نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۵۱۹-۵۰۵

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 2, Summer 2017, p. 505-519

عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت‌تأثیر کاربرد عناصر کم-مصرف و ورمی‌کمپوست در دو منطقه کرمان و بردسیر

علیرضا کریمی[1*]، محمدعلی بهدانی[2]، سید وحید اسلامی[2] و محمد حسن فتحی[3]

تاریخ دریافت: ۰۲ /۱۳۹۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۸

کریمی، ع.ر.، بهدانی، م.ع.، اسلامی، س.و.، و فتحی، م.ح. ۱۳۹۶. عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کاربرد عناصر کم‌مصرف و ورمی‌کمپوست در دو منطقه کرمان و بردسیر. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۲): ۵۱۹-۵۰۵.

چکیده

علی‌رغم اهمیت گیاهان روغنی در توسعه کشور، مطالعات کمتری بر روی تغذیه این گیاهان با عناصر کم‌مصرف به‌ویژه در مورد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) صورت گرفته‌است. در این پژوهش، تأثیر کاربرد عناصر کم‌مصرف و کود ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع‌طبیعی استان کرمان در دو شهر کرمان و بردسیر در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ بررسی شد. عامل اول دو سطح ورمی‌کمپوست (صفر و شش تن در هکتار) و عامل دوم ۱۲ ترکیب عناصر کم‌مصرف (بدون کاربرد، گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، گوگرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، روی با غلظت سه میلی‌لیتر در لیتر، بُر با غلظت دو میلی‌لیتر در لیتر، چهار ترکیب دوگانه و دو ترکیب سه‌گانه این سه عنصر) بود. نتایج نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست و عناصر کم‌مصرف تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، علوفه خشک و عملکرد دانه در هر دو مکان داشت. رشد و عملکرد بوته‌های گلرنگ در کرمان به طور معنی‌داری بیشتر از بردسیر بود، که احتمالاً به دلیل شرایط بهتر خاک در کرمان بود. به‌طور میانگین کاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست با افزایش حدود ۳۴۷ و ۵۴ کیلوگرم درهکتار به ترتیب در علوفه خشک و عملکرد دانه همراه بود. از سوی دیگر، بیشترین علوفه خشک و عملکرد دانه از بوته‌های تیمار شده با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با روی و بُر به ترتیب معادل ۲۱۰۴ و ۱۴۳۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تعداد دانه بیشترین همبستگی را با تولید علوفه و عملکرد داشت. به‌طورکلی، در هر دو مکان، کاربرد ورمی‌کمپوست و عناصر کم‌مصرف اثر هم‌افزایی معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که بیشترین تولید علوفه و عملکرد دانه در تیمارهای کاربرد ورمی‌کمپوست همراه با ترکیب سه‌گانه گوگرد، روی و بُر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بُر، روی، کود آلی، گوگرد

مقدمه

امنیت غذایی یکی از مهمترین اهداف توسعه‌ای کشورها و از جمله ایران است و از مهمترین جنبه‌های این امنیت تأمین روغن مورد نیاز مردم می‌باشد که وابستگی بالای ۹۰ درصدی آن به واردات، کشور را با چالش جدی در این زمینه مواجه نموده است (Rezvantalab et al., 2008; Taleshi et al., 2012). منابع داخلی تولید روغن نباتی عمدتاً شامل پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، سویا (*Glycine max* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) بوده، که یکی از امتیازهای ارزشمند گیاه گلرنگ در کشور ما بومی بودن و سازگاری آن با شرایط اقلیمی است (Azimzadeh, 2015). گلرنگ از اولین گیاهانی است که در خاورمیانه، هند، چین و ژاپن کشت می‌شده است و احتمالاً در هند اهلی گردیده است. علاوه بر تولید روغن، پتانسیل گلرنگ را در تولید علوفه و مخصوصا کنجاله برای صنعت دامپروری نیز باید مد نظر داشت (Martinez, 2004). علوفه تازه گلرنگ از نظر ارزش غذایی با یک علوفه مرتعی خوب

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه زراعت و استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: (Email: gogheri22@yahoo.com
DOI: 10.22067/jag.v9i2.51650

برابری می‌کند و از نظر وزن خشک تفاوت چندانی با یونجه (*Medicago sativa* L.) ندارد (Ravi et al., 2008). این گیاه از ۴۰۰۰ سال قبل به دلیل استفاده از گلچه‌های آن در مصر کشت می‌شده است (Martinez, 2004).

حصول گلرنگ با عملکرد بالا و کیفیت مناسب نیازمند تأمین عناصر غذایی کم و پرمصرف است. از مهمترین عناصر کم‌مصرف می‌توان به گوگرد، روی و بُر اشاره کرد که برای رشد گیاهان ضروری است. گوگرد به‌طور عمده در ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نقش دارد (Altaf et al., 2000) و جزء تشکیل‌دهنده پروتئین در گیاه است که مهمترین عمل آن شرکت در تولید اسیدهای آمینه و به دنبال آن سنتز پروتئین است (Chaubey et al., 2000). روی به‌عنوان یک عنصر مهم کم‌مصرف در فعالیت‌های مختلف بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی نقش غیرقابل انکاری دارد، به‌طوری‌که هر عامل ثانویه‌ای که موجب غیر قابل دسترس شدن این عنصر برای گیاه شود، علایم ناشی از کمبود را به شکل های مختلف از قبیل کاهش رشد، عملکرد و غلظت این عنصر در اندام های مختلف از جمله دانه نمایان می سازد (Heidarian et al., 2011). همچنین بُر برای رشد طبیعی گیاه ضروری بوده و کمبود آن سبب توقف رشد و کاهش عملکرد می شود (Sarker et al., 2002). در خاک‌های مناطق خشک به دلیل کاهش تحرک بُر به وسیله جریان توده‌ای و پلیمرشدن اسید بوریک کمبود آن مطرح می‌باشد، از طرفی در این نوع خاک‌ها بالا بودن میزان یون کلسیم نیز جذب بُر را کاهش می‌دهد (Galavi et al., 2012). در یک پژوهش نشان داده شد که همه صفات مرتبط با عملکرد از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، تعداد غلاف، طول غلاف، تعداد دانه و وزن صد دانه گیاهان مورد آزمایش به طور معنی‌داری با تغییر سطوح گوگرد تغییر کردند و با افزایش مقدار مصرف گوگرد عملکرد نیز افزایش یافت و در همه موارد تیمار شاهد کمترین میزان صفات را دارا بود (Sarker et al., 2002). در این پژوهش مشخص شد که اثر متقابل گوگرد و بُر باعث افزایش عملکرد دانه شد و عملکرد کاه سویا در اثر مصرف گوگرد افزایش پیدا کرد که این موضوع به علت اثر افزایشی گوگرد بر روی رشد اندام‌های هوایی می باشد. در بررسی اثر بُر و روی بر عملکرد بیشترین تعداد دانه در طبق از تیمار روی به‌دست آمد و بعد از آن ترکیب روی و بُر بیشترین تعداد دانه در طبق را تولید کرد، روی همچنین موجب افزایش تعداد دانه در کپسول در این گیاه شد (Banks, 2004).

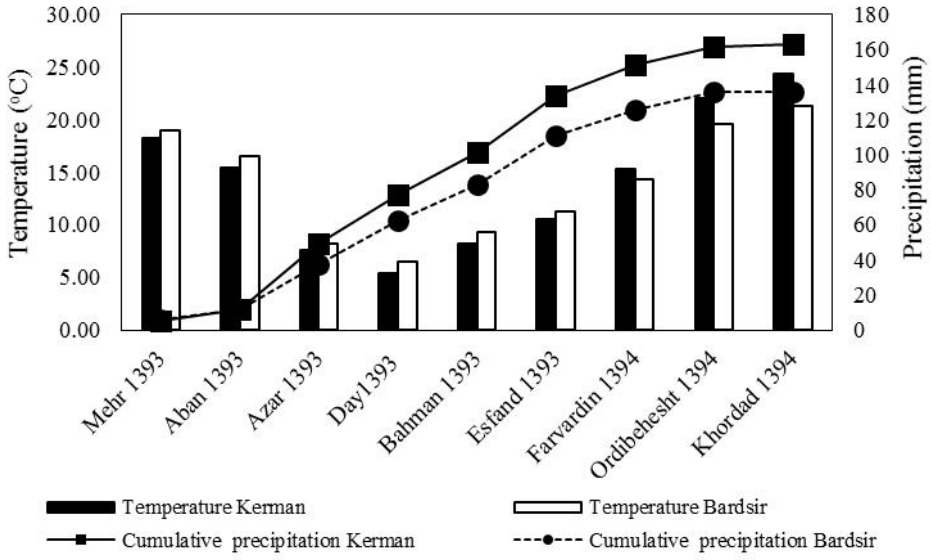
عناصر پرمصرف نیز می‌تواند از طریق کودهای شیمیایی یا آلی تأمین شود. اگرچه استفاده از مواد آلی برای تولید محصولات زراعی از زمان‌های قدیم مرسوم بوده است، ولی استفاده از ورمی‌کمپوست سابقه یک صدساله دارد (Arancon et al., 2004). ورمی‌کمپوست حاصل فعالیت اکسیداسیون زیستی و تثبیت مواد آلی توسط کرم‌های خاکی می‌باشد، که این کرم‌های خاکی به عنوان یک ماشین مخلوط‌کن عمل می‌کنند که باعث تغییر ماهیت و شکل مواد آلی از لحاظ فیزیکی و شیمیایی می‌شوند و به تدریج باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن و افزایش سطح ذرات خاکی می‌شوند که در معرض میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد (Ravindran et al., 2008). طی فرآیند تولید ورمی‌کمپوست عناصر ضروری گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم موجود به شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌شوند (Atiyeh et al., 2002). نتایج یک مطالعه نشان داد که بالاترین عملکرد دانه و کمترین علف هرز در تیمارهای مصرف ورمی‌کمپوست حاصل شد. نگهداری بقایای گندم (*Triticum aestivum* L.) همراه با نیتروژن عملکرد دانه را نسبت به شاهد افزایش داد، اما میزان این افزایش کمتر از شرایط مربوط به ورمی‌کمپوست و نیتروژن بود (Jalali et al., 2011). در مطالعه دیگری نیز تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست را به صورت جداگانه و تلفیق با کودشیمیایی در بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی، رشد و عملکرد گیاه سویا گزارش شد (Pirdashti et al., 2010). کاربرد ورمی‌کمپوست میانگین عملکرد رویشی و جذب کل پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس را در اندام هوایی آفتابگردان به طور معنی‌داری نسبت به سطح بدون کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش داد (Heidarianpour et al., 2014).

گلرنگ گیاهی روغنی و مقاوم به خشکی و شوری بوده که انعطاف پذیری زیادی نسبت به سیستم کاشت (دیم یا آبی) و یا فصل رشد (بهاره یا پاییزه) از خود نشان می‌دهد و از سوی دیگر این گیاه بومی ایران بوده و امکان زراعت آن در بسیاری از مناطق کشور فراهم است، با این وجود، کشت آن در کشور رواج چندانی نداشته است. به نظر می‌رسد مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی و پایین بودن عملکرد دانه گلرنگ یکی از دلایل عمده عدم رواج این گیاه در ایران است. با این وجود، تحقیقات چندانی در مورد نحوه تغذیه آن با کودهای کم‌مصرف یا کودهای آلی انجام نشده است، لذا این تحقیق به منظور بررسی تأثیر مقادیر متفاوت عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر بر

عملکرد، اجزای عملکرد و تولید علوفه گلرنگ طراحی گردید.

مواد و روش ها

مطالعه حاضر در طی یک سال زراعی در دو مکان شامل ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان (´۵۰ و ´´۵۹ شرقی و ´۳۳ و ´´۳۲ شمالی) و مزارع بخش خصوصی شهرستان بردسیر (´۴۶ و ´´۷۸ شرقی و ´۳۳ و ´´۰۷ شمالی) در طی سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام گردید. ویژگی های هواشناسی در شکل ۱ و ویژگی‌های خاک در جدول ۱ ارائه شده است. این پژوهش در هر دو مکان به صورت فاکتوریل (دو عامله) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طراحی شد. عامل اول ورمی‌کمپوست در دو سطح (صفر و شش تن در هکتار) و عامل دوم ترکیبات متفاوت کودهای کم‌مصرف در ۱۲ سطح (بدون کاربرد کود کم‌مصرف، گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، گوگرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، روی سه میلی‌لیتر در لیتر، بر دو میلی‌لیتر در لیتر، گوگرد ۱۰۰+روی، گوگرد ۱۰۰+بُر، گوگرد ۲۰۰+روی، گوگرد ۲۰۰+بُر، روی+بُر، گوگرد ۱۰۰+روی+بُر و گوگرد ۲۰۰+روی+بُر) بود. گوگرد به صورت خاک مصرف، و روی و بر به صورت محلول‌پاشی استفاده شدند.



شکل ۱- دما و مقدار تجمعی بارش در طول فصل رشد در دو بردسیر و کرمان

Fig. 1- Temperature and cumulative quantity of precipitation during the growing seasons for Bardsir and Kerman

کشت قبلی در هر دو مکان گندم پاییزه آبی بود. عملیات آماده-سازی زمین شامل شخم رایج با گاوآهن برگردان‌دار به عمق خاک زراعی، دو بار دیسک عمود برهم و تسطیح بود. پس از عملیات آماده-سازی زمین، نسبت به نمونه‌برداری از خاک مزرعه اقدام و نمونه‌ها جهت تعیین میزان عناصر پرمصرف، کم‌مصرف، تعیین بافت خاک، اسیدیته و درصد ماده آلی به آزمایشگاه خاکشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان ارسال گردید و نتایج در جدول ۱ آمده است. ورمی‌کمپوست مورد استفاده دارای ۳۹/۱ درصد ماده آلی، ۲/۴ درصد نیتروژن کل، ۱/۲ درصد فسفر، ۲/۵ درصد کلسیم محلول، ۴۲ قسمت در میلیون آهن، ۴۳ قسمت در میلیون روی و ۱۷ قسمت در میلیون مس بود. گوگرد به صورت کود آلی گوگرد گرانوله ۴۵ درصد بود. محلول‌های روی (Zink750, Rosier S.A. Belgium) و بُر (Borfol150, IMG, Alliance, US) استفاده شده به ترتیب دارای ۳۵ و ۲۲ درصد خلوص بودند.

بر اساس آزمون خاک، مقادیر ۳۰۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره (نیتروژن) و سوپر فسفات تریپل (فسفر) به خاک اضافه شد. کل کود فسفر و یک سوم کود نیتروژن در زمان پیش از کاشت و مابقی کود نیتروژن در زمان ظهور اولین طبق‌ها به خاک اضافه شد. پیش از کاشت کرت‌های به طول شش متر و عرض چهار متر تهیه گردید. فاصله بین کرت ها ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در

نظر گرفته شد.

جدول ۱- نتایج آزمون خاک از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری در دو منطقه مورد مطالعه

Table 1- The results of soil analysis at three 0-30, 30-60 and 60-90 cm depth in two evaluated regions

	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس برمتر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	رطوبت اشباع (درصد) SM (%)	ماده آلی خاک (درصد) OM (%)	بافت Texture	نیتروژن (درصد) N (%)
کرمان Kerman	3.6	7.8	42.4	0.33	رسی سیلتی Silty clay	0.043
بردسیر Bardsir	4.1	8.1	44.1	0.28	رسی سیلتی Silty clay	0.039
	فسفر (میلی‌گرم درکیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	**پتاسیم (میلی‌گرم درکیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)**	**گوگرد (میلی‌گرم درکیلوگرم) S ($mg.kg^{-1}$)**	**روی (میلی‌گرم درکیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)**	**بُر (میلی‌گرم درکیلوگرم) B ($mg.kg^{-1}$)**	**منگنز (میلی‌گرم درکیلوگرم) Mn ($mg.kg^{-1}$)**
کرمان Kerman	7.5	190.1	6.57	0.67	0.42	10.1
بردسیر Bardsir	6.1	179.0	4.32	0.51	0.30	9.2

EC: هدایت الکتریکی، SM: رطوبت اشباع، OM: ماده آلی، N: نیتروژن، P: فسفر، K: پتاسیم، S: گوگرد، Zn: روی، B: بُر و Mn: منگنز

EC: Electrical conductivity, SM: Saturated moisture, OM: Organic matter; N: Nitrogen, P: Phosphorous, K: Potassium, S: Sulphur, Zn: Zink, B: Boron and Mn: Manganese

در هر کرت هشت ردیف با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر کاشت صورت گرفت. کل مساحت زمین برای اجرای آزمایش ۲۵۰۰ مترمربع بود. رقم مورد استفاده برای کشت رقم پاییزه پدیده بود. کاشت در هر دو مکان در نیمه مهرماه صورت گرفت. به منظور داشتن سطح سبز مناسب، بذرها به صورت کپه‌ای (سه بذر در هر کپه) کشت گردیدند که در مرحله دو تا چهار برگی عمل تنک‌کردن صورت گرفت. در طول دوره آزمایش عملیات و مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری مطابق با عرف منطقه و مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد. اولین آبیاری (خاک-آب) پس از کاشت و پس از آن به فاصله هر هفت روز یک‌بار در حد ظرفیت مزرعه و با در نظر گرفتن میزان بارش‌های زمستانه صورت گرفت.

تیمار شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار پیش از کشت، با محاسبه مقدار مورد نیاز برای هر کرت، به هر کرت اضافه گردید. تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نیز به صورت پودر گوگرد قبل از کشت مصرف شدند. تیمارهای روی و بُر به صورت محلول‌پاشی به کار برده شدند. محلول‌پاشی این دو عنصر کم‌مصرف در دو نوبت، یکی در مرحله قبل از گلدهی و دیگری در مرحله گرده‌افشانی اعمال شد. محلول‌پاشی به مقدار ۶۰۰ لیتر در هکتار و با سم‌پاش موتوری با فشار ثابت در ساعات ابتدایی روز در هوای کاملا ساکن صورت گرفت.

صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، علوفه خشک و عملکرد دانه بود. برای اندازه‌گیری علوفه خشک از سه ردیف هر کرت در اوایل گلدهی نمونه‌گیری انجام شد و پس از آن نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۵±۷۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و سپس توزین گردید. برداشت نهایی، پس از رسیدن کامل بوته‌ها زمانی که شاخ و برگ گیاه زرد شد و دانه‌ها به مرحله رسیدگی کامل رسیدند، با رعایت اثر حاشیه‌ای از هر طرف صورت گرفت. تعداد شاخه فرعی و تعداد طبق برای هر بوته و تعداد دانه در هر طبق به وسیله شمارش ده نمونه و میانگین‌گیری تعیین شد. وزن هزار دانه از توزین چهار نمونه صدتایی بذر و عملکرد دانه بوته‌های برداشت شده یک مترمربع مشخص گردید. پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس به صورت تجزیه مرکب دو مکان انجام گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD[1]) در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند. تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و رگرسیون گام به‌گام با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1.3 انجام

1- Least significant difference

گردید. نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم شدند.

نتایج و بحث

تعداد ساقه فرعی تنها تحت تأثیر معنی‌دار سال قرار گرفت، ولی سایر تیمارها تأثیری معنی‌داری بر تعداد ساقه فرعی نداشت (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها همچنین نشان داد که اثر مکان، ورمی‌کمپوست و کود کم‌مصرف بر صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). اجزای عملکرد شامل تعداد ساقه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در گلرنگ‌های کرمان به طور معنی‌داری بیشتر از گلرنگ-های بردسیر بود (جدول ۳). این صفات به طور میانگین ۲۳/۶، ۹/۶، ۵/۲ و ۱۴/۱ درصد در کرمان بیشتر از بردسیر بود. همان طور که در مورد علوفه تر و خشک و همچنین ارتفاع بوته و ارتفاع تا اولین ساقه فرعی بیان شد، خاک منطقه کرمان دارای سطوح بالاتری از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بود و بنابراین، گیاه در این خاک دارای رشد و عملکرد بالاتری بود.

کاربرد ورمی‌کمپوست به مقدار شش تن در هکتار موجب افزایش معنی‌دار تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه شد، ولی تأثیر معنی‌داری بر تعداد ساقه در بوته نداشت (جدول ۳). کاربرد ورمی‌کمپوست با افزایش ۱۱/۹، ۷/۸ و ۷/۶ درصدی در تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همراه بود. ورمی‌کمپوست بر طیف وسیعی از فرآیندهای گیاه تأثیر مثبت دارد و از آن طریق موجب افزایش رشد می‌گردد. به عنوان مثال، ورمی‌کمپوست باعث تحریک جوانه‌زنی در گیاهان می‌شود (Cavender et al., 2003). ورمی-کمپوست همچنین دارای اثر مثبت بر رشد رویشی، تحریک ساقه و توسعه ریشه می‌باشد. این اثرات شامل تغییرات در مورفولوژی مانند افزایش سطح برگ و منشعب شدن ریشه نیز می‌باشد (Gupta & Samnotra, 2004). ورمی‌کمپوست همچنین گلدهی گیاه، تعداد گل و انتقال مواد پرورده به سمت دانه را تحریک می‌کند (Arancon et al., 2004). در هر دو مکان کرمان و بردسیر تعداد طبق در بوته بیشتر از سایر اجزای عملکرد تحت تأثیر ورمی‌کمپوست قرار گرفت. این صفت در کرمان به میزان ۱۳/۱ و در بردسیر به میزان ۱۰/۶ درصد تحت تأثیر ورمی‌کمپوست افزایش یافت.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تأثیر ورمی‌کمپوست، کود کم‌مصرف و برهمکنش آن‌ها

Table 2- The results of analysis of variance (Mean of Squares) for safflower yield and yield components under affected by vermicompost, micronutrient fertilizer and their interaction

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد ساقه فرعی Branches number	تعداد طبق در بوته Heads number per plant	تعداد دانه در طبق Seeds number per head	وزن هزار دانه 1000-seed weight	علوفه خشک Dry forage	عملکرد دانه Seed yield
مکان Place (P)	1	162.56^{*}	309.17^{**}	258.67^{*}	142695.06^{**}	3.19^{**}	463.90^{**}
بلوک در مکان Block×place	4	3.43	69.28	65.11	30048.29	0.06	33.81
ورمی‌کمپوست Vermicompost (C)	1	21.01^{ns}	473.06^{**}	564.06^{**}	104706.17^{**}	4.35^{**}	141.49^{**}
کود کم‌مصرف Micronutrient (F)	11	4.87^{ns}	152.28^{**}	187.61^{**}	191107.46^{**}	0.86^{**}	39.81^{*}
C×F	11	5.95^{ns}	3.43^{ns}	5.96^{ns}	994.69^{ns}	0.16^{ns}	43.09^{*}
P×C	1	4.34^{ns}	10.56^{ns}	19.51^{ns}	3296.67^{ns}	1.90^{**}	16.91^{ns}
P×F	11	2.41^{ns}	10.08^{ns}	3.48^{ns}	1820.49^{ns}	0.02^{ns}	10.81^{ns}
P×C×F	11	1.70^{ns}	3.05^{ns}	1.37^{ns}	764.43^{ns}	0.02^{ns}	1.70^{ns}
خطا Error	92	8.42	36.57	53.36	14461.02	0.09	8.29
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		28.79	18.73	13.80	9.51	17.80	10.52

ns: غیرمعنی‌دار، * و ** معنی‌دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns: non significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- تأثیر مکان و ورمی‌کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ

Table 3- effect of place and vermicompost on yield and yield components of safflower

	تعداد ساقه فرعی Branches number per plant	تعداد طبق در بوته Heads number per plant	تعداد دانه در طبق Seeds number per head	هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry forage ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
مکان Place						
کرمان Kerman	11.14[a]	33.75[a]	54.26[a]	29.16[a]	1819.80[a]	1295.46[a]
بردسیر Bardsir	9.01[b]	30.81[a]	51.58[b]	25.57[b]	1522.22[b]	1232.50[b]
ورمی‌کمپوست Vermicompost						
۶ تن در هکتار $6\ t.ha^{-1}$	10.45[a]	34.10[a]	54.90[a]	28.36[a]	1844.86[a]	1290.94[a]
بدون ورمی‌کمپوست No use	9.69[a]	30.47[b]	50.94[b]	26.37[b]	1497.22[b]	1237.01[b]

*میانگین های با حروف مشابه برای هر اثر در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

*Means with similar letter for each main effect in each column were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

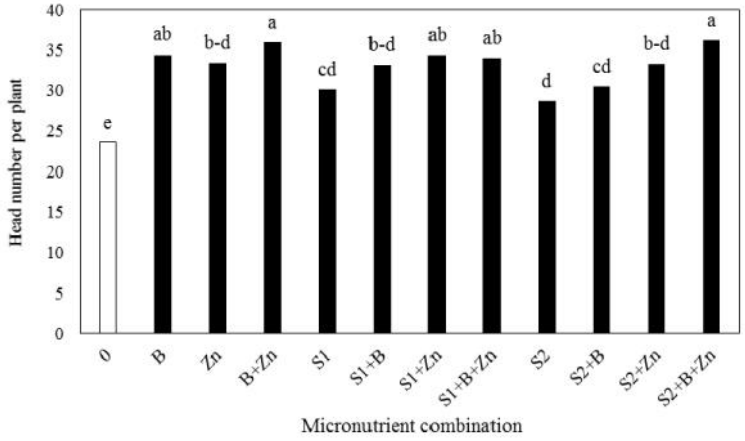
عظیم‌زاده (Azimzadeh, 2013)گزارش کرد که اجزای عملکرد گلرنگ شامل تعداد طبق، تعداد دانه و وزن هزار دانه در تیمارهای با هفت تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشترین بود. همین صفات گیاه گلرنگ در مطالعه تالشی و همکاران (Taleshi et al., 2012) در سطح شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست و در مطالعه مهرآفرید و همکاران (Mehrafrid et al., 2015) در سطح پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و به بیشینه خود رسید.

کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر تأثیر مثبت و معنی‌داری بر اجزای عملکرد داشتند (شکل‌های ۲ تا ۴)، چنانچه که به‌طور میانگین کمترین تعداد طبق در بوته (۲۳/۶ عدد)، تعداد دانه در طبق (۴۵ عدد) و وزن هزار دانه (۲۴/۴ گرم) مربوط به تیمار بدون مصرف عناصر کم‌مصرف مشاهده شد. بیشترین تعداد طبق در بوته (۳۶/۲ عدد) از تیمار کاربرد توأم ۲۰۰ گرم در هکتار گوگرد همراه با روی و بُر و تیمار کاربرد توأم روی و بُر به‌دست آمد (شکل ۲) که به‌ترتیب به میزان ۵۳/۴ و ۵۲/۳ درصد بیشتر از تیمار بدون مصرف عناصر کم‌مصرف بود. همچنین، تیمارهای کاربرد توأم ۱۰۰ یا ۲۰۰ گرم در هکتار گوگرد همراه با روی و بُر و همچنین تیمار کاربرد توأم روی و بُر دارای بیشترین تعداد دانه در طبق بودند (شکل ۳). این سه تیمار به ترتیب ۳۰/۷، ۲۵/۹ و ۲۶/۵ درصد دانه بیشتری در طبق داشتند. از سوی دیگر، وزن هزار دانه از تفاوت کمتری در بین ترکیب کودهای کم‌مصرف برخوردار بود، و به‌طورکلی ترکیب‌های کاربرد توأم دو یا سه عنصر کم‌مصرف وزن هزار دانه بیشتری داشتند (شکل ۴). گوگرد، روی و بُر به عنوان مهمترین عناصر کم‌مصرف، نقش مهمی در فرآیندهای زایشی دارند و موجب افزایش تعداد کل گل‌ها و همچنین افزایش دانه‌های بارور می‌شود (Galavi et al., 2012). همچنین عناصر کم‌مصرف به دلیل نقش تقویت‌کننده فعالیت‌های آنزیمی، منجر به افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی می‌شوند که باعث انتقال بیشتر مواد پرورده به دانه و افزایش وزن دانه می‌شوند (Heidarian et al., 2011).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات اصلی مکان، ورمی‌کمپوست و کود کم‌مصرف و برهمکنش دوگانه مکان در ورمی-کمپوست بر علوفه خشک گلرنگ معنی‌دار بود. میزان تولید علوفه خشک به طور معنی‌داری در کرمان بیشتر از بردسیر بود (جدول ۳)، چنان‌چه گلرنگ‌های رشد یافته در کرمان به طور میانگین به میزان ۱۹ درصد علوفه خشک بیشتری نسبت به بوته‌های گلرنگ رشدیافته در بردسیر بودند. این موضوع می‌تواند به دلیل وضعیت بهتر خاک و

شرایط آب و هوایی در منطقه کرمان باشد، به‌طوری‌که خاک مزرعه در کرمان دارای ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری نسبت به خاک مزرعه در بردسیر بود (جدول ۱). مقدار بارش تجمعی نیز در کرمان در سال آزمایش بیشتر از بردسیر بود (شکل ۱).

اعمال ورمی‌کمپوست تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تولید علوفه خشک گلرنگ داشت، به‌طوری‌که تولید علوفه خشک از ۱/۵ کیلوگرم در مترمربع در شرایط بدون کاربرد ورمی‌کمپوست به ۱/۸ کیلوگرم در مترمربع در شرایط کاربرد شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار رسید (جدول ۳).

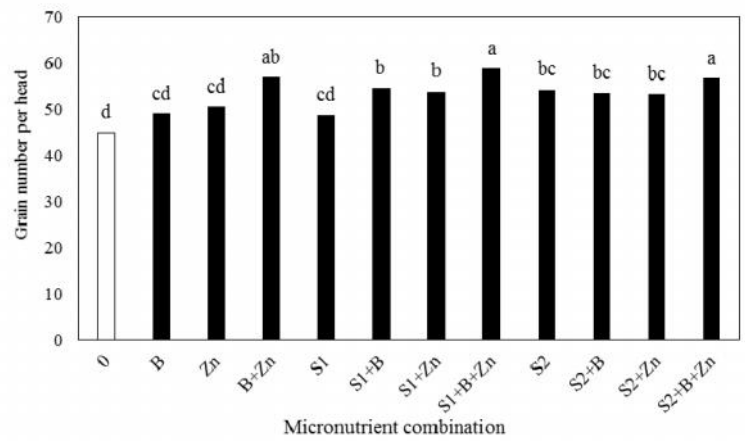


شکل ۲- تأثیر ترکیب‌های متفاوت کود کم‌مصرف بر تعداد طبق در بوته گلرنگ

Fig. 2- Effect of different micronutrient combinations on heads number in safflower plants

0: بدون کود، B: مصرف ۲ میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف ۳ میلی‌لیتر در لیتر روی، S_1: مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و S_2: مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد.
ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

0: No micronutrient, B: 2 $ml.L^{-1}$ Boron, Zn: $ml.L^{-1}$ zinc, S_1: 100 $kg.ha^{-1}$ sulphur, S_2: 200 $kg.ha^{-1}$ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

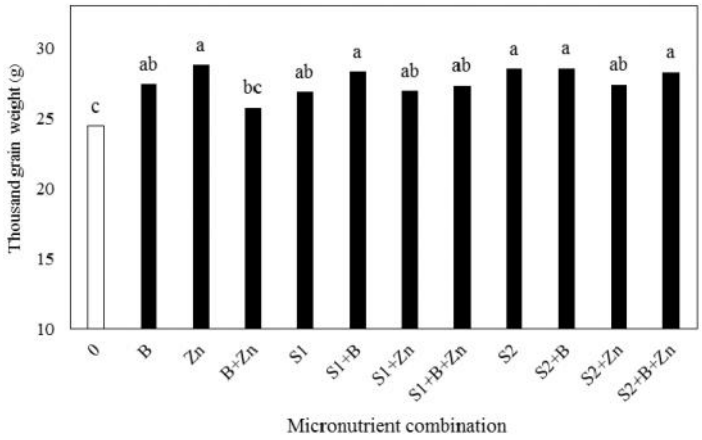


شکل ۳- تأثیر ترکیب های متفاوت کود کم‌مصرف بر تعداد دانه در طبق گلرنگ

Fig. 3- Effect of different micronutrient combinations on seeds number in head of safflower

0: بدون کود، B: مصرف ۲ میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف ۳ میلی‌لیتر در لیتر روی، S_1: مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و S_2: مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد.
ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

0: No micronutrient, B: 2 $ml.L^{-1}$ Boron, Zn: $ml.L^{-1}$ zinc, S_1: 100 $kg.ha^{-1}$ sulphur, S_2: 200 $kg.ha^{-1}$ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.



شکل ٤- تأثیر ترکیب های متفاوت کود کم‌مصرف بر وزن هزار دانه گلرنگ

Fig. 4- Effect of different micronutrient combinations on 1000-seed weight in safflower plants

0: بدون کود، B: مصرف ۲ میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف ۳ میلی‌لیتر در لیتر روی، S_1: مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و S_2: مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

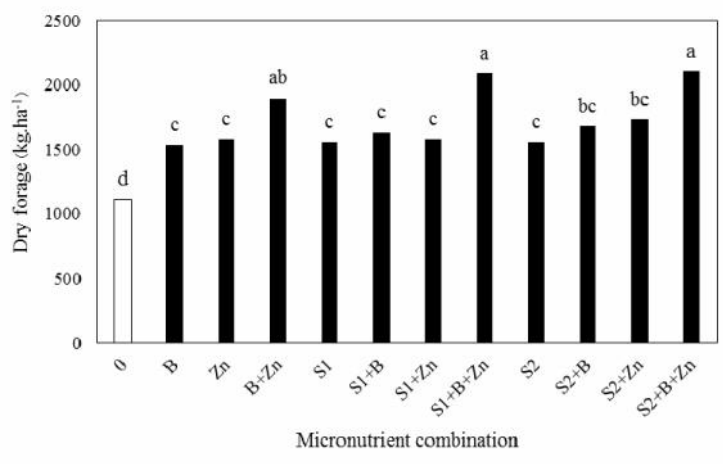
0: No micronutrient, B: 2 $ml.L^{-1}$ Boron, Zn: $ml.L^{-1}$ zinc, S_1: 100 $kg.ha^{-1}$ sulphur, S_2: 200 $kg.ha^{-1}$ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

بنابراین، به طور میانگین کاربرد شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار با افزایش ۲۳/۲ درصدی علوفه خشک همراه بود. ورمی-کمپوست‌ها حاوی مواد بیولوژیک فعالی هستند که همانند مواد تنظیم-کننده رشد عمل کرده و اضافه کردن آن‌ها به خاک، باعث افزایش حفره‌های موجود در خاک شده و افزایش گردش هوای مورد نیاز برای رشد گیاهان و میکروارگانیسم را به دنبال دارد (Arancon et al., 2004; Cavender et al., 2003). خود ورمی‌کمپوست‌ها نیز از خلل و فرج زیاد، ظرفیت بالای تهویه، زهکشی مناسب و ظرفیت نگهداری آب بالایی برخوردار هستند (Pirasteh-Anosheh et al., 2010; Pirdashti et al., 2010). لذا، با توجه به بافت خاک هر دو مکان (جدول ۱) و وجود مشکل نسبی در تهویه خاک، کاربرد این مواد در خاک منجر به افزایش توان گیاه گلرنگ برای تولید علوفه می‌گردد. در مطالعه عظیم زاده (Azimzadeh, 2015) تأثیر چهار سطح صفر، ۴، ۷ و ۱۱ تن ورمی‌کمپوست در هکتار بر رشد و عملکرد گلرنگ بررسی شد و مشخص گردید که بیشترین اثر مربوط به سطح هفت تن ورمی‌کمپوست در هکتار بود. تالشی و همکاران (Taleshi et al., 2012) نیز با مطالعه تأثیر چهار سطح صفر، ۲، ۴ و ۶ تن ورمی‌کمپوست، بیشترین تولید گلرنگ را از تیمار شش تن در هکتار به‌دست آوردند.

تفاوت معنی‌داری بین تولید علوفه خشک (شکل ۵) در میان تیمارهای ترکیبی کودهای کم‌مصرف مشاهده شد، به‌طوری‌که کمترین علوفه خشک در تیمار بدون کاربرد کود کم‌مصرف به‌دست آمد. این روند در کرمان و بردسیر به همین صورت بود (جدول ۴). تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی (۲/۱۰ کیلوگرم در مترمربع)، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی (۲/۰۹ کیلوگرم در مترمربع) و تیمار بُر و روی (۱/۸۹ کیلوگرم در مترمربع) دارای بیشترین علوفه خشک بودند (شکل ۵). موحدی (Movahhedy, 2009) ابراز داشتند که در شرایط کمبود عناصر کم‌مصرف، محلول‌پاشی آن‌ها باعث افزایش رشد و تولید گلرنگ شده است. بر اساس آزمون خاک، در هر دو مکان مقادیر اولیه عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر کمتر از حد بحرانی آن‌ها بوده است (جدول ۱)، لذا کاربرد آن‌ها می‌تواند با رفع کمبود این عناصر موجب تحریک رشد شود. تأثیر مثبت گوگرد (Ravi et al., 2008; Galavi et al., 2012)، بُر (Sarker et al., 2002; Galavi et al., 2012) و روی (Singh & Mannj, 2007) در آزمایشات پیشین نشان داده‌شده‌است.

به‌طورکلی، در هر دو مکان کرمان و بردسیر، برهمکنش ورمی-کمپوست و کود کم‌مصرف مثبت بود، چنان‌چه بیشترین علوفه خشک در شرایطی به‌دست آمد که شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار به همراه ترکیب چندگانه عناصر گوگرد، روی و بر به‌دست آمد (جدول

۴). در پژوهش‌های پیشین نیز کاربرد توأم عناصر کم‌مصرف مانند گوگرد و بُر (Sarker et al., 2002)، روی و بُر (Banks, 2007)، گوگرد و روی (Singh & Mannj, 2007) بررسی شد و تأثیر مثبت برهمکنش آن‌ها نشان داده شده است. از سوی دیگر، در ورمی-کمپوست عناصر ضروری پرمصرف گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم موجود به شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌شوند (Atiyeh et al., 2002)، بنابراین، کاربرد ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی عناصر گوگرد، روی و بُر سبب تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف گیاه گلرنگ شده و تولید گیاه را به پتانسیل خود نزدیک می‌سازد.



شکل ۵- تأثیر ترکیب های متفاوت کود کم‌مصرف بر علوفه خشک گلرنگ

Fig. 5- Effect of different micronutrient combinations on dry forage of safflower plants

0: بدون کود، B: مصرف ۲ میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف ۳ میلی‌لیتر در لیتر روی، S_1: مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و S_2: مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

0: No micronutrient, B: 2 $ml.L^{-1}$ Boron, Zn: $ml.L^{-1}$ zinc, S_1: 100 $kg.ha^{-1}$ sulphur, S_2: 200 $kg.ha^{-1}$ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

جدول ٤- تأثیر سطوح ورمی‌کمپوست و ترکیب کود کم‌مصرف بر علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) گلرنگ در بردسیر و کرمان

Table 4- Effect of vermicompost and micronutrient combination on dry forage ($kg.ha^{-1}$) of safflower in Bardsir and Kerman

کود کم‌مصرف	کرمان Kerman				بردسیر Bardsir			
	٦ تن در هکتار 6 $t.ha^{-1}$		بدون ورمی‌کمپوست No use		٦ تن در هکتار 6 $t.ha^{-1}$		بدون ورمی‌کمپوست No use	
Micronutrient								
0	±15.3	1833	±14.4	620	±16.4	1270	±7.8	737
B	±27.2	2087	±17.4	1293	±5.9	1487	±21.2	1267
Zn	±11.1	1923	±12.7	1477	±13.4	1540	±11.4	1377
B+Zn	±16.3	2227	±28.0	2053	±13.7	1633	±21.6	1667
S_1	±40.0	2027	±49.2	1.393	±14.6	1457	±18.2	1350
S_1+B	±31.2	2100	±22.2	1440	±23.9	1530	±17.7	1450
S_1+Zn	±12.5	2047	±18.8	1490	±25.9	1543	±18.3	1233
S_1+B+Zn	±29.7	2340	±39.3	2143	±16.2	1863	±9.2	2017
S_2	±17.1	2083	±40.6	1297	±37.1	1517	±9.6	1333
S_2+B	±15.1	2050	±21.2	1527	±33.1	1640	±13.6	1500
S_2+Zn	±57.9	2170	±59.2	1503	±12.5	1620	±14.7	1640
S_2+B+Zn	±14.0	2417	±56.3	2137	±23.2	1873	±19.8	1990

میانگین‌های با دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (±SE) تفاوت معنی‌دار ندارند.

The means with similar overlap range were not significantly differed based on standard error (±SE).

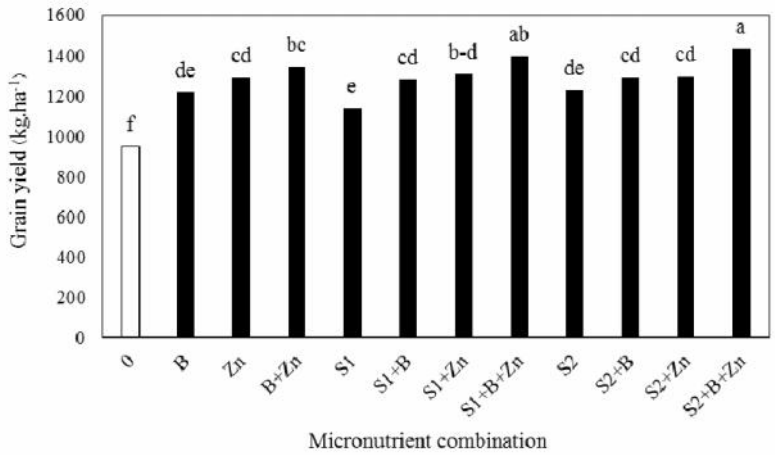
0: بدون کود، B: مصرف ۲ میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف ۳ میلی‌لیتر در لیتر روی، S_1: مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و S_2: مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد

0: No micronutrient, B: 2 $ml.L^{-1}$ Boron, Zn: $ml.L^{-1}$ zinc, S_1: 100 $kg.ha^{-1}$ sulphur, S_2: 200 $kg.ha^{-1}$ sulphur.

عملکرد دانه تحت تأثیر معنی‌دار مکان، ورمی‌کمپوست، کود کم-مصرف و برهمکنش ورمی‌کمپوست و کود کم‌مصرف قرار گرفت (جدول ۲). عملکرد دانه در منطقه کرمان به میزان ۵/۱ درصد بیشتر از منطقه بردسیر بود (جدول ۳). همچنین کاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست با افزایش معنی‌دار عملکرد دانه همراه بود که به طور میانگین عملکرد دانه در کرت‌های تحت تیمار ورمی‌کمپوست، ۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از کرت‌های بدون ورمی‌کمپوست بود (جدول ۳). ورمی‌کمپوست نیز دارای آنزیم‌ها و هورمون‌هایی است که نقش آن در افزایش عملکرد محصولات مختلف مانند گلرنگ (Taleshi et al., 2012; Azimzadeh, 2013; Naderi & Bijanzadeh, 2014; Azimzadeh, 2015; Mehrafrid et al., 2015)؛ آفتابگردان (Pirasteh-Anosheh et al., 2010; Heidarianpour et al., 2014)، ذرت (*Zea mays* L.) (Rezvantalab et al., 2008; Jalali et al., 2011)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Anwar et al., 2005; Rezvani-Moghaddam et al., 2010) و سویا (Pirdashti et al., 2010) مشخص شده است. نادری و بیژن-زاده (Naderi & Bijanzadeh, 2014) نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش عملکرد دانه هر دو رقم گلدشت و پدیده گلرنگ گردید. دلیل افزایش عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر ورمی‌کمپوست، علاوه بر اثرات ورمی‌کمپوست بر فرآیندهای داخلی گیاه مانند فتوسنتز، می‌تواند اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک و قابلیت دسترسی بهتر گیاه به آب و عناصر غذایی و همچنین سهولت جذب عناصر می باشد (Mallanagouda, 1995).

محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت، به طوری که کمترین عملکرد دانه از تیمار بدون مصرف کود کم‌مصرف به دست آمد (شکل ۶). بیشترین عملکرد دانه نیز از تیمارهای محلول‌پاشی ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم گوگرد در هکتار همراه با روی و بُر مشاهده شد، که به ترتیب به میزان ۴۷/۰ و ۵۰/۹ درصد بیشتر از تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی بود. همان‌طور که در پژوهش جاری مشخص شد محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر با افزایش تعداد طبق در بوته (شکل ۲)، تعداد دانه در طبق (شکل ۳) و وزن هزار دانه (شکل ۴) همراه بود، بنابراین، با افزایش اجزای عملکرد تحت تأثیر این عناصر، عملکرد دانه نیز بالا می‌رود (شکل ۶).

در هر دو مکان کرمان و بردسیر و در هر دو شرایط با و بدون کاربرد ورمی‌کمپوست کمترین و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب از تیمارهای بدون کاربرد عناصر کم‌مصرف و محلول‌پاشی ترکیبی هر سه عنصر گوگرد، روی و بُر مشاهده شد (جدول ۵).



شکل ٦- تأثیر ترکیب‌های متفاوت کود کم‌مصرف بر عملکرد دانه گلرنگ

Fig. 6- Effect of different micronutrient combinations on seed yield of safflower plants

0: بدون کود، B: مصرف ۲ میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف ۳ میلی‌لیتر در لیتر روی، S_1: مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و S_2: مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

0: No micronutrient, B: 2 $ml.L^{-1}$ Boron, Zn: $ml.L^{-1}$ zinc, S_1: 100 $kg.ha^{-1}$ sulphur, S_2: 200 $kg.ha^{-1}$ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

جدول ۵- تأثیر سطوح ورمی‌کمپوست و ترکیب کود کم‌مصرف بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) گلرنگ در بردسیر و کرمان

Table 5- Effect of vermicompost and micronutrient combination on seed yield (kg.ha^{-1}) of safflower in Bardsir and Kerman

کود کم‌مصرف Micronutrient	کرمان Kerman				بردسیر Bardsir			
	٦ تن در هکتار 6 t.ha^{-1}		بدون ورمی‌کمپوست No use		٦ تن در هکتار 6 t.ha^{-1}		بدون ورمی‌کمپوست No use	
0	1015.0	±42.1	1004.3	±85.8	906.7	±10.9	871.0	±27.7
B	1252.0	±38.0	1215.0	±43.0	1211.7	±14.0	1193.3	±25.7
Zn	1335.0	±40.6	1323.3	±39.7	1297.0	±52.6	1203.3	±42.0
B+Zn	1406.7	±32.5	1356.0	±51.0	1340.7	±55.8	1273.3	±39.1
S_1	1195.0	±45.8	1153.7	±43.7	1130.7	±21.1	1070.3	±37.2
S_1+B	1323.3	±46.6	1305.0	±33.0	1280.7	±48.0	1217.0	±16.0
S_1+Zn	1370.0	±40.6	1288.3	±41.8	1321.7	±26.8	1246.7	±31.4
S_1+B+Zn	1463.3	±36.7	1397.3	±49.6	1406.0	±21.9	1316.7	±33.8
S_2	1290.0	±44.4	1212.0	±35.2	1237.7	±43.5	1170.3	±13.7
S_2+B	1340.0	±23.2	1298.3	±37.9	1282.3	±17.9	1239.0	±32.1
S_2+Zn	1326.7	±25.7	1293.3	±42.0	1330.7	±42.4	1231.3	±28.9
S_2+B+Zn	1495.0	±37.6	1433.0	±51.5	1425.3	±35.7	1376.7	±22.3

میانگین های با دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (±SE) تفاوت معنی‌دار ندارند.

The means with similar overlap range were not significantly differed based on standard error (±SE).

0: بدون کود، B: مصرف ۲ میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف ۳ میلی‌لیتر در لیتر روی، S_1: مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و S_2: مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد.

0: No micronutrient, B: 2 ml.L^{-1} Boron, Zn: ml.L^{-1} zinc, S_1: 100 kg.ha^{-1} sulphur, S_2: 200 kg.ha^{-1} sulphur.

به طورکلی، بوته‌های تیمارشده با کاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست با محلول‌پاشی توأم ۲۰۰ گرم گوگرد همراه با روی و بُر در منطقه کرمان (۱۴۹۵ کیلوگرم در هکتار) دارای بیشترین عملکرد دانه بود. مصرف کودهای کم‌مصرف از فاکتورهای عمده مؤثر بر عملکرد دانه گیاهان روغنی می‌باشد و از این رو است که متخصصان مصرف کودهای کم‌مصرف به‌ویژه گوگرد همراه با کودهای پایه نیتروژن، فسفر و پتاسیم را برای گیاهان روغنی توصیه می‌کنند (Altaf et al., 2000).

جدول ٦- همبستگی اجزای عملکرد با علوفه خشک و عملکرد دانه گلرنگ

Table 6- Correlation of yield components with dry forage and seed yield of safflower

	تعداد ساقه فرعی در بوته Branches number per plant	تعداد طبق در بوته Heads number per plant	تعداد دانه در طبق Grain number per head	هزار دانه 1000-seed weight	علوفه خشک Dry forage
علوفه خشک Dry forage	0.518^{ns}	0.775**	0.889**	0.378^{ns}	1.000
عملکرد دانه Seed yield	0.516^{ns}	0.877**	0.897**	0.674*	0.768*

ns: غیرمعنی‌دار، * و ** معنی‌دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

در پژوهش‌های پیشین نیز گزارشات متعددی وجود دارد که عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بر با بهبود اجزای عملکرد موجب

افزایش عملکرد گیاهان روغنی مانند گلرنگ (Ravi et al., 2008; Movahhedy et al., 2009; Galavi et al., 2012)، آفتابگردان (Noorabadi & Ghafari, 2010)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L. Chaubey et al., 2000; Singh & Mannj, 2007)، کلزا (Altaf et al., 2000; Martinez, 2004)، سویا (Sarker et al., 2002; Banks, 2004; Heidarian et al., 2011) می‌گردد. تولید علوفه خشک با تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۶). همچنین عملکرد دانه به طور مثبت و معنی‌دار با تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همبسته بود. بیشترین همبستگی با علوفه خشک و عملکرد دانه مربوط به تعداد دانه در طبق بود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش در دو مکان کرمان و بردسیر نشان داد که علی‌رغم تفاوت در وضعیت تغذیه‌ای خاک این دو مکان، کاربرد ورمی‌کمپوست و عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر تأثیر مثبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و علوفه خشک گلرنگ داشت. در میان اجزای عملکرد، تعداد دانه در طبق بیشترین همبستگی مثبت را با تولید علوفه خشک و عملکرد دانه داشت. به‌طورکلی، کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و ترکیب سه گانه گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) درهنگام کاشت به‌صورت خاک مصرف، و محلول‌پاشی روی و بُر (به ترتیب با غلظت‌های ۳ و ۲ میلی‌لیتر درلیتر) با ایجاد برهمکنش مثبت، موجب افزایش بیشتر عملکرد علوفه و دانه شده و درصورت تأیید در مطالعات بلند مدت جهت استفاده در هر دو منطقه کرمان و بردسیر قابل توصیه است.

منابع

Altaf, A., Khan, I., and Abedin, Z. 2000. Effect of sulfur fertilization on oil accumulation, acetyl-COA concentration and acetyl-COA carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). Australian Journal Agricultural 51: 1023-1029.

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresorces Technology 93: 145-153.

Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresources Technology 84: 7-14.

Azimzadeh, S.M. 2013. Study on replacement probability of composted organic manure with chemical fertilizer in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) organic farming. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 19: 1304-1311.

Azimzadeh, S.M. 2015. Soil physical properties after two years application of organic fertilizers in safflower (*Carthamus tinctorius* L) planting. International Journal of Farming and Allied Sciences 4: 341-351.

Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Experimental Agriculture and Animal Husbandry 116: 226-231.

Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. Pedobiologia 47: 85-89.

Chaubey, A.K., Sing, S.B., and Kaushik, M.K. 2000. Response of grount (*Arachis pogaea*) to source and level of sulphur fertilizer in mid-western plains of uttar desh. Indian Journal Agronomy 45: 166-169.

Galavi, M., Ramroudi, M., and Tavassoli, A. 2012. Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius*). Agricultural Research 7: 482-486.

Gupta, A.K., and Samnotra, R.K. 2004. Effect of biofertilizers and nitrogen on growth, quality and yield of cabbage (*Brassica napus* L.). Environment Ecology 22: 551-553.

Heidarian, A.R., Kord, H., Mostafavi, K., and Amin-Mashhadi, F. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* L. Merr.) at different growth stages. Sustainable Agriculture 28:

41-54
Heidarianpour, M.B., Sameni, A., Sheikhi, J., Karimian, N.A., and Zarei, M. 2014. Effect of vermicompost and nitrogen on growth, nutrient concentration and absorption in sunflower. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource 67: 217-227. (In Persian with English Summary)
Jalali, A.H., Bahrani, M.J., and Karimian, N.A. 2011. Effect of crop residue management, application of compost and nitrogen fertilizer on grain yield and its components in maize cv. DC370. Iranian Journal of Crop Sciences 13: 336-351. (In Persian with English Summary)
Mallanagouda, B. 1995. Effects of N.P.K and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Science 4: 916-918.
Martinez, J.F. 2004. Sesame and Safflower Newsletter. Publication of Institutes of Sustainable Agriculture (IAS), Spain.
Mehrafrid, S., Azimzadeh, S.M., and Ehteramian, K. 2015. Effects of municipal waste compost and irrigation regimes on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 8: 373-379.
Movahhedy, M., Dahnavy, S., and Modarres-sanavy, A. 2009. Foliar application of zinc manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products 30: 82-92.
Naderi, R., and Bijanzadeh, E. 2014. Organic amendments and nitrogen effects on growth and chemical composition of two cultivars of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Australian Journal of Crop Science 8: 577-581.
Noorabadi, A., and Ghafari, M. 2010. Examination the effect of planting date and micronutrient foliar application on agronomic properties of sunflower. The 3th National Congress on Development of Biologic Application and Optimum Use of Fertilizer and Pesticide in Agriculture. p. 1-4. (In Persian with English Summary)
Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., and Jamali-Ramin, F. 2010. Comparison Effect of biofertilizer and chemical fertilization on sunflower growth, yield and oil percentage under different level of drought stress. Journal of Agroecology 3: 492-501. (In Persian with English Summary)
Pirdashti, H., Motaghian, A., and Bahmanyar, M.A. 2010. Effect of organic amendments application on grain yield, leaf chlorophyll content and some morphological characteristics in soybean cultures. Journal of Plant Nutrition 33: 485-495.
Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., and Dharmatti, R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Agriculture Science 21: 382-385.
Ravindran, B., Dinesh, S.L., Kennedy, L., and Sekaran, G. 2008. Vermicomposting of solid waste generated from Leather Industries using epigeic earth worm eisenia fetida. Applied Biochemical Biotechnology 151: 480–488.
Rezvani Moghaddam, P., Mohammadabadi, A.A., and Moradi, R. 2010. Evaluation the effect of chemical and organic fertilizers on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different planting density. Journal of Agroecology 3: 256-265. (In Persian with English Summary)
Rezvantalab N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., and Abasian, A. 2008. Study on yield and yield components of corn Zea mays L. response to different types and rates of organic and chemical fertilizers. Journal of Agriculture Science 15: 1-10.
Sarker, S.K., Chowdhury, M.A.H., and Zakir, H.M. 2002. Sulfur and boron fertilization on yield quality and nutrient uptake by Bangladesh soybean. Biological Sciences 11: 729-733.
Singh, Y.P., and Mannj, S. 2007. Interaction effect of sulphur and zinc in groundnut (*Arachis hypogaea*) and their availability in tonk district of Rajasthan. Indian Journal of Agronomy 12: 1-11.
Taleshi, K., Shokohfar, A., Rafiee, M., Noormahamadi, G., and Sakinejhad, T. 2012. Safflower yield respond to chemical and biotic fertilizer on water stress condition. World Applied Sciences Journal 20: 1472-1477.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 2, Summer 2017, p. 505-519

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، ص. ۵۱۹-۵۰۵

Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as Affected by Micronutrient Application and Vermicompost in Two Kerman and Bardsir Regions

A.R. Karimi[1*], M.A. Behdani[2], S.V. Eslami[2] and M.H. Fathi[3]

Submitted: 23-11-2015
Accepted: 18-01-2016

Karimi, A.R., Behdani, M.A., Eslami, S.V., and 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.

Introduction

Despite the importance of oily crops in development of Iran, there are few studies on nutrition with micronutrient in these crops, especially for safflower. Safflower, a deep rooted oilseed crop, is grown in many areas of world because it can be used as oil crop, vegetable, birdfeed and spices. To achieve the acceptable growth and yield of safflower, it needs the sufficient micro- and macronutrient, so that recently, there has been an increased interest in evaluation of nutrient role in quality and quantity of safflower. Application of vermicompost in oil crop production systems of Iran has been increased; which it can improve soil structure by increasing aggregate stability as well as increase in water holding capacity and aeration. On the other hand, micronutrients are nutrients required by plants in small quantities to organize a range of physiological functions. The deficiency micronutrients is widespread in many parts of the country due to cultivation of high yielding varieties, intensive agriculture and increasing use of sulphur free fertilizers in large quantities with concomitant decrease in use of organic manures. There is little information on interaction of vermicompost and micronutrients combination on safflower. thus, this study was conducted to evaluate the effect of combinations of three important micronutrient consisted of sulphur, zinc and boron on yield and yield components as well as dry forage production of safflower in different vermicompost treatments.

Material and Methods

In this research, the effect of micronutrient application and vermicompost was examined on yield and yield components of safflower in Agriculture and Natural Resources Research Center of Kerman Province in two Kerman and Bardsir regions. The treatments were included vermicompost factor at two levels (0 and 6 t ha^{-1}) and micronutrients combinations at 12 levels (no use, 100 kg ha^{-1} S, 200 kg ha^{-1} S, 3 ml L^{-1} Zn, 2 ml L^{-1} B, four twofold and two triplet combinations of the 3 micronutrients). A factorial experiment based on randomized block design (RCBD) was used. Vermicompost and S were used before planting as soil apply, while Zn and B were applied as foliar application. Dry forage at the flowering early and branch number per plant, head number per plant, grain number per head, weight of 1000 grains and grain yield at final ripening were determined. Analysis of variance, means comparisons (LSD at 5% probability level) and correlation coefficient were done in SAS software.

Results and Discussion

The results showed that application of vermicompost and micronutrient had positive and significant effect on head number per plant, grain number per head, weight of 1000 grains, dry forage and grain yield in both places. These could be attributed to improved soil porosity, water holding capacity and aeration caused by vermicompost. Vermicompost are also known as sources of plant nutrients and can improve soil physicochemical characteristics. Growth and yield of safflower plants in Kerman was significantly more than those in Bardsir, which was probably due to better conditions of soil in Kerman. Kerman had greater amount of nitrogen, potassium and phosphorous as well as higher level of soil organic matter. On average, vermicompost

1, 2 and 3- PhD Student in Agronomy, Professor, Department of Agronomy and Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: gogheri22@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.51650

application at 6 t ha^{-1} was associated with 347 and 54 $kg.ha^{-1}$ increasing in dry forage and grain yield, respectively. In the other hand, the highest dry forage and grain yield were obtained from plants treated with 200 kg ha^{-1} S, Zn and B as 2104 and 1433 and 1433 kg ha^{-1}, respectively. Stimulated photosynthetic activity and synthesis of chloroplast and protein in result of micronutrient application might be reason of greater yield in these treatments. The grain number had the highest correlation with forage production and yield.

Conclusion

In general, the result of this study revealed that in both places, vermicompost and micronutrient application had positive interaction, so that the greatest forage and grain production were observed in vermicompost application with triple combination of S, Zn and B.

Keywords: Boron, Organic fertilizer, Sulfur, Zinc