 25 September 2022
Accepted: 22 October 2022
Published online: 24 June 2023

Keywords:
Boric acid,
Harvest index,
Leaf area index,
Oilseed plant,
Stigma yield.

ABSTRACT

To investigate the effect of different levels of vermicompost and boron on safflower grain and oil yield, a factorial experiment is conducted in a randomized complete block design with four replications in the 2016-17 crop year at the research farm of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. Experimental factors include four levels of vermicompost (0, 4, 8, and 12 tons per hectare) and four boron levels (0, 3, 6, and 9 kg per hectare) from the source of boric acid (H_3BO_3) as soil application. The results show that the effect of vermicompost on most of the measured traits has been significant. Accordingly, biological yield and yield components including number of capitols per square meter, grain per capitol, and 1000-grain weight have increased significantly to the highest level of vermicompost consumption. The effect of boron on grain number per capitol, grain yield, biological yield, stigma yield, harvest index, oil yield, and grain protein percentage is significant. The interaction effect of vermicompost and boron on grain yield, harvest index, oil yield, grain protein percentage, and nitrogen uptake per unit aera is significant. Comparison of means show that the highest grain yield (3184 kg/ha) and the highest oil yield (939 kh/ha) are obtained in the treatment of 12 tons of vermiompost and 3 kg of boron per hectare. In both cases, grain and oil yield per unit area show a 100% increase, compared to the control treatment.

Cite this article: Chenany, S., Moradi-Telavat, M. R., & Ali, M. (2023). Effect of Vermicompost and Boron Fertilizer on Growth, Yield and Uptake of Nitrogen and Boron in Safflower (*Carthamus tinctorious* L.). *Journal of Crops Improvement*, 25 (2), 369-385. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.311365.2459

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.311365.2459

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

تأثیر کودهای ورمی‌کمپوست و بور بر رشد، عملکرد و جذب عناصر نیتروژن و بور در گلرنگ (*Carthamus tinctorious* L.)

سمیه چنانی[۱] | محمدرضا مرادی تلاوت[۲] ✉ | علی مشتطی[۳]

۱. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: chenany.s@asnrukh.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: moraditelavat@asnrukh.ac.ir

۳. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: alimoshatati@asnrukh.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۷/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۷/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۰۳

کلیدواژه‌ها:

بوریک‌اسید،

شاخص برداشت،

شاخص سطح برگ،

عملکرد کلاله،

گیاه روغنی.

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و بور بر عملکرد دانه و روغن گلرنگ، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح ورمی‌کمپوست (صفر، ۴، ۸ و ۱۲ تن در هکتار) و چهار سطح عنصر بور (صفر، ۳، ۶ و ۹ کیلوگرم در هکتار) از منبع بوریک‌اسید (H_3BO_3) به‌صورت خاک کاربرد بود. نتایج نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست بر اغلب صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود. بر این اساس، عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد شامل تعداد طبق در مترمربع، دانه در طبق و وزن هزاردانه تا بالاترین سطح مصرف ورمی‌کمپوست، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. اثر بور نیز بر صفات تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد کلاله شاخص برداشت، عملکرد روغن و درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد. اثر متقابل ورمی‌کمپوست و بور بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن و درصد پروتئین دانه معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۱۸۴ کیلوگرم در هکتار) و بیش‌ترین عملکرد روغن (۹۳۹ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۳ کیلوگرم بور در هکتار حاصل شد، که در هر دو مورد عملکرد دانه و روغن در واحد سطح افزایش بیش از صددرصدی در مقایسه با تیمار شاهد را نشان داد.

استناد: چنانی، سمیه؛ مرادی تلاوت، محمدرضا و مشتطی، علی (۱۴۰۲). تأثیر کودهای ورمی‌کمپوست و بور بر رشد، عملکرد و جذب عناصر نیتروژن و بور در گلرنگ (*Carthamus tinctorious* L.). *مجله به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۲)، ۳۶۹-۳۸۵. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.311365.2459

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2022.311365.2459

۱. مقدمه

پس از کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها به‌عنوان دومین منبع انرژی در تغذیه روزانه انسان اهمیت دارند. هم‌چنین اهمیت و نیاز به دانه‌های روغنی در جهان به‌دلیل رشد جمعیت، بهبود سطح تغذیه، جایگزین‌شدن مصرف روغن‌های گیاهی در مصرف روزانه و افزایش مصرف کنجاله دانه‌های روغنی در تغذیه دام و طیور، افزایش یافته است. به‌علاوه، سالانه حدود ۹۰ درصد از مواد اولیه تهیه روغن از خارج کشور وارد می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۹۱). در بین گیاهان دانه روغنی، گلرنگ به‌دلیل داشتن دانه حاوی حدود ۳۰ تا ۴۰ درصد روغن، کیفیت روغن مطلوب، تحمل بالای تنش‌های غیرزیستی مانند خشکی، شوری و گرما و داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه سازگار با شرایط آب‌وهوایی کشور، اهمیت زیادی در توسعه کشت دانه‌های روغنی، افزایش تولید روغن و کاهش وابستگی به واردات دانه‌های روغنی دارد (مرادی تلاوت و سیادت، ۱۳۹۱).

در سال‌های اخیر تولیدات کشاورزی به‌منظور کسب عملکرد بیش‌تر به مصرف ترکیبات شیمیایی متکی بوده است. این موضوع علاوه بر آلودگی محیط زیست، مانع بزرگی در دستیابی به تولید پایدار است. طی تلاش برای دستیابی به کشاورزی پایدار، فناوری جدیدی پدیدار شده که در آن دامنه وسیعی از بقایای زائد کشاورزی، خانگی و صنعتی می‌تواند به‌وسیله فعالیت کرم‌های خاکی به محصول با ارزشی به نام ورمی‌کمپوست تبدیل شود که طی سال‌های اخیر استفاده از آن در کشاورزی در حال افزایش است (Atiyeh *et al.*, 2000).

۲. پیشینه پژوهش

ورمی‌کمپوست یک کود ارگانیک و شامل مخلوط زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی است که سبب تجزیه خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر کشت می‌شود (کامکار و مهدوی‌دامغانی، ۱۳۹۱). افزودن ورمی‌کمپوست به خاک باعث افزایش فراهمی و حلالیت عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف موردنیاز گیاه و بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می‌شود و لذا موجب ایجاد شرایط مناسب برای رشد ریشه و اندام هوایی و در نتیجه باعث افزایش ماده خشک و عملکرد دانه می‌شود (Arancon *et al.*, 2006). در این ارتباط گزارش کرده‌اند (Dehghaninezhad *et al.*, 2016) که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، ارتفاع گیاه، تعداد طبق در گیاه، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک افزایش یافت و بیش‌ترین عملکرد دانه با مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار حاصل شد. در آزمایش دیگری با بررسی اثر سیستم‌های کشاورزی متداول و ارگانیک بر رشد و عملکرد گلرنگ نشان دادند که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، صفات شاخص سطح برگ، وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه افزایش یافت و بیش‌ترین عملکرد دانه گلرنگ (۴۲۶۸ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری ۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام هیومیک‌اسید حاصل شد (حاجغنی و همکاران،۱۳۹۶). پژوهش‌گران دیگری نیز با ارزیابی اثر ورمی‌کمپوست و هیومیک‌اسید بر شاخص‌های رشد گلرنگ گزارش کردند که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، صفات حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر ماده خشک کل، حداکثر سرعت جذب خالص، حداکثر سرعت رشد نسبی و عملکرد دانه افزایش یافت و بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۷۰۹ کیلوگرم در هکتار) در مصرف ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار حاصل شد (صفایی و همکاران، ۱۳۹۶).

عنصر کم‌مصرف و ضروری بور در فرایندهای فیزیولوژیک مختلف گیاه مثل جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده، تشکیل بذر و دیواره سلولی، تشکیل پروتئین، ساخت نوکلئیک اسیدها، انتقال قند، انتقال عناصر غذایی از غشاها، رشد و طویل‌شدن سلول و سوخت‌وساز نیتروژن و فسفر در گیاهان نقش دارد (Marschner, 1995).

در این زمینه پژوهش‌گران با ارزیابی اثر گوگرد و بور بر گلرنگ گزارش کردند که با افزایش مصرف عنصر بور، صفات

عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ افزایش یافت و حداکثر عملکرد دانه در مصرف ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود بوراکس به‌دست آمد (Ismail *et al*., 2011). هم‌چنین در یک مطالعه دیگر با بررسی اثر نیتروژن، بور و گوگرد بر صفات کمی و کیفی گلرنگ گزارش کردند که مصرف ۰/۷ کیلوگرم بور خالص در هکتار باعث افزایش تعداد طبق در بوته، عملکرد دانه و درصد روغن و کاهش درصد پروتئین گلرنگ شد (صفری‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). هم‌چنین طی مطالعه اثر محلول‌پاشی آهن و بور بر صفات کمی و کیفی گلرنگ مشاهده شد که محلول‌پاشی بور باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، درصد روغن و درصد پروتئین نسبت به شاهد شد (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱). سایر پژوهش‌گران با ارزیابی اثر محلول‌پاشی بور بر گلرنگ گزارش کردند که مصرف بور باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گلرنگ شد (Aghighi Shahverdi-Kandi *et al*., 2017). هم‌چنین با بررسی اثر محلول‌پاشی عنصر بور و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ گزارش شده است که مصرف ۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوریک‌اسید باعث افزایش تعداد دانه در طبق، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت شد (سهیلی موحد و همکاران، ۱۳۹۷).

مصرف فزاینده کودهای شیمیایی محتوی عناصر پرمصرف در بلندمدت آثار منفی متعددی به‌بار آورده است که از آن جمله کاهش مقدار و قابلیت دسترسی عناصر کم‌مصرف جهت جذب و مصرف گیاهان زراعی است. در جهت رفع این مسأله می‌توان علاوه بر مصرف کودهای آلی، هم‌زمان به کاربرد کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف اقدام نمود. برخی پژوهش‌گران سودمندی این راه‌کار در افزایش عملکرد گیاهان زراعی شامل ارزن و ذرت دانه‌ای را در هنگام مصرف عناصر کم‌مصرف بور (B) و روی (Zn) هم‌زمان با مصرف کودهای آلی دامی و کمپوست را گزارش نموده‌اند (قزلباش، ۱۳۹۲؛ نژادحسینی و همکاران، ۱۳۹۰). به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد مصرف کود ورمی‌کمپوست با بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و هم‌چنین کاربرد عنصر کم‌مصرف و ضروری بور با اثر بر فرایندهای مختلف فیزیولوژیک گیاه، موجب افزایش رشدونمو و عملکرد گیاهان می‌شوند. لذا این آزمایش به‌منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کود زیستی ورمی‌کمپوست و عنصر کم‌مصرف بور بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در ملاثانی طراحی و اجرا شد.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و ارتفاع حدود ۲۰ متر از سطح دریا اجرا شد. براساس آمار هواشناسی بلندمدت، شهر ملاثانی با داشتن متوسط دمای ۲۳ و متوسط حداکثر و حداقل دمای به‌ترتیب ۳۶ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۱۳ میلی‌متر، از لحاظ اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک است. قبل از شروع آزمایش، به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام و پس از خردکردن کلوخه‌ها، نمونه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شد و نمونه مرکبی تهیه گردید که در آزمایشگاه از لحاظ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ارزیابی شد و نتایج آن به‌همراه مشخصات فیزیکی و شیمیایی کود ورمی‌کمپوست مورداستفاده در جدول (۱) ارائه شده است.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل چهار سطح کود ورمی‌کمپوست (صفر، ۴، ۸ و ۱۲ تن در هکتار) و چهار سطح بور خالص (صفر، ۳، ۶ و ۹ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت خاک کاربرد از منبع بوریک‌اسید ۱۷ درصد بودند. جهت آماده‌سازی زمین ابتدا به‌منظور تحریک جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز و کنترل مطلوب‌تر آن‌ها و تأمین رطوبت مناسب جهت انجام عملیات شخم، قبل از

آماده‌سازی زمین، قطعه زمین آزمایشی آبیاری (ماخار) شد. بعد از انجام شخم با گاوآهن برگردان‌دار، جهت خردکردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین دو مرحله دیسک عمود بر هم انجام شد.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر) و کود ورمی‌کمپوست

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	خاک	ورمی‌کمپوست
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	۳/۵	۲/۱
pH	۷/۴	۸/۰
مواد آلی (درصد)	۰/۷۵	۴۲/۱
نیتروژن (درصد)	۰/۰۵	۱/۵
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۷/۲	۱۱۶۵۰
پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۲۱۸	۹۵۳۰
بور (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۰/۴۸	-
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	-	۸۵۴۳
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	-	۱۷۳
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	۱/۲۱	–
بافت خاک	رسی سیلتی	–

سپس کرت‌بندی توسط مرزبند انجام شد و تکرارهای آزمایش توسط نهرکن جدا شدند. ابعاد هر کرت ۲/۴×۳ متر بوده و هر کرت شامل هشت خط کشت با فواصل ۳۰ سانتی‌متر و فواصل بوته ۱۰ سانتی‌متر در خطوط کاشت بود که خطوط دوم و هفتم برای نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک و خطوط چهار و پنج برای عملکرد در نظر گرفته شد. بین کرت‌ها یک پشته نکاشت ۵۰ سانتی‌متری و بین هر تکرار نهر آبیاری دو متری در نظر گرفته شد. قبل از کاشت، مقدار کود ورمی‌کمپوست و بوریک‌اسید (به‌صورت مخلوط با حجم یکسانی از خاک) در هر کرت براساس تیمار مربوطه توزین و توسط بیل در سطح کرت پخش شد و سپس توسط کولتیواتور دستی با خاک مخلوط گردید. بذر ضدعفونی‌شده گلرنگ رقم گلدشت در پنجم دی‌ماه ۱۳۹۵ به‌عنوان تاریخ مطلوب کشت گلرنگ در خوزستان (صف‌آرا و همکاران، ۱۳۹۵) در عمق حدود سه سانتی‌متری به‌صورت مسطح در کف شیار کاشت قرار داده شد. عملیات داشت در طول دوره رشد از جمله آبیاری (براساس نیاز گیاه، وضعیت ظاهری رطوبت خاک و شرایط آب‌وهوایی و وقوع بارندگی مؤثر طی فصل رشد حدود پنج مرتبه آبیاری) و وجین دستی علف‌های هرز داخل و بین کرت‌ها براساس توصیه‌های مراکز تحقیقاتی انجام شد. آفت خاصی طی فصل رشد مشاهده نشد و تنها شته مومی در اواخر فصل رشد در مزرعه مشاهده شد که به‌دلیل جمعیت و فعالیت کفشدوزک‌ها به‌طور طبیعی به کنترل جمعیت آفت پرداختند و مبارزه شیمیایی علیه آفات صورت نگرفت.

در زمان برداشت پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بر مبنای رطوبت دانه حدود ۲۰ درصد (رسیدگی خمیری دانه‌ها)، دو خط اول و آخر و هم‌چنین نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان حاشیه حذف و سطح باقی‌مانده در هفته اول خردادماه ۱۳۹۶ برداشت شد. در این آزمایش صفات عملکرد دانه و اجزای آن (شامل تعداد طبق در مترمربع، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت)، درصد پروتئین دانه، درصد روغن دانه، عملکرد روغن در واحد سطح، شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی، عملکرد کلاله، محتوای نیتروژن کل بوته، محتوای بور کل بوته و جذب نیتروژن در واحد سطح اندازه‌گیری و محاسبه شدند.

شاخص برداشت دانه حاصل تقسیم ماده خشک دانه بر عملکرد کل ماده خشک در واحد سطح بود (مرادی تلاوت و سیادت، ۱۳۹۱) که به‌صورت درصد محاسبه شد. برای تعیین شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی، از خطوط

نمونه‌برداری، به‌طور تصادفی پنج بوته انتخاب شد و پس از جداکردن برگ‌ها، سطح برگ به‌وسیله دستگاه از طریق آنالیز تصویری توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (شرکت کیمیا رهاورد پسا راد، مدل CRLA1) اندازه‌گیری گردید. در نهایت شاخص سطح برگ برای هر کرت از طریق تقسیم سطح برگ بوته‌های نمونه‌برداری‌شده بر واحد سطح اشغال‌شده توسط آن‌ها محاسبه شد. برای محاسبه عملکرد کلاله به‌عنوان یکی از محصولات جانبی گلرنگ که می‌تواند در صنعت خوراکی یا رنگ‌رزی مورداستفاده قرار گیرد، در زمان گلدهی از هر کرت ۲۰ طبق به‌طور تصادفی جدا و در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت خشک، توزین و به مترمربع تبدیل شد. درصد نیتروژن بوته و دانه گیاه با استفاده از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شد (Bremner *et al.*, 1996). محتوی بور بوته با روش عصاره‌گیری و طیف‌سنجی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر یووی ویزیبل (UV/Vis) مدل لامبدا ۳۶۵ در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری روغن از روش پیشنهادی PORIM Test Methods (1995) و جداسازی روغن توسط حلال پترولیوم‌اتر و با کمک دستگاه شیکر (مدل IKA کشور آلمان) انجام شد. عملکرد روغن در واحد سطح از طریق معادله (۱) محاسبه شد (مرادی تلاوت و سیادت، ۱۳۹۱).

رابطهٔ ۱) $Oily= GY^* Oilp$

در این رابطه، Oily: عملکرد روغن در واحد سطح برحسب کیلوگرم روغن در هکتار، GY: عملکرد دانه در واحد سطح برحسب کیلوگرم در هکتار و Oilp: محتوی روغن دانه برحسب درصد بود. جذب نیتروژن در واحد سطح به‌عنوان معیاری از کارایی جذب نیتروژن توسط بوته‌های گیاه توسط معادله (۲) محاسبه شد (Moradi-Telavat *et al.*, 2008).

رابطهٔ ۲) $Nab= BY^* Nc$

در این رابطه، Nab: میزان جذب نیتروژن در واحد سطح برحسب کیلوگرم نیتروژن در هکتار، BY: عملکرد بیولوژیک برحسب کیلوگرم ماده خشک در هکتار و Nc: محتوای نیتروژن کل بوته برحسب درصد بود. هم‌چنین عملکرد دانه (با رطوبت ۹ درصد)، ماده خشک، شاخص برداشت و تعداد طبق در مترمربع بر مبنای سطح برداشتی، تعداد دانه در طبق براساس متوسط ۲۰ طبق و وزن هزاردانه با شمارش و توزین دو نمونه ۵۰۰ دانه‌ای تعیین شد. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین صفات به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)[1] در سطح پنج درصد و هم‌چنین تجزیه همبستگی ساده بین صفات به روش پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴) انجام شد.

۴. یافته‌های پژوهش

تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده تحت تأثیر سطوح ورمی‌کمپوست و بور (جدول ۲) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست بر صفات اندازه‌گیری‌شده معنی‌دار بود. اثر بور بر صفات تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، عملکرد روغن و درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و بور بر صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن و درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد.

۴. ۱. تعداد طبق در مترمربع

تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست در سطح احتمال خطای یک درصد بر تعداد طبق در مترمربع معنی‌دار شد، ولی اثر کود بور و اثر متقابل کود ورمی‌کمپوست و بور بر صفت مذکور معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، تعداد طبق در مترمربع افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد طبق در

1. Least Significant Difference

مترمربع (۲۳۱/۱ عدد) در سطح مصرف ۸ تن ورمی‌کمپوست در هکتار حاصل شد که البته با سطح ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت. هم‌چنین کم‌ترین تعداد طبق در مترمربع در سطح عدم کاربرد ورمی‌کمپوست و مصرف ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه و در نتیجه بهبود شرایط رشد شده که این موضوع خود سبب افزایش اجزای عملکرد مثل تعداد طبق در مترمربع و در نتیجه عملکرد دانه می‌شود. در آزمایشی مصرف ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار تعداد طبق در گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد که با نتایج آزمایش حاضر همخوانی داشت (Dehghaninezhad *et al.*, 2016).

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و بور

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		طبق در مترمربع	دانه در طبق	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد روغن دانه	عملکرد روغن	پروتئین دانه
تکرار	۳	۳۳۳ ns	۵/۰ ns	۰/۲ ns	۱۳۴۲۷ ns	۴۱۸۴۳**	۳۰/۷ ns	۱/۸ ns	۸۷۶۷ ns	۴/۱ ns
ورمی‌کمپوست (V)	۳	۵۴۴۴**	۴۲/۴**	۵/۲**	۲۲۰۳۲۲۳**	۴۱۰۳۵۱۰**	۱۶۹/۱**	۶۹/۶**	۳۳۱۹۸۶**	۱۳۵/۳**
بور (B)	۳	۴۱۰ns	۴۸/۷**	۰/۹ ns	۸۲۸۰۳۸**	۱۲۱۸۷۵**	۱۴۱/۸**	۱/۹ ns	۶۰۹۷۲**	۹۵/۲**
V×B	۹	۴۳۴ ns	۸/۰ ns	۱/۰ ns	۲۱۴۷۶۱*	ns۸۵۴۵	۳۸/۶*	۰/۸ ns	۱۹۳۰۷**	۱۸۴/۷**
خطا	۴۵	۲۸۰/۳	۷/۰	۰/۶	۸۰۷۶۹	۱۱۶۴۱	۱۴/۳	۰/۸	۶۷۷۰	۳/۱
ضریب‌تغییرات (%)		۷/۸	۹/۱	۱/۹	۱۲/۵	۱/۵	۱۲/۰	۳/۴	۱۳/۸	۶/۳

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست

ورمی‌کمپوست (تن در هکتار)	تعداد طبق در مترمربع	تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	روغن دانه (درصد)
صفر	۲۰۰/۲b	۲۸/۷b	۳۹/۶b	۶۶۳۰d	۲۴/۵c
۴	۱۹۴/۷b	۲۷/۴b	۳۹/۷b	۶۹۶۴c	۲۵/۰bc
۸	۲۳۱/۱a	۲۸/۳b	۳۹/۹b	۷۲۴۷b	۲۵/۲b
۱۲	۲۲۸/۲a	۳۱/۲a	۴۰/۸a	۷۸۲۵a	۲۹/۱a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴. ۲. تعداد دانه در طبق

تعداد دانه در طبق در حقیقت ظرفیت مقصد اصلی مواد فتوسنتزی در گیاه را تعیین می‌کند و هر چه این مقدار بیش‌تر باشد، گیاه مقصد بزرگ‌تری برای دریافت مواد فتوسنتزی دارد و در نهایت این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه خواهد شد (صف‌آرا و همکاران، ۱۳۹۵). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست و هم‌چنین اثر بور بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار شد (جدول ۲). با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، تعداد دانه در طبق افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین تعداد دانه در طبق (۳۱/۲ دانه) در مقدار مصرف ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار حاصل شد (جدول ۳). احتمالاً عناصر موجود در ورمی‌کمپوست باعث افزایش فراهمی نیتروژن، تشکیل مواد فتوسنتزی، رشد گیاه، انتقال مواد پرورده از منبع به مقصد و اجزای عملکرد گیاه مثل تعداد دانه در طبق شده است (سیادت و مرادی تلاوت، ۱۳۹۱). در آزمایشی با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، تعداد دانه در طبق افزایش یافت (حاج‌غنی و همکاران، ۱۳۹۶). با افزایش مصرف بور، تعداد دانه در طبق افزایش یافت به‌طوری‌که کم‌ترین تعداد دانه در طبق (۲۶/۳ دانه) در عدم مصرف بور مشاهده شد، درحالی‌که در تمام سطوح مصرف بور نسبت به عدم مصرف، تعداد دانه در طبق به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد و تفاوت معنی‌داری از این نظر بین سطوح ۳، ۶ و ۹ کیلوگرم بور در هکتار مشاهده نشد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد عنصر

بور با اثر بر باروری و تلقیح گل‌ها، باعث افزایش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی و تعداد دانه در طبق شده است. به‌طور کلی، مقدار نیاز بور برای تولید دانه و بذر، به‌طور معمول بیش‌تر از زمانی است که تنها برای رشد رویشی لازم است (Stangoulis *et al.*, 2000). بور اثر مستقیم و غیرمستقیم بر باروری دارد. اثر غیر مستقیم آن، به تغییرات مربوط به مقدار و ترکیب قند ارتباط دارد، به گونه‌ای که سبب جلب حشرات در زمان گرده‌افشانی می‌شود. اثر مستقیم در پیوند نزدیک بین مقدار مصرف بور و ظرفیت تولید دانه گرده به‌وسیله پرچم‌ها و نیز در تولید دانه گرده قابل رشد بازتاب دارد (Marschner, 1995; Stangoulis *et al.*, 2000). در آزمایشی با مصرف ۱۰ کیلوگرم بور در هکتار، تعداد دانه در خورجین کلزا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت که با مطالعه حاضر همخوانی داشت (Moradi Telavat *et al.*, 2008).

جدول ٤. مقایسه میانگین تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف بور

بور (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در طبق	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)
صفر	۲۶/۳b	۷۰۸۰b
۳	۲۹/۷a	۷۱۴۶b
۶	۲۹/۷a	۷۱۵۲b
۹	۲۹/۹a	۷۲۸۸a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴. ۳. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست بر وزن هزاردانه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر کود بور و اثر متقابل کود ورمی‌کمپوست و بور بر این صفت معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، وزن هزاردانه افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن هزاردانه (۴۰/۸ گرم) در کاربرد ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و کم‌ترین مقدار آن (۳۹/۶ گرم) در عدم کاربرد ورمی‌کمپوست مشاهده شد که البته با مقدار مصرف ۴ و ۸ تن ورمی‌کمپوست در هکتار اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که با افزایش میزان مصرف کود ورمی‌کمپوست، فراهمی آب و عناصر غذایی برای گیاه تا مراحل انتهایی رشد بهبود یافت و سبب افزایش مواد فتوسنتزی و در نتیجه افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه گردید (کریمی و همکاران، ۱۳۹۶).

۴. ۴. عملکرد دانه

تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست و بور و اثر متقابل آن‌ها بر صفت عملکرد دانه معنی‌دار شد. بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۱۸۴ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۳ کیلوگرم بور در هکتار و کم‌ترین میزان آن (۱۵۶۶ کیلوگرم در هکتار) در عدم کاربرد ورمی‌کمپوست و بور بود (جدول ۵). با توجه به مقایسه میانگین عملکرد دانه براساس برش‌دهی اثر متقابل مشخص شد که در همه سطوح ورمی‌کمپوست، میانگین عملکرد دانه بین سطوح مصرف بور دارای اختلاف معنی‌دار بود. این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار مصرف بور بر عملکرد دانه گلرنگ در همه سطوح مصرف ورمی‌کمپوست باشد. با این تفاوت که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست به ۱۲ تن در هکتار، نیاز کم‌تری به مصرف بور بود و تنها با مصرف ۳ کیلوگرم بور خالص در هکتار بیش‌ترین عملکرد دانه (۳۱۸۴ کیلوگرم در هکتار) در این سطح ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول ۵).

در این زمینه پژوهش‌گران دیگر نیز با ارزیابی اثر ورمی‌کمپوست بر شاخص‌های رشد گلرنگ گزارش کردند که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، عملکرد دانه افزایش یافت و بیش‌ترین عملکرد دانه با مصرف ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در

هکتار حاصل شد (صفایی و همکاران، ۱۳۹۶). افزایش عملکرد در اثر مصرف بور احتمالاً به‌علت میزان کم بور قابل‌دسترس برای گیاه در خاک و نقش اساسی این عنصر در گیاه باشد که در متابولیسم گیاهی و سنتز اسیدهای نوکلئیک نقش دارد (Stangoulis *et al.*, 2000). به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد اثر ورمی‌کمپوست در افزایش تعداد طبق در گیاه، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه از یک‌طرف و اثر مصرف بور در افزایش تعداد دانه در طبق سبب معنی‌دارشدن اثر متقابل افزایشی این دو فاکتور بر عملکرد گیاه شد.

جدول ۵. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده تحت تأثیر تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و بور براساس برش‌دهی اثر متقابل

ورمی‌کمپوست (تن در هکتار)	بور (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین دانه
صفر	صفر	۱۵۶۶c	۲۴/۰b	۳۷۹c	۲۴/۳b
	۳	۲۱۵۶ab	۳۲/۷a	۵۱۵b	۲۴/۰b
	۶	۲۰۹۶b	۳۱/۵a	۵۲۴b	۲۶/۹a
	۹	۲۲۹۱a	۳۳/۹a	۵۷۲a	۲۴/۵b
۴	صفر	۱۵۷۰c	۲۲/۹c	۳۹۶c	۴۰/۲a
	۳	۱۸۵۳c	۲۶/۴b	۴۴۵b	۲۸/۰c
	۶	۱۹۸۵b	۲۸/۶ab	۵۰۶ab	۲۰/۳d
	۹	۲۲۱۸a	۳۱/۳a	۵۶۶a	۳۲/۴b
۸	صفر	۲۰۳۶c	۲۸/۵c	۵۰۴b	۳۲/۸a
	۳	۲۲۷۱b	۳۱/۵bc	۴۷۷b	۲۸/۱ab
	۶	۲۶۳۰ab	۳۶/۵ab	۶۷۶a	۲۴/۱b
	۹	۲۷۰۴a	۳۶/۳ab	۶۹۰a	۲۱/۵c
۱۲	صفر	۲۵۵۸c	۳۲/۷b	۷۳۹b	۲۸/۶bc
	۳	۳۱۸۴a	۴۰/۸a	۹۳۹a	۲۴/۶c
	۶	۲۵۸۵bc	۳۳/۰b	۷۴۲b	۴۳/۰a
	۹	۲۵۵۲bc	۳۲/۳b	۷۴۹b	۲۷/۸bc

در هر ستون و در هر ورمی‌کمپوست میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴. ۵. عملکرد بیولوژیک

وزن خشک بوته در واحد سطح (بیوماس) یکی از متغیرهای مهم در پژوهش‌های به‌زراعی است که بیانگر توان تولید گیاه در یک فصل رشد است. تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست و هم‌چنین اثر بور بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد. با افزایش مصرف کود ورمی‌کمپوست، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت به‌طوری‌که کم‌ترین عملکرد بیولوژیک (۶۶۳۰ کیلوگرم در هکتار) در سطح عدم مصرف ورمی‌کمپوست و بیش‌ترین میزان آن (۷۸۲۵ کیلوگرم در هکتار) در کاربرد ۱۲ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست حاصل شد (جدول ۳). افزایش عملکرد بیولوژیک با افزایش مصرف کود ورمی‌کمپوست احتمالاً به‌دلیل افزایش فراهمی آب و عناصر غذایی، افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد طبق در مترمربع، افزایش تعداد دانه در طبق، افزایش وزن هزاردانه و در نتیجه افزایش ماده خشک در بوته است. سایر پژوهش‌گران نیز گزارش کردند که با افزایش مقدار مصرف ورمی‌کمپوست، عملکرد بیولوژیک گلرنگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Dehghaninezhad *et al.*, 2016). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش مصرف بور، عملکرد بیولوژیک افزایش یافت، به‌طوری‌که حداکثر عملکرد بیولوژیک (۷۲۸۸ کیلوگرم در هکتار) در سطح مصرف ۹ کیلوگرم بور در هکتار حاصل شد (جدول ۴). در آزمایشی دیگر نیز مصرف عنصر بور باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گلرنگ شد (Aghighi-Shahverdi-Kandi *et al.*, 2017).

۴. ۶. شاخص برداشت

تجزیه واریانس نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست و بور و اثر متقابل آن‌ها بر صفت شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین صفت شاخص برداشت تحت اثر متقابل ورمی‌کمپوست و بور (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین شاخص برداشت (۴۰/۸ درصد) در ترکیب تیماری ۱۲ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۳ کیلوگرم در هکتار کود بور بود و هم‌چنین کم‌ترین میزان آن (۲۲/۹ درصد) در ترکیب تیماری کاربرد ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و عدم مصرف بور (شاهد) مشاهده شد. در آزمایشی با ارزیابی اثر مصرف بور بر گلرنگ گزارش کردند که کاربرد بور باعث افزایش شاخص برداشت شد (Aghighi-Shahverdi-Kandi *et al.*, 2017).

۴. ۷. درصد روغن دانه

یکی از صفات مهم مؤثر بر عملکرد روغن گیاه دانه روغنی گلرنگ، درصد روغن دانه است. تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست بر صفت درصد روغن در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد، اما اثر بور و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و بور بر این صفت معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست، درصد روغن دانه افزایش یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد روغن دانه (۲۹/۱ درصد) در مصرف ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و کم‌ترین میزان آن (۲۲/۷۵ درصد) در عدم کاربرد ورمی‌کمپوست حاصل شد (جدول ۳).

۴. ۸. عملکرد روغن

عملکرد روغن به عملکرد دانه و درصد روغن دانه بستگی دارد. تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست و بور و اثر متقابل آن‌ها بر صفت عملکرد روغن معنی‌دار شد. مقایسه میانگین عملکرد روغن تحت اثر متقابل سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و بور (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین عملکرد روغن (۹۳۹ کیلوگرم در هکتار) در ترکیب تیماری ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۳ کیلوگرم بور در هکتار و کم‌ترین میزان آن (۳۷۹ کیلوگرم در هکتار) در عدم کاربرد ورمی‌کمپوست و بور بود. احتمالاً مصرف عنصر بور با اثر بر فرایندهای متابولیسم گیاهی از جمله فتوسنتز، محتوای کلروفیل، تعرق، متابولیسم و انتقال کربوهیدرات، سنتز اسیدهای نوکلئیک و افزایش تجمع ماده خشک در گیاه باعث افزایش عملکرد دانه و عملکرد روغن شد. از طرفی براساس مقایسه میانگین عملکرد روغن براساس برش‌دهی اثر متقابل مشخص شد که در سطوح بالای ورمی‌کمپوست، اختلاف معنی‌دار کم‌تری بین سطوح مصرف بور وجود داست که نشان‌دهنده تأمین مناسب عناصر موردنیاز گیاه از طریق مصرف ورمی‌کمپوست است (مرادی تلاوت و سیادت، ۱۳۹۱؛ کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱).

۴. ۹. درصد پروتئین دانه

تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر ورمی‌کمپوست و بور و اثر متقابل آن‌ها بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) نشان داد که بیش‌ترین درصد پروتئین دانه (۴۳/۰ درصد) در ترکیب تیماری ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۶ کیلوگرم بور در هکتار و کم‌ترین میزان آن (۲۰/۳ درصد) در ترکیب تیماری ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۶ کیلوگرم بور در هکتار بود. مصرف عنصر بور با اثر بر فرایندهای متابولیسم گیاهی از جمله فتوسنتز و فعالیت آنزیمی، سنتز اسیدهای نوکلئیک و غیره باعث افزایش درصد پروتئین دانه گردید که با نتایج سایر پژوهش‌گران در گیاه گلرنگ همخوانی داشت (صفری‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱).

۴. ۱۰. شاخص سطح برگ

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح ورمی‌کمپوست و مصرف بور بر شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی اثر معنی‌داری بر جای گذاشتند (جدول ۶). بر این اساس با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست افزایش معنی‌داری در این پارامتر مشاهده شد، به‌نحوی‌که بیش‌ترین شاخص سطح برگ با مصرف ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار حاصل شد. درحالی‌که کم‌ترین شاخص سطح برگ در سطح عدم مصرف ورمی‌کمپوست مشاهده شد (جدول ۷).

جدول ٦. تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، عملکرد کلاله، نیتروژن بوته و جذب نیتروژن و بور تحت سطوح ورمی‌کمپوست و کود بور

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		شاخص سطح برگ	عملکرد کلاله	محتوای نیتروژن بوته	محتوای بور بوته	جذب نیتروژن در واحد سطح
تکرار	۳	۳/۸۲	۵/۴۲	۰/۰۰	۰/۰۱	۲۰
ورمی‌کمپوست (V)	۳	۱۱/۴۴**	۱۱/۵۰**	۳/۵۷**	۰/۰۱ ns	۳۰۱۷۵**
بور (B)	۳	۱۱/۶۴**	۵/۵۹ ns	۱/۲۳**	۰/۸۵**	۷۴۳۲**
V*B	۹	۲/۵۴ ns	۹/۶۱ ns	۰/۰۹ ns	۰/۰۴ ns	۴۹۱*
خطا	۴۵	۱/۶۷	۶/۵۰	۰/۰۴	۰/۰۲	۲۱۵
ضریب تغییرات (%)		۲۲/۱۵	۸/۲۹	۱۲/۳۵	۱۵/۰۲	۱۱/۷۳

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

افزایش پارامترهای رشد رویشی از جمله شاخص سطح برگ جزو آثار قابل‌توجه کاربرد ورمی‌کمپوست محسوب می‌شود. این موضوع در اثر افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن تقویت می‌گردد (مرادی تلاوت و سیادت، ۱۳۹۱). در آزمایشی افزایش شاخص سطح برگ تریتیکاله را در اثر مصرف ورمی‌کمپوست گزارش کردند (مکوندی و همکاران، ۱۳۹۹). در این آزمایش مصرف بور سبب افزایش شاخص سطح برگ در مرحله گل‌دهی شد. با این تفاوت که افزایش شاخص سطح برگ در همه سطوح مصرف بور در مقایسه با شاهد به‌دست آمد. بر این اساس بین سطوح مصرف بور اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۷). افزایش رشد رویشی در مراحل اولیه رشد و استقرار گیاهچه در اثر مصرف کود بور درگیاه دانه روغنی کلزا نیز قبلاً توسط پژوهش‌گران گزارش شده بود (مرادی تلاوت و فتحی،۱۳۸۶). در برخی آزمایش‌ها نیز افزایش شاخص سطح برگ در مراحل زایشی مانند مرحله گل‌دهی در اثر مصرف بور مشاهد نشده بود (مرادی تلاوت و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین به‌نظر می‌رسد که اثر بور بر پارامترهای رشد رویشی از جمله شاخص سطح برگ همیشگی نیست و نمی‌توان قضاوت مطلقی در این خصوص و در گیاهان مختلف انجام داد.

جدول ۷. مقایسه میانگین شاخص سطح برگ، عملکرد کلاله و محتوی نیتروژن بوته در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و بور

فاکتور آزمایشی	شاخص سطح برگ	عملکرد کلاله (کیلوگرم در هکتار)	محتوی نیتروژن بوته (درصد)	محتوی بور بوته (میلی‌گرم در کیلوگرم)
ورمی‌کمپوست ($ton.ha^{-1}$)				
صفر	۴/۷۷c	۲۸/۷۵b	۱/۲۵d	۰/۸۹a
۴	۵/۶۷bc	۲۸/۱۴b	۱/۴۸c	۰/۹۰a
۸	۶/۰۸ab	۳۲/۳۱a	۱/۸۱b	۰/۸۷a
۱۲	۶/۸۰a	۳۲/۸۲a	۲/۳۴a	۰/۹۳a
بور ($kg.ha^{-1}$)				
صفر	۴/۵۶b	۲۹/۹۴a	۱/۴۴c	۰/۶۱d
۳	۶/۱۳a	۳۰/۹۰a	۱/۵۸c	۰/۸۶c
۶	۶/۳۳a	۳۰/۸۳a	۱/۷۶b	۰/۹۶b
۹	۶/۳۰a	۳۱/۳۵a	۲/۰۸a	۱/۱۶a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۴. ۱۱. عملکرد کلاله

عملکرد کلاله تنها تحت تأثیر معنی‌دار ورمی‌کمپوست قرار گرفت (جدول ۶). بر این اساس سطوح ۸ و ۱۲ تن در هکتار به‌ترتیب با تولید ۳۲/۳۱ و ۳۲/۸۲ کیلوگرم کلاله در هکتار سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله در واحد سطح در مقایسه با سطوح صفر و ۴ تن ورمی‌کمپوست در هکتار گردید (جدول ۷). براساس تجزیه همبستگی بین صفات موردبررسی، عملکرد کلاله همبستگی بالا و معنی‌داری (۰/۹۹) با تعداد طبق در واحد سطح داشت (جدول ۹). این موضوع به‌طور بدیهی ناشی از رابطه مستقیم تعداد طبق‌ها به‌عنوان گل‌آذین گیاه و عملکرد کلاله ناشی از آن بود. بنابراین هر عاملی که سبب افزایش تعداد طبق شود، عملکرد کلاله را نیز به‌طور معنی‌داری افزایش خواهد داد. این موضوع با افزایش معنی‌دار تعداد طبق در واحد سطح در اثر مصرف ورمی‌کمپوست و به تبع آن افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله در واحد سطح تأیید می‌گردد (جدول ۳). درحالی‌که سطوح مصرف بور تأثیری بر عملکرد کلاله نداشتند.

۴. ۱۲. محتوای بور بوته

محتوای بور بوته تحت تأثیر مصرف کود محتوی این عنصر قرار گرفت (جدول ۶). با افزایش مصرف بور تا بالاترین سطح، محتوای بور بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌نحوی‌که بیش‌ترین و کم‌ترین محتوای بور بوته به‌ترتیب در سطوح ۹ کیلوگرم بور در هکتار (۱/۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و عدم مصرف کود بور (۰/۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (جدول ۷). این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل قابل‌توجه گلرنگ در جذب این عنصر از خاک بود. از طرف دیگر، محتوای بور بوته از بین صفات موردبررسی بیش‌ترین همبستگی (۰/۳۶) را با تعداد دانه در طبق نشان داد که قبلاً در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده بود (Moradi Telavat *et al.*, 2008).

۴. ۱۳. محتوای نیتروژن بوته و جذب نیتروژن در واحد سطح

محتوای نیتروژن بوته تحت تأثیر معنی‌دار سطوح ورمی‌کمپوست و سطوح بور قرار گرفت (جدول ۶). بر این اساس، بیش‌ترین محتوای نیتروژن بوته (۲/۳۴ درصد) با مصرف ۱۲ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به‌عنوان بالاترین سطح ورمی‌کمپوست در آزمایش حاضر به‌دست آمد. علاوه بر آن، افزایش مصرف بور تا سطح ۹ کیلوگرم در هکتار نیز سبب افزایش معنی‌دار محتوی نیتروژن بوته گردید (جدول ۷). مقایسه میانگین جذب نیتروژن در واحد سطح تحت اثر مصرف ورمی کمپوست و بور نیز نشان داد که با افزایش مصرف ورمی کمپوست و بور، میزان جذب نیتروژن در واحد سطح افزایش یافت و در مصرف ۱۲ تن در هکتار ورمی کمپوست و ۹ کیلوگرم در هکتار بور به حداکثر مقدار (۲۳۰/۳۸ کیلوگرم در هکتار) رسید (جدول ۸). افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه جذب متعادل عناصر غذایی توسط گیاه در اثر مصرف کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی همواره موردتوجه بوده است، که با افزایش معنی‌دار محتوی نیتروژن بوته در اثر مصرف ورمی‌کمپوست در آزمایش حاضر همخوانی نشان می‌دهد (سیادت و مرادی تلاوت، ۱۳۹۷). از طرفی افزایش محتوای نیتروژن بوته در اثر مصرف بور می‌تواند نشان‌دهنده رابطه هم‌افزایی بین جذب نیتروژن و بور باشد که قبلاً در مطالعات دیگر نیز بدان اشاره شده است (Moradi Telavat *et al.*, 2008). بر این اساس افزایش مصرف بور با بهبود استقرار بوته‌ها در مزرعه و در نتیجه آن بهبود رشد و گسترش سیستم ریشه‌ای در خاک می‌تواند سبب افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن توسط گیاه شود (Grant & Bailey, 1993). در آزمایش حاضر محتوای نیتروژن بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۸۲) با عملکرد بیولوژیک داشت که نشان‌دهنده تأثیر مستقیم

بالابودن غلظت نیتروژن در بافت‌های گیاه از جمله بافت‌های فتوسنتزی و غیرفتوسنتزی در تولید ماده خشک در واحد سطح مزرعه خواهد بود (جدول ۹).

جدول ۸. مقایسه میانگین جذب نیتروژن در واحد سطح تحت تأثیر تیمارهای مختلف ورمی‌کمپوست و بور

ورمی‌کمپوست (تن در هکتار)	بور (کیلوگرم در هکتار)	جذب نیتروژن در واحد سطح (کیلوگرم در هکتار)
صفر	صفر	۶۰/۴۶i
	۳	۸۴/۲۹gh
	۶	۸۶/۷۱gh
	۹	۹۹/۰۴fg
۴	صفر	۷۸/۳۵hi
	۳	۸۷/۴۱gh
	۶	۱۱۰/۸۲f
	۹	۱۳۵/۹۸de
۸	صفر	۹۹/۳۰fg
	۳	۱۱۷/۰۷ef
	۶	۱۳۸/۸۴d
	۹	۱۵۰/۵۸cd
۱۲	صفر	۱۵۸/۴۵bc
	۳	۱۶۴/۶۱bc
	۶	۱۷۷/۲۹b
	۹	۲۳۰/۳۸a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۹. تجزیه همبستگی بین صفات موردبررسی تحت سطوح ورمی‌کمپوست و عنصر بور

صفات	ضریب همبستگی پیرسون													
	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱٤
عملکرد دانه (۱)	۱													
عملکرد بیولوژیک (۲)	**۰/۶۴	۱												
شاخص برداشت (۳)	ns۰/۱۶-	ns۰/۱۴-	۱											
طبق در مترمربع (۴)	**۰/۸۰	**۰/۵۶	ns۰/۰۶-	۱										
دانه در طبق (۵)	**۰/۷۸	**۰/۳۸	ns۰/۲۱-	**۰/۳۳	۱									
وزن هزاردانه (۶)	ns۰/۳۰	**۰/۵۱	ns۰/۲۷-	ns۰/۰۶	ns۰/۲۵	۱								
روغن دانه (۷)	**۰/۵۸	**۰/۸۰	ns۰/۱۳-	ns۰/۴۱	**۰/۴۱	**۰/۵۲	۱							
عملکرد روغن (۸)	**۰/۹۷	**۰/۷۵	ns۰/۱۸-	**۰/۷۶	**۰/۷۵	*۰/۳۹	**۰/۷۶	۱						
پروتیین دانه (۹)	**۰/۱۵	ns۰/۲۲	ns۰/۰۸	ns۰/۰۵-	ns۰/۲۴-	ns۰/۰۲-	ns۰/۱۸	ns۰/۰۶-	۱					
شاخص سطح برگ (۱۰)	*۰/۳۸	*۰/۴۴	ns۰/۰۰	*۰/۳۱	*۰/۲۵	ns۰/۲۱	*۰/۳۵	*۰/۴۰	ns۰/۰۶	۱				
عملکرد کلاله (۱۱)	**۰/۷۷	**۰/۵۵	ns۰/۰۳-	**۰/۹۹	*۰/۳۰	ns۰/۰۵	*۰/۴۰	**۰/۷۳	ns۰/۰۲-	ns۰/۳۱	۱			
محتوی بور گیاه (۱۲)	ns۰/۳۰	ns۰/۱۷	ns۰/۱۸-	ns۰/۱۱	*۰/۳۶	ns۰/۱۲	ns۰/۱۹	ns۰/۲۸	ns۰/۰۸-	*۰/۳۶	ns۰/۱۱	۱		
محتوی نیتروژن گیاه (۱۳)	**۰/۶۲	**۰/۸۲	ns۰/۱۱-	**۰/۴۷	**۰/۴۲	**۰/۵۱	**۰/۷۴	**۰/۷۰	ns۰/۰۹	**۰/۵۲	**۰/۴۷	*۰/۳۷	۱	
جذب نیتروژن (۱۴)	**۰/۶۴	**۰/۸۷	ns۰/۱۶-	**۰/۴۹	**۰/۴۵	**۰/۵۴	**۰/۷۹	**۰/۷۴	ns۰/۱۰	**۰/۵۳	**۰/۴۷	*۰/۳۸	**۰/۹۸	۱

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه‌تنها فراهمی عناصر غذایی موردنیاز گیاه را افزایش می‌دهد، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی

نظیر ارتفاع و متعاقب آن تولید ماده خشک و عملکرد را نیز فراهم می‌کند. هم‌چنین بور اثر مهمی بر رشد زایشی از جمله فرایند باروری گل‌ها، گرده‌افشانی، عمل لقاح و تشکیل بذر و میوه دارد. لذا بهبود حاصلخیزی خاک و تولید پایدار با مدیریت تلفیقی تغذیه خاک توسط کاربرد کودهای زیستی مثل ورمی‌کمپوست و عناصر ریزمغذی مثل بور مهم است. در این آزمایش نیز مصرف ورمی‌کمپوست تا بالاترین سطح (۱۲ تن در هکتار) اجزای مهم عملکرد شامل تعداد طبق در گیاه، تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد و از این طریق سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. این موضوع به‌طور مستقیم عملکرد روغن در واحد سطح را نیز افزایش داد. از طرفی مصرف بور نیز سبب افزایش معنی‌دار تعداد دانه در طبق گردید و بر دو جزء دیگر عملکرد تأثیری نداشت. به‌طورکلی، مصرف هم‌زمان ورمی‌کمپوست و روی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و روغن درواحد سطح شدند. بر این اساس، حداکثر عملکرد دانه و عملکرد روغن گلرنگ با کاربرد ۱۲ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست و ۳ کیلوگرم در هکتار عنصر بور حاصل شد.

۶. تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی و فناوری و هم‌چنین معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان بابت حمایت از این مطالعه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۷. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۸. منابع

حاج‌غنی، مهدیه؛ قلاوند، امیر و مدرس ثانوی، سیدعلی‌محمد (۱۳۹۶). ارزیابی عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در سیستم‌های کشاورزی ارگانیک و متداول. *مجله بوم‌شناسی کشاورزی*، ۹ (۱)، ۱۵-۳۰.

خواجه‌پور، محمدرضا (۱۳۹۱). *گیاهان صنعتی*. اصفهان: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.

سهیلی موحد، سمیه؛ خماری، سعید؛ شیخ‌زاده، پریسا و علیزاده، بهرام (۱۳۹۷). اثر محلول‌پاشی با عناصر بور و روی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) در شرایط محدودیت آب انتهای فصل. *مجله بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۰ (۳)، ۸۲۳-۸۴۰.

سیادت، سیدعطاءالله و مرادی تلاوت، محمدرضا (۱۳۹۷). *جنبه‌های کاربردی کشاورزی ارگانیک*. ویراست دوم. تهران: انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

صف‌آرا، نازنین؛ مرادی تلاوت، محمدرضا؛ سیادت، سیدعطاءالله؛ کوچک‌زاده، احمد و موسوی، سیدهاشم (۱۳۹۵). اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر عملکرد، درصد روغن و نیتروژن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در کشت پاییزه. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۴ (۳)، ۴۳۸-۴۴۸.

صفایی، مریم؛ رحیمی، اصغر؛ ترابی آزاده، بنیامین و قهفرخی، خرم (۱۳۹۶). تأثیر کاربرد ورمی کمپوست، محلول‌پاشی برگی چای کمپوست و هیومیک‌اسید بر شاخص های رشد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). *مجله بوم‌شناسی کشاورزی*، ۹ (۳)، ۸۰۵-۸۲۰.

صفری‌زاده، مهری؛ مددی‌زاده، محمد و شریعتی‌نیا، فاطمه (۱۳۹۰). بررسی آثار تغذیه ای عناصر نیتروژن، بور و گوگرد بر خصوصیات کمی و کیفی دانه گلرنگ. *مجله علوم گیاهان زراعی ایران*، ۴۲ (۱)، ۱۳۳-۱۴۱.

قزلباش، انیسه (۱۳۹۲). تأثیر کودهای آلی و سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای و برخی پارامترای خاک. *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد*. به راهنمایی شاهین شاهسونی. شاهرود: دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده کشاورزی.

کامکار، بهنام و مهدوی‌دامغانی، عبدالمجید (۱۳۹۱). *مبانی کشاورزی پایدار*. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی.

کریمی، علیرضا؛ بهدانی، محمدعلی؛ اسلامی، سیدوحید و فتحی نسری، محمدحسن (۱۳۹۶). عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کاربرد عناصر کم-مصرف و ورمی کمپوست در دو منطقه کرمان و بردسیر. *مجله بوم‌شناسی کشاورزی*. ۹ (۲)، ۵۰۵-۵۱۹.

کمرکی، حسین و گلوی، محمد (۱۳۹۱). ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی بر ویژگی های کمّی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). *مجله بوم‌شناسی کشاورزی*، ۴ (۳)، ۲۰۱-۲۰۶.

مرادی تلاوت، محمدرضا و سیادت، سیدعطاءالله (۱۳۹۱). *معرفی و تولید گیاهان دانه‌روغنی*. تهران: انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

مرادی تلاوت، محمدرضا و فتحی، قدرت‌الله (۱۳۸۶). واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های کلزا به مصرف بر. *مجله علمی کشاورزی*، ۳۰ (۴)، ۱۲۵-۱۳۷.

مرادی تلاوت، محمدرضا؛ کاظمی، زهره و سیادت، سیدعطاءالله (۱۳۹۵). واکنش فیزیولوژی، رشد و عملکرد کلزا به مصرف بور تحت تنش گرمایی ناشی از کشت‌های دیرهنگام. *مجله به‌زراعی کشاورزی*، ۱۸ (۱)، ۵۵-۶۷.

مکوندی، معصومه؛ بخشنده، عبدالمهدی؛ خدایی جوقان، آیدین؛ مشتطی، علی و مرادی تلاوت، محمدرضا (۱۳۹۹). اثر کمپوست کود دامی ترکیب‌شده با زئولیت و تلقیح مایکوریزا بر رشد و عملکرد تریتیکاله (X Tritico-secale Wittmack). *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۱۸ (۱)، ۱۱۱-۱۲۳.

نژادحسینی، طیبه؛ آستارایی، علیرضا؛ خراسانی، رضا و امامی، حجت (۱۳۹۰). بررسی دو نوع کود آلی همراه با عناصر بر و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و غلظت عناصر غذایی در دانه ارزن معمولی. *نشریه پژوهش‌های زراعی ایران*، ۹ (۱)، ۷۰-۷۷.

References

Aghighi Shahverdi Kandi, M., Khodadadi, A., & Heydari, F. (2017). Evaluation of Boron foliar application and irrigation withholding on quantitative traits of safflower. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, *3*, 12-19.

Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Lee, S., & Byrne, R. (2006). Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. *European Journal of Soil Biology*, *42*, 565-569. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.06.004

Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., & Shuster, W. (2000). Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedo Biologia*, *44*, 579-590. https://doi.org/10.1078/S0031-4056(04)70073-6

Bremner, J. M. (1996). Nitrogen-Total. In *Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods*. Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C. T. & Sumner, M.E.. Madison: Soil Science Society of America Inc. 1085-1121.

Dehghaninezhad, H. R., Bagheripour, M. A., & Mehraban, A. (2016). The effect of vermicompost levels on the four Safflower cultivars (*carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, *7*(4), 488-496.

Ghazelbash, A. (2013). Effect of Organic and Zinc Sulfate on Yield and Yield compoents of Maize and some Soil Parameters. *MSc Thesis*. Under the supervisor of Shahin Shahsuni. Shahrood: Shahrood University of Technology, Faculty of Agriculture. (In Persian)

Grant, C. A., & Bailey, L. D. (1993). Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science*, *73*, 651- 670.

Hajghani, M., Ghalavand, A., & Modarres-Sanavy, S. A. M. (2017). Evaluation of yield, yield components and growth indices of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in conventional and organic farming systems. *Journal of Agroecology*, *9*(1), 15-30. https://doi.org/10.22067/jag.v9i1.31520. (In Persian).

Ismail, S., Pillewad, S. R., & Syed, J. (2011). Influence of elemental sulfur and boron on yield, nutrient uptake and quality of safflower varieties. *International Journal of Applied Agricultural and Horticultural Sciences*, *2*(6), 11-16.

Kamaraki, H., & Galavi, M. (2012). Evaluation of foliar Fe, Zn and B micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*, *4*(3), 201-206. https://doi.org/10.22067/jag.v4i3.15308. (In Persian).

Kamkar, B., & Mahdavi-Damghani, A. M. (2012). *Principles of Sustainable Agriculture*. Mashhad: Jahad Daneshgahi Press. (In Persian).

Karimi, A. R., Behdani, M. A., Eslami, S. V., & Fathi, M. H. (2017). Yield and yield components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by micronutrient application and vermicompost in two Kerman and Bardsir regions. *Journal of Agroecology*, *9*(2), 505-519. Doi: 10.22067/jag.v9i2.51650 (In Persian).

Khajehpoor, M. R. (2006). *Industrial Plants*. Isfahan: Jahad Daneshgahi Press. (In Persian).

Makvandi, M., Bakhshandeh, A., Khodaei Joghan, A., Moshattati, A., & Moradi Telavat, M. R. (2020). Effect of zeolite amended cattle manure compost and mycorrhiza fungi inoculation on growth and yield of triticale (X Tritico-secale Wittmack). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *18*(1), 111-123. https://doi.org/10.22067/gsc.v18i1.81266 (In Persian).

Marschner, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. New York: Academic Press.

Moradi-Telavat, M. R., & Fathi. (2008). Different responses of canola genotypes to boron application. *The Scientific Journal of Agriculture*, *30*(4), 125-137. (In Persian).

Moradi-Telavat, M. R., Kazemi, Z., & Siadat S. A. (2016). Canola physiological, growth and yield response to boron application affected by heat stress due to late planting dates. *Journal of Crop Improvement*, *18*(1), 55-67. https://doi.org/10.22059/jci.2016.56572. (In Persian)

Moradi-Telavat, M. R., Siadat, S. A., Nadian, H. & Fathi, G. (2008). Effect of nitrogen and boron on canola yield and yield components in Ahwaz, Iran. *International Journal of Agricultural Research*, *3*(6), 415- 422. https://doi.org/10.3923/ijar.2008.415.422

Moradi-Telavat, M. R., & Siadat, S. A. (2012). *Introduction and Production of Oilseed Plants*. Tehran: Education and Extention of Agriculture Press. (In Persian).

Nejadhoseini, T., Astaraei, A. R., Khorasani, R. & Emami, H. (2011). Effect of two organic manures, Zinc and Boron on yield, yield components and grain chemical composition in millet. Iranian Journal of Field Crops Research, *9*(1), 70-77. https://doi.org/10.22067/gsc.v9i1.10496. (In Persian).

PORIM Test Methods. (1995). Palm oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur: Palm oil Research Institute of Malaysia press. 72-75.

Safaee, M., Rahimi, A., Torabi, B., & Khoram-Ghahfarokhi, A. (2017). Effect of vermi-compost fertilizer application and foliar spraying of compost tea and acid humic on growth indices of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*, *9*(3), 805-820. https://doi.org/10.22067/jag.v9i3.51879 (In Persian).

Safara, N., Moradi Telavat, M. R., Siadat, S. A., Koochakzadeh, A., & Mousavi, S. H. (2016). Effect of sowing date and sulfur on yield, oil content and grain nitrogen of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in autumn cultivation. *Iranian Journal of Field Crops Research*. https://doi.org/10.22067/gsc.v14i3.43039 *14*(3), 438-448.

Safari, M., Madadizade, M., & Shariatnia, F. (2011). Investigation of nutritional effects of nitrogen, boron and sulfur on quantitative and qualitative characteristics of safflower grain (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *42*(1), 133-141. https://doi.org/20.1001.1.20084811.1390.42.1.14.0 (In Persian).

Siadat, S. A., & Moradi Telavat, M. R. (2018). *Practical Aspects of Organic Farming*. Second edition. Tehran: Agriculture Education and Extension Press. (In Persian).

Soheili Movahhed, S., Khomari, S., Sheikhzadeh, P., & Alizadeh, B. (2018). Effect of foliar spray of Boron and Zinc on the yield and yield components of spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under late-season water limitation. *Journal of Agroecology*, *10*(3), 823-840. https://doi.org/10.22067/jag.v10i3.60741 (In Persian).

Stangoulis, J. C. R., Grewal, H. S., Bell, R. W., & Graham, R. D. (2000). Boron efficiency in oilseed rape: I. Genotypic variation demonstrated in field and pot grown *Brassica napus* L. and B. juncea L. *Plant Soil, 225*, 243-251. https://doi.org/10.1023/A:1026593528256