نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۸۷۷-۸۶۲

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 862-877

تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست و عناصر کم‌مصرف بر کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

علیرضا کریمی[۱]، محمد علی بهدانی[۲*]، محمد حسن فتحی[۳] و سید وحید اسلامی[۳]

کریمی، ع.ر.، بهدانی، م.ع.، فتحی، م.ح.، و اسلامی، س.و. ۱۳۹۶. تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست و عناصر کم‌مصرف بر کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۸۶۲-۸۷۷.

چکیده

در مطالعه حاضر کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی در دو منطقه در استان کرمان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ ارزیابی شد. تیمارهای آزمایشی شامل ترکیبی از دو سطح ورمی‌کمپوست (صفر و شش تن در هکتار) و ۱۲ سطح کودهای تکمیلی (عدم 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 کاربرد ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد ماده خشک و مقادیر خاکستر، کلسیم و پروتئین خام شد، ولی تأثیر معنی‌داری بر چربی خام و فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و شوینده خنثی نداشت. کاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست با افزایش ۳۷/۲ درصدی عملکرد ماده خشک همراه بود. افزودن کودهای تکمیلی به‌ویژه در حالات ترکیبی با افزایش ماده خشک، خاکستر، کلسیم، پروتئین خام و چربی خام و کاهش فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی باعث افزایش کیفیت علوفه گردید. مقدار ماده خشک بوته‌ها در تیمار بدون کاربرد کودهای تکمیلی ۴۶/۱ درصد کمتر از تیمار مصرف ترکیبی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با روی و بُر بود. پاسخ بوته‌ها هم به ورمی‌کمپوست و هم به کودهای تکمیلی در کرمان بهتر از بردسیر بود. علاوه بر شرایط آب و هوایی، وضعیت بهتر خاک در مزرعه کرمان می‌تواند دلیل این تفاوت باشد. به‌طورکلی، در هر دو مکان، کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی اثر هم‌افزایی داشت، به‌طوری‌که بیشترین و بهترین علوفه در تیمارهای کاربرد ورمی‌کمپوست همراه با ترکیب سه‌گانه گوگرد، روی و بُر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بُر، چربی خام، خاکستر، روی، گوگرد

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، پنبه‌دانه (*Gossypium* spp.)، سویا (*Glycine max*)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) مهم‌ترین گیاهان تأمین‌کننده روغن کشور هستند (Azimzadeh, 2015) که در برخی موارد می‌توانند کاربرد صنعتی یا علوفه‌ای نیز داشته باشند. رشد مطلوب گیاهان زراعی از جمله گلرنگ و دستیابی به حداکثر کیفیت و کمیت محصول، مستلزم وجود مقدار کافی و متعادلی از کودهای تکمیلی و پرمصرف در خاک است (Shahrasbi et al., 2015) که می‌توانند از طریق کودهای شیمیایی یا آلی تأمین شود. مصرف بیش‌ازحد کودهای شیمیایی موجب تحریک بیش‌ازحد رشد رویشی گیاه، نازک و طویل-شدن ساقه و درنتیجه خوابیدگی بوته‌ها و هدرروی مقادیر زیاد آب می‌شود (Fowler, 2003). همچنین افزایش آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی و احتمال تجمع سمی نیترات در بافت گیاه از دیگر عواقب این رویکرد است (Pirdashti et al., 2010)، بنابراین، بهتر است که کودهای شیمیایی در حد بهینه و به‌صورت تلفیقی با کودهای آلی استفاده شوند (Pirdashti et al., 2010).

عناصر ضروری رشد گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم می‌توانند توسط ورمی‌کمپوست به شکل قابل‌دسترس برای گیاه تبدیل

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات و علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند و دانشیار، گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v9i3.56280

شوند (Atiyeh et al., 2002). ورمی‌کمپوست حاصل فعالیت اکسیداسیون زیستی و تثبیت مواد آلی توسط کرم‌های خاکی می‌باشد، به‌طوری‌که این کرم‌ها به‌عنوان یک ماشین عمل کرده و باعث تغییر ماهیت و شکل مواد آلی از لحاظ فیزیکی و شیمیایی می‌شوند و به‌تدریج باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن و افزایش سطح ذرات خاکی می‌شوند که در معرض میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد (Ravindran et al., 2008).

به‌جز نیتروژن، پتاسیم و فسفر، گوگرد نیز از عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاهان است. گوگرد به‌طور عمده در ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات زراعی 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). بُر و روی از مهم‌ترین عناصر کم‌مصرف است که برای رشد مطلوب و کیفیت مناسب گیاهان ضروری است. عنصر کم‌مصرف بُر برای رشد طبیعی گیاه حیاتی بوده و کمبود آن سبب توقف رشد و کاهش کیفیت می‌شود (Sarker et al., 2002). در خاک‌های مناطق خشک مانند استان کرمان به دلیل کاهش تحرک بُر به‌وسیله 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). عنصر روی در فعالیت‌های مختلف بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی نقش مهمی دارد، به‌طوری‌که هر عامل ثانویه‌ای که موجب غیرقابل‌دسترس شدن این عنصر برای گیاه شود، علائم ناشی از کمبود را به شکل‌های مختلف از قبیل کاهش رشد، عملکرد و غلظت این عنصر در اندام‌های مختلف ازجمله دانه نمایان می‌سازد (Heidarian et al., 2011).

کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی با برهمکنش مثبت می‌تواند منجر به افزایش رشد گیاه و کیفیت علوفه شود. باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014a, b) در سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و امان‌اله و همکاران (Amanullah et al., 2012) در ذرت (*Zea mays* L.) بیان کردند که کاربرد توأم کودزیستی و عناصر کم‌مصرف می‌تواند کمیت و کیفیت علوفه را افزایش دهد. باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014a) نشان دادند که کیفیت علوفه سورگوم تحت تأثیر کاربرد توأم کودهای زیستی و عناصر کم-مصرف قرار گرفت. این پژوهشگران نشان دادند که بالاترین شاخص‌های کیفیت علوفه مانند درصد ماده خشک قابل‌هضم و درصد پروتئین خام از کاربرد توأم کودزیستی و مصرف عناصر کم‌مصرف روی و آهن به‌دست آمد. در مطالعه دیگری که توسط باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014b) انجام شد، نیز نشان داده شد که بیشترین عملکرد علوفه خشک از کاربرد توأم کودزیستی و عناصر کم‌مصرف به دست آمد. کاربرد توأم کودهای تکمیلی نیز می‌تواند به‌صورت اثر هم‌افزا، نقش آنان را افزایش دهد. به‌عنوان‌مثال، افزایش عملکرد علوفه سویا تحت تأثیر اثر متقابل گوگرد و بُر (Sarker et al., 2002)، یا افزایش عملکرد بیولوژیک سویا (*Glycine max* L.) تحت تأثیر اثر متقابل بُر و روی (Banks, 2004) گزارش‌شده است.

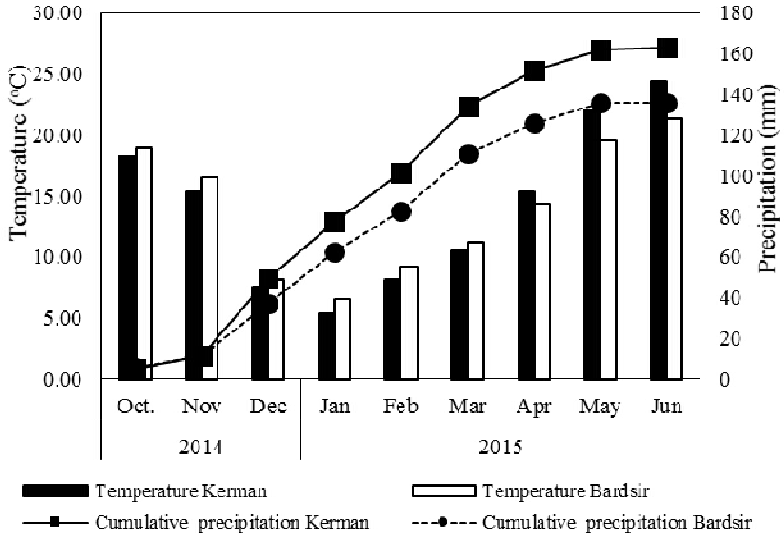
گلرنگ، علاوه بر تولید روغن، پتانسیل تولید علوفه و کنجاله برای صنعت دامپروری را نیز داراست (Martinez, 2004). گزارش‌شده است که علوفه تازه گلرنگ ازنظر ارزش غذایی با یک علوفه مرتعی خوب برابری می‌کند و ازنظر وزن خشک تفاوت چندانی با یونجه ندارد (Ravi et al., 2008). به‌طورکلی، مشکل عمده استفاده از علوفه گلرنگ ، وجود تانن به‌عنوان یک ترکیب ضدتغذیه‌ای در بافت گلرنگ تازه است. برای حل این مشکل می‌توان از سیلوکردن یا استفاده از برخی افزودنی‌ها برای افزایش خوش‌خوراکی علوفه گلرنگ استفاده نمود (Ben Salem et al., 2005). افزودنی‌هایی مانند خاکستر چوب، زغال چوب فعال‌شده و پلی‌اتیلن گلایکول منجر به از بین بردن کمپلکس پروتئین با تانن می‌شود (McSweeney et al., 2001). پلی‌اتیلن گلایکول یک پلیمر سنتتیک است که کمپلکس پروتئین با تانن را از بین می‌برد و قابلیت دسترسی پروتئین را برای میکروارگانیسم‌های شکمبه افزایش می‌دهد. تانن‌ها ترکیبات فنولی با وزن مولکولی بالا هستند که قادرند با پروتئین، کربوهیدرات‌های ساختمانی و نشاسته باند شده و بر تجزیه‌پذیری آن‌ها تأثیر بگذارند (Silanikove et al., 2001).

علی‌رغم اینکه گلرنگ تحمل نسبتاً بالایی به تنش‌های خشکی و شوری دارد و به شرایط اکولوژیک انعطاف نشان می‌دهد، ولی کشت آن چندان موردتوجه کشاورزان قرار نگرفته است. از سوی دیگر، بررسی علمی جنبه‌های علوفه‌ای آن نیز ازنظر دورمانده است. در صورت تایید علمی کمیت و کیفیت قابل‌قبول برای علوفه گلرنگ، امید است که توجه بیشتری از سوی محققین و تولیدکنندگان به این گیاه صورت گیرد. بنابراین، این پژوهش باهدف ارزیابی تأثیر مصرف کود ورمی‌کمپوست و کاربرد کودهای تکمیلی عنصر پرمصرف گوگرد، و عناصر کم‌مصرف روی و بُر روی کمیت و کیفیت علوفه گلرنگ

اجراشده است.

مواد و روش‌ها

ارزیابی پتانسیل کمی و کیفی علوفه تولیدی گلرنگ در مطالعه حاضر به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه در استان کرمان در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. دو مکان آزمایشی 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) بود. ویژگی‌های هواشناسی دو منطقه در شکل ۱ آمده است. تیمارها شامل دو سطح ورمی‌کمپوست شامل صفر و شش تن در هکتار و ۱۲ ترکیب متفاوت کودهای تکمیلی شامل: ۱) عدم کاربرد کود تکمیلی، ۲) بُر دو میلی‌لیتر در لیتر، ۳) روی سه میلی‌لیتر در لیتر، ۴) روی سه میلی‌لیتر در لیتر+بُر دو میلی‌لیتر در لیتر، ۵) گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۶) گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار +بُر دو میلی‌لیتر در لیتر، ۷) گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار +روی سه میلی‌لیتر در لیتر، ۸) گوگرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار + روی سه میلی‌لیتر در لیتر+بُر دو میلی‌لیتر در لیتر، ۹) گوگرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۱۰) گوگرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار +بُر دو میلی‌لیتر در لیتر، ۱۱) گوگرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار +روی سه میلی‌لیتر در لیتر و ۱۲) گوگرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار + روی سه میلی‌لیتر در لیتر+بُر دو میلی‌لیتر در لیتر بود. کود گوگرد به‌صورت خاکی مصرف گردید و عناصر روی و بر به‌صورت محلول‌پاشی استفاده شدند.



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

Fig. 1- Temperature and cumulative quantity of precipitation during the growing seasons for two places

کشت قبلی در هر دو مکان گندم آبی پاییزه بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم رایج با گاوآهن برگردان دار، دو بار دیسک عمود برهم و تسطیح بود. پس از آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تعیین شد که نتایج در جدول ۱ ارائه‌شده است. بر اساس آزمون خاک، مقادیر ۳۰۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره (نیتروژن) و سوپرفسفات تریپل (فسفر) به خاک اضافه شد. کل کود فسفردار و یک‌سوم کود نیتروژن در زمان پیش از کاشت و مابقی کود نیتروژن در زمان ظهور اولین طبق‌ها به خاک اضافه شد.

مساحت کرت‌ها ۲۴ مترمربع (۶×۴ متر)، فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد. کاشت در هر دو مکان در اواسط مهرماه در هشت ردیف در هر کرت، بافاصله بین و روی ردیف به ترتیب ۵۰ و ۱۰ سانتی‌مترصورت گرفت. رقم مورداستفاده برای کشت رقم پاییزه پدیده بود. به‌منظور داشتن سطح

سبز مناسب، بذرها به‌صورت کپه‌ای (سه عدد بذر در هر کپه) کشت گردیدند که در مرحله دو تا چهار برگی عمل تنک کردن صورت گرفت. در طول دوره آزمایش عملیات و مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری مطابق با عرف منطقه و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت وجین‌دستی انجام شد. اولین آبیاری پس از کاشت و پس‌ازآن در حد ظرفیت مزرعه و با در نظر گرفتن میزان بارش‌های زمستانه صورت گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکو-شیمیایی خاک در دو منطقه موردمطالعه

Table 1- The soil physio-chemical properties in two experimental locations

	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر) Electrical conductivity ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH	رطوبت اشباع (٪) Saturated Moisture (%)	ماده آلی (٪) Organic matter (%)	بافت Texture	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)
کرمان Kerman	3.6	7.8	42.4	0.33	Silty clay	0.043
بردسیر Bardsir	4.1	8.1	44.1	0.28	Silty clay	0.039
	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potassium	گوگرد Sulphur	روی Zink	بُر Boron	منگنز Manganese
	(میلی گرم در کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)					
کرمان Kerman	7.5	190.1	6.57	0.67	41.2	10.1
بردسیر Bardsir	6.1	179.0	4.32	0.51	29.6	9.2

تیمار شش تن ورمی‌کمپوست در هکتار پیش از کشت، با محاسبه مقدار موردنیاز برای هر کرت، اعمال گردید. تجزیه شیمیایی ورمی‌کمپوست مورداستفاده در جدول ۲ آمده است. تیمارهای ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نیز به‌صورت پودر گوگرد قبل از کشت مصرف شدند. تیمارهای روی و بُر به‌صورت محلول‌پاشی به‌کاربرده شدند. محلول‌های روی و بُر استفاده‌شده به ترتیب دارای ۳۵ و ۲۲ درصد خلوص بودند. 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 در ساعات ابتدایی روز در هوای آفتابی، کاملاً ساکن و بدون باد صورت گرفت. به منظور تفکیک اثر آب در محلول پاشی عناصر، کرت های شاهد به همان میزان با آب محلول‌پاشی شدند.

جدول ۲- تجزیه شیمیایی خاک ورمی کمپوست مورد استفاده

Table 2- Chemical analysis of used vermicompost

ماده آلی (٪) Organic matter (%)	نیتروژن کل (٪) Total Nitrogen (%)	فسفر (٪) Phosphorous (%)	کلسیم محلول (٪) Soluble Calcium (%)	آهن(میلی گرم در کیلوگرم) Iron ($mg.kg^{-1}$)	روی(میلی گرم در کیلوگرم) Zink ($mg.kg^{-1}$)	مس (میلی گرم در کیلوگرم) Copper ($mg.kg^{-1}$)
39.1	2.4	1.2	2.5	42	43	17

صفات اندازه‌گیری شده در علوفه شامل ماده خشک علوفه، خاکستر، کلسیم، پروتئین خام، چربی خام، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی[۱] (ADF) و فیبر نامحلول در شوینده خنثی[۲] (NDF) بود. برای

۱- Acid detergent fiber

۲- Neutral detergent fiber

اندازه‌گیری ماده خشک علوفه از یک مترمربع در هر کرت در اوایل گلدهی با رعایت اثر حاشیه‌ای نمونه‌گیری انجام شد، و پس ازآن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۵±۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده و سپس توزین گردید. مقدار خاکستر نیز به‌صورت درصد ماده خشک با قرار دادن نمونه‌ها در کوره با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. درصد پروتئین خام علوفه با استفاده از دستگاه کجلدال تعیین شد. در این روش پس‌از اندازه‌گیری نیتروژن کل نمونه با اعمال ضریب ۶/۲۵ درصد پروتئین خام علوفه محاسبه شد. صفات پروتئین خام، چربی خام، خاکستر و کلسیم بر اساس روش‌های استاندارد (AOAC, 1999; 2000) انجام شد. درصد خاکستر علوفه با استفاده از کوره الکتریکی به مدت زمان پنج ساعت با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. با استفاده از دستگاه کجلدال و تبدیل مقدار نیتروژن نمونه، درصد پروتئین خام علوفه اندازه‌گیری شد. درصد چربی خام بر اساس روش حلال آلی و با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین شد. صفت کلسیم پس از قرار گیری نمونه در کوره الکتریکی به مدت دو ساعت با دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد بر اساس روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد. فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی برحسب درصد ماده خشک با روش آنکوم اندازه‌گیری شد (Van Soest, 1994).

پس‌از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس به‌صورت تجزیه مرکب دو مکان انجام گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[۳] (LSD) در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند. آزمون نرمالیته با استفاده از نرم افزار Minitab و تجزیه واریانس و مقایسه میانگین با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver.9.1 انجام گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد ماده خشک گلرنگ به‌عنوان کمیت علوفه تحت تأثیرمعنی‌دار اثرات اصلی مکان، ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی و برهمکنش مکان در ورمی‌کمپوست قرار گرفت (جدول ۳). ماده خشک بوته‌های گلرنگ در منطقه کرمان حدود بیست درصد بیشتر از ماده خشک در منطقه بردسیر بود (جدول ۴). شرایط بهتر خاک و وضعیت آب و هوایی مناسب‌تر منطقه کرمان دلیل این تفاوت بود. بر اساس نتایج آزمون خاک، خاک مزرعه در کرمان نسبت به منطقه بردسیر دارای مقادیر بالاتری از ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم بود (جدول ۱). در کرمان مقدار بارش تجمعی نیز در سال آزمایش بیشتر از بردسیر بود (شکل ۱).

مصرف ورمی‌کمپوست به‌طورمعنی‌داری ماده خشک گلرنگ را افزایش داد، به‌طوری‌که ماده خشک گلرنگ در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست با افزایش بیش از ۲۳ درصدی همراه بود (جدول ۴). تأثیر ورمی‌کمپوست در افزایش ماده خشک علوفه گلرنگ در کرمان بیشتر از بردسیر بود (شکل ۲)، به‌طوری‌که در شرایط بدون ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری بین ماده خشک علوفه در دو منطقه مشاهده نشد، ولی در شرایط کاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست، ماده خشک علوفه گلرنگ در کرمان ۳۴ درصد بیشتر از بردسیر بود. ورمی کمپوست‌ها حاوی مواد بیولوژیک فعالی هستند که 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). این مواد همانند مواد تنظیم‌کننده رشد عمل کرده که باعث افزایش حفره‌های موجود در خاک شده و افزایش گردش هوای موردنیاز برای رشد گیاهان و میکروارگانیسم را به دنبال دارد (Arancon et al., 2004; Cavender et al., 2003). همچنین افزایش سرعت ظهور گیاهچه و رشد اولیه در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست نیز گزارش‌شده است (Mottaghian et al., 2009).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.

تأثیر کاربرد کودهای تکمیلی نیز بر ماده خشک معنی‌دار بود، بیشترین ماده خشک در تیمار ترکیب کودهای تکمیلی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی به‌دست آمد که با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۳الف). پس از این دو تیمار نیز، تیمار کاربرد ترکیبی روی و بُر دارای ماده خشک بالایی بود. از سوی دیگر، کمترین ماده خشک

۳- Least significant difference

گلرنگ نیز در تیمار بدون کاربرد کودهای تکمیلی به‌دست آمد که ۴۷ درصد از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد +بُر+روی بـا بیشـترین مقدار ماده خشک کمتر بود.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی علوفه گلرنگ

Table 3- The results of analysis of variance (mean of squares) for quantitative and qualitative traits of safflower forage

منبع تغییرات S.O.V	df	ماده خشک Dry matter	خاکستر Ash	کلسیم Calcium (%)	پروتئین خام Crude protein	چربی خام Extract ether	فیبر نامحلول در اسید Acid detergent fiber	فیبر نامحلول در خنثی Natural detergent fiber
مکان Place(P)	1	3.193**	381.28**	0.134**	108.10**	4.440**	181.32**	1132.57**
بلوک در مکان Block × Place	4	0.094	4.47	0.053	6.16	0.398	11.21	6.41
ورمی‌کمپوست Vermicompost (V)	1	4.351**	198.57**	1.655**	490.32**	0.091^{ns}	6.35^{ns}	3.37^{ns}
کودهای تکمیلی Additional Fertilizer (F)	11	0.862**	93.72**	0.210**	29.99**	0.889**	51.21**	63.95**
برهمکنش ورمی کمپوست در کود V×F	11	0.166^{ns}	1.82^{ns}	0.015^{ns}	2.81^{ns}	0.151^{ns}	2.21^{ns}	1.98^{ns}
برهمکنش ورمی کمپوست در مکان P×V	1	1.905**	0.01^{ns}	0.021^{ns}	9.73^{ns}	0.296^{ns}	3.74^{ns}	1.39^{ns}
برهمکنش مکان در کود P×F	11	0.021^{ns}	2.77^{ns}	0.028^{ns}	4.13^{ns}	0.146^{ns}	6.67^{ns}	2.74^{ns}
برهمکنش سه گانه P×V×F	11	0.023^{ns}	1.06^{ns}	0.025^{ns}	3.80^{ns}	0.408**	1.58^{ns}	1.98^{ns}
خطا Error	92	0.090	2.02	0.019	3.08	0.102	7.12	5.48
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		17.80	15.12	12.38	12.66	12.19	9.64	6.09

ns: غیر معنی‌دار؛ ** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

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

موحدی (Movahhedy, 2009) ابراز داشتند که در شرایط کمبود کودهای تکمیلی، محلول‌پاشی آن‌ها باعث افزایش رشد و تولید گلرنگ شده است. بر اساس آزمون خاک، در هر دو مکان مقادیر اولیه کودهای تکمیلی گوگرد، روی و بُر کمتر از حد بحرانی آن‌ها (به‌ترتیب ۱۲-۱۰، ۲-۱، و ۱-۰/۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) 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 آزمایش‌های پیشین نشان داده‌شده است.

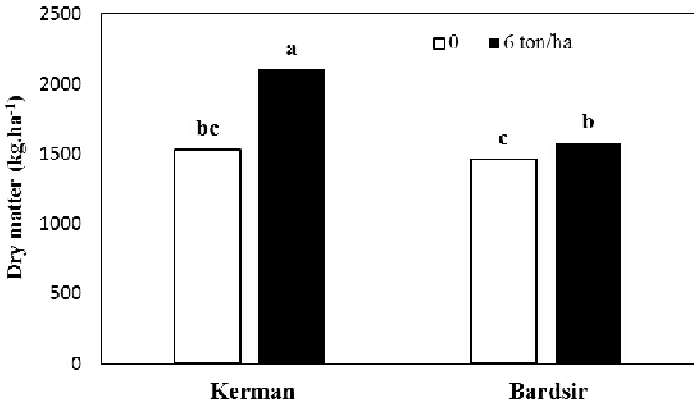
جدول ٤- تأثیر مکان و ورمی‌کمپوست بر صفات کمی و کیفی علوفه گلرنگ

Table 4- Effect of place and vermicompost on quantitative and qualitative traits of safflower forage

	ماده خشک (گرم در مترمربع) Dry matter ($g.m^{-2}$)	خاکستر (٪) Ash	کلسیم (٪) Calcium (%)	پروتئین خام (٪) Crude protein (%)	چربی خام (٪) Extract ether (%)	فیبر نامحلول در اسید (٪) Acid detergent fiber (%)	فیبر نامحلول در خنثی (٪) Natural detergent fiber (%)
مکان Place							
کرمان Kerman	1819.80[a*]	11.02[a]	1.15[a]	14.69[a]	2.85[a]	25.79[b]	35.57[b]
بردسیر Bardsir	1522.22[b]	7.79[b]	1.08[b]	13.01[b]	2.39[b]	29.55[a]	41.19[a]
ورمی‌کمپوست Vermicompost							
بدون کاربرد No use	1497.22[b]	8.2[b]	1.01[b]	11.96[b]	2.59[a]	27.62[a]	38.54[a]
٦ تن در هکتار 6 $t.ha^{-1}$	1844.86[a]	10.65[a]	1.22[a]	15.78[a]	2.64[a]	27.72[a]	38.18[a]

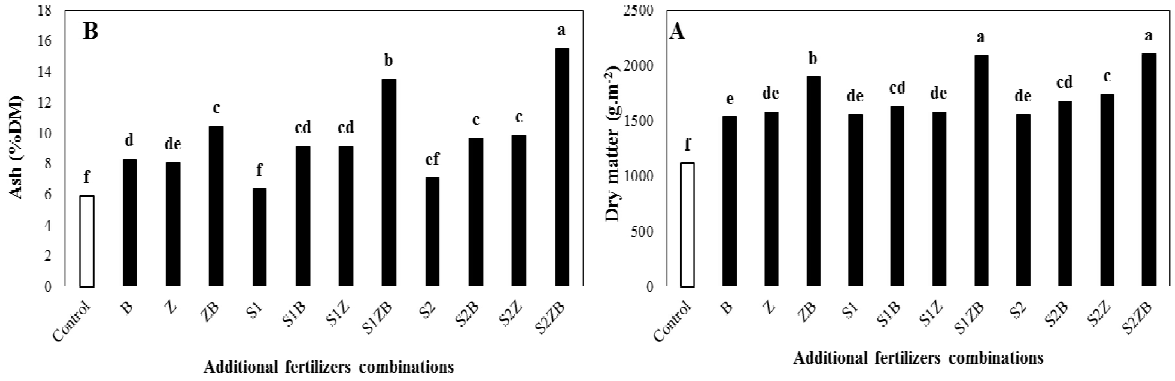
*میانگین‌های با حروف مشابه برای هر اثر در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

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



شکل ۲- اثر برهمکنش مکان و ورمی‌کمپوست بر عملکرد ماده خشک علوفه گلرنگ (LSD در سطح احتمال یک درصد)

Fig. 2- Interaction effect of place and vermicompost on dry matter yield of safflower forage (LSD p≤0.01)



شکل ۳- اثر کودهای تکمیلی (بدون کاربرد کودهای تکمیلی: Control، کاربرد بُر: B، روی: Z، S_1=۱۰۰ و S_2= ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد) بر عملکرد ماده خشک (الف) و خاکستر (ب) علوفه گلرنگ (آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد)

Fig. 3- Effect of additional fertilizers (no use: control, use of boron: B, zinc: Z, 100 and 200 kg.ha^{-1} sulphur: S_1 and S_2) and vermicompost on dry matter yield (a) and ash (b) of safflower forage (LSD p≤0.01)

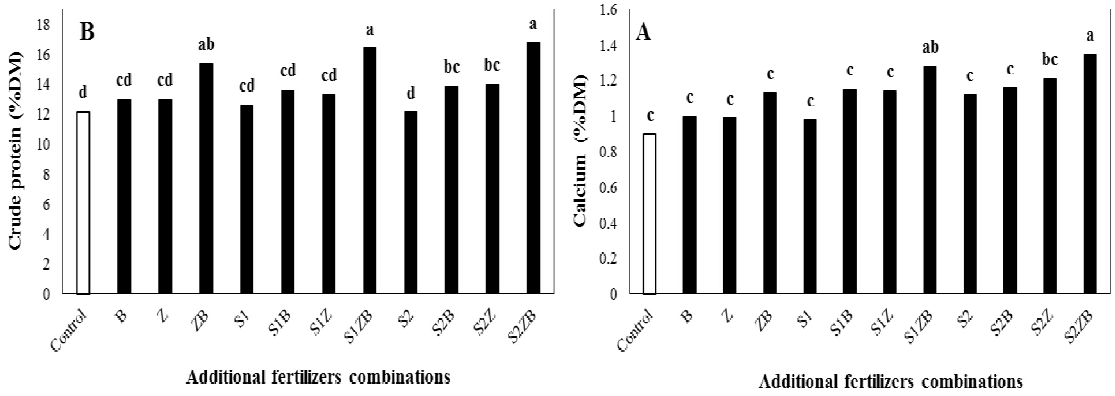
نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) صفات کیفی شامل خاکستر، کلسیم، پروتئین خام، چربی خام، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی نشان داد که اثرات اصلی مکان و کودهای تکمیلی بر همه صفات و اثر اصلی ورمی‌کمپوست بر همه صفات به‌جز چربی خام، فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی معنی‌دار بود. از سوی دیگر، تنها اثر برهمکنش سه‌گانه مکان، ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی بر چربی خام معنی‌دار گردید (جدول ۳). بوته‌های رشد یافته در کرمان به‌طورمعنی‌داری دارای کیفیت بهتری بودند، چنانچه این بوته‌ها دارای ۴۱ درصد خاکستر بیشتر، هفت درصد کلسیم بیشتر، ۱۳ درصد پروتئین خام بیشتر و ۱۶ درصد چربی خام بیشتر و همچنین به‌ترتیب ۱۵ و ۱۶ درصد فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی کمتری بودند (جدول ۴). این تفاوت‌ها را می‌توان به وضعیت غذایی بهتر خاک در منطقه کرمان مرتبط دانست خاک بهتر توانست بوته‌های گلرنگ را از نظر تغذیه‌ای تأمین کند. شرایط آب و هوایی نامساعد مانند دمای زیاد و بارندگی کم در طول دوره رشد گیاه پلی ساکاریدهای دیواره سلولی را افزایش وکربوهیدرات‌های محلول راکاهش می‌دهد و موجب افزایش الیاف نامحلول می‌شود (Pascual et al., 2000) که به‌طورکلی کیفیت علوفه را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، حاصلخیزی بالاتر خاک و وضعیت فیزیکی مساعد خاک در شهرستان کرمان باعث افزایش جذب کلسیم (Azarpour et al., 2012) در این منطقه شده و کیفیت علوفه را از این نظر بهبود بخشیده است. این موضوع حاکی از آن است که شرایط محیطی مانند وضعیت خاک، بارش، وضعیت دما و حتی ویژگی‌های اقلیمی مانند ارتفاع و شیب بر پروتئین خام علوفه تولیدی یک منطقه تأثیرگذار می‌باشد (Buxton, 1996).

مقادیر خاکستر و کلسیم در علوفه گلرنگ به‌طورمعنی‌داری در اثر مصرف ورمی‌کمپوست افزایش یافت، به‌طوری‌که کاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست باعث ۲۹/۹ و ۲۰/۸ درصد افزایش به ترتیب در خاکستر و کلسیم گردید (جدول ۴). بیشتر شدن خاکستر در تیمارهای کاربرد ورمی‌کمپوستمی‌تواند به‌دلیل آزاد شدن کندتر و جذب تدریجی عناصر غذایی توسط گیاه در اثر ورمی‌کمپوست باشد، که درنتیجه درصد خاکستر که نماینده غلظت عناصر غذایی در گیاه می‌باشد، افزایش می‌یابد (Eghball, 2002). این ویژگی کودهای آلی، هم ازنظر تغذیه گیاه و هم ازنظر جلوگیری از آبشویی عناصر غذایی دارای اهمیت زیادی است (Fateh et al., 2010). فاتح و همکاران (Fateh et al., 2010) با بیان افزایش مقدار خاکستر علوفه در اثر افزایش مقدار مصرف کود آلی، رابطه مثبت و معنی‌داری بین درصد خاکستر علوفه با قابلیت هضم ماده خشک علوفه نشان دادند. همچنین، کلسیم بیشتر در علوفه گلرنگ در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست، به تأثیر آن بر خاک برمی‌گردد. ورمی‌کمپوست از تغییر شکل مواد آلی از طریق فعل و انفعالات بین کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها به وجود می‌آیند که باعث تخلخل بالا، تهویه، زهکشی و افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک می‌شوند، بنابراین این خاک‌ها معمولاً دارای مواد مغذی بیشتری در شکل‌های قابل‌دسترس از قبیل کلسیم می‌باشند (Azarpour et al., 2012)، جذب بیشتر کلسیم می‌تواند منجر به افزایش غلظت

کلسیم در بافت گیاه شود. به‌عنوان‌مثال گزارش‌شده است که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک منجر به افزایش کلسیم در علوفه شبدر قرمز (*Trifolium pretense* L.) شد (Sainz et al., 1998).

تأثیرکودهای تکمیلی بر مقدار خاکستر علوفه گلرنگ بسیار قابل‌ملاحظه بود (شکل ۳–ب). بیشترین خاکستر علوفه در تیمار ترکیب کودهای تکمیلی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی مشاهده شد (۱۵/۵ درصد) که با تمام تیمارهای دیگر کودهای تکمیلی تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین مقدار خاکستر نیز، در تیمار بدون کاربرد کودهای تکمیلی به‌دست آمد که نسبت به تیمار دارای بیشترین خاکستر ۶۲ درصد خاکستر کمتری داشت (شکل ۳–ب). در پژوهش‌های پیشین نیز کاربرد توأم کودهای تکمیلی 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 داده‌شده است. درصد خاکستر برآیندی از عناصر غذایی می‌باشد. لذا هر تیماری که درصد خاکستر بالاتری دارد به‌منزله این است که جذب کودهای تکمیلی و پرمصرف در آن گیاه بالاتر و ازلحاظ علوفه، برای دام، مغذی‌تر است (Eghball, 2002). پایگذار و همکاران (Paigozar et al., 2009) بیان کردند که بیشترین درصد خاکستر علوفه برابر با ۱۱/۷ درصد از تیمار کاربرد ترکیب کودهای تکمیلی روی و منگنز به‌دست آمد.

مقدار کلسیم علوفه گلرنگ نیز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر کودهای تکمیلی قرار گرفت (شکل ۴–الف). بیشترین مقدار کلسیم علوفه درتیمار ترکیب کودهای تکمیلی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی به‌دست آمد که با تیمار ترکیب ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌همراه بُر و روی تفاوت معنی‌داری نداشت. این دو تیمار به ترتیب ۵۰ و ۴۲ درصد کلسیم بیشتری نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف کودهای تکمیلی داشتند. کمترین مقدار کلسیم نیز در تیمار بدون کاربرد کودهای تکمیلی به‌دست آمد که با بسیاری از تیمارهای دیگر ازجمله کاربرد کودهای تکمیلی به‌صورت منفرد تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴–الف). بیشتر بودن کلسیم در بافت خشک بوته‌های تحت تیمار با کودهای تکمیلی می‌تواند به‌دلیل جذب بیشتر کلسیم از خاک باشد. با مصرف کودهای تکمیلی، رشد گیاه بیشتر شده و ریشه‌ها توسعه‌یافته‌تر می‌شوند (Galavi et al., 2012). افزایش قدرت جذب ریشه در جذب کلسیم منجر به افزایش مقدار آن در بافت گیاه می‌شود (Sainz et al., 1998).



شکل ٤- اثر کودهای تکمیلی (بدون کاربرد کودهای تکمیلی: Control، کاربرد بُر: B، روی: Z، S_1=۱۰۰ و S_2= ۲۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد) بر کلسیم (الف) و پروتئین خام (ب) علوفه گلرنگ (آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد)

Fig. 4- Effect of additional fertilizers (no use: control, use of boron: B, zinc: Z, 100 and 200 kg.ha^{-1} sulphur: S_1 and S_2) and vermicompost on calcium (a) and crude protein (b) of safflower forage (LSD p≤ 0.01)

مقدار پروتئین علوفه خشک گلرنگ تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست قرار گرفت، به‌طوری‌که بوته‌های تحت تیمار ورمی‌کمپوست به‌طور میانگین دارای ۳۱/۹ درصد پروتئین بیشتری بودند (جدول ۴). ترکیبات آمینواسید و پروتئین خام به‌وسیله ورمی‌کمپوست تحت تأثیر قرار می‌گیرند، ازجمله ورمی‌کمپوست باعث افزایش میزان ترئونین، سرین، سیستئین، گلایسین و تیروزین می‌شود

(Angela et al., 2012). در یک آزمایش گزارش‌شده است که بیشترین مقدار پروتئین خام مربوط به کاربرد کودزیستی با مقدار ۱۲/۷ درصد و کمترین مقدار پروتئین خام مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۸/۲ درصد بود (Fateh et al., 2010). بالاترین پروتئین خام علوفه در مطالعه دیگری از تیمارهای ترکیبی کودهای بیولوژیک و شیمیایی به‌دست آمد (Zandiyeh et al., 2014). از سوی دیگر، کودهای تکمیلی نیز بر مقدار پروتئین علوفه گلرنگ تأثیر معنی‌داری داشتند (شکل ۴ب). بیشترین پروتئین علوفه از تیمارهای ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌همراه بُر و روی به‌دست آمد که به‌ترتیب ۳۸/۱ و ۳۵/۱ درصد بیشتر از تیمار شاهد بدون کاربرد کودهای تکمیلی بود. گوگرد جزء تشکیل‌دهنده پروتئین در گیاه است و مهم‌ترین عمل آن شرکت در تولید اسیدهای آمینه و به‌دنبال آن سنتز پروتئین است. سیستئین و متیونین مهم‌ترین اسیدهای آمینه گوگرددار هستند که هم به‌صورت اسیدآمینه آزاد و هم به‌صورت اجزای سازنده پروتئین تا دیده می‌شوند (Chaubey et al., 2000). در یک مطالعه بررسی اثر محلول‌پاشی کودهای تکمیلی بر آفتابگردان نشان داد که غلظت محلول‌پاشی تأثیرمعنی‌داری بر درصد پروتئین داشت. در این مطالعه، همبستگی منفی بین درصد روغن و درصد پروتئین نشان شده شد (Noorabadi & Ghafari, 2010). کمترین پروتئین علوفه نیز از تیمارهای شاهد و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌صورت منفرد به‌دست آمد (شکل ۴ب)، این موضوع نشان دهنده این است که برای کیفیت قابل قبول یک محصول، حداقلی از همه عناصر ضروری باید تأمین شود. کودهای تکمیلی در ساختار برخی آنزیم‌های حیاتی گیاه مانند آنزیم‌های دی‌کربوکسیلاز و دی‌هیدروژناز وجود دارند که جزء سازنده کمپلکس پروتئین است (Sajedi et al., 2009). باقری و همکاران (Bagheri et al., 2014a) نیز گزارش دادند که بیشترین پروتئین خام علوفه از تیمار کاربرد کودزیستی به همراه محلول‌پاشی کودهای تکمیلی روی و آهن به‌دست آمد. پایگذار و همکاران (Paygozar et al., 2009) نیز نشان دادند که که تیمار کاربرد ترکیب کودهای تکمیلی روی و منگنز با ۱۶/۷ درصد بیشترین درصد پروتئین خام علوفه را داشت.

در هر دو منطقه کرمان و بردسیر و در هر دو شرایط با و بدون کاربرد ورمی‌کمپوست، بیشترین مقدار چربی خام از تیمار ترکیبی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی به‌دست آمد (جدول ۵). پس ازاین تیمار، تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی در شرایط بدون ورمی‌کمپوست و تیمار کاربرد توأم بُر و روی در شرایط مصرف ورمی‌کمپوست دارای چربی خام بالایی بودند. در همه شرایط منطقه‌ای و ورمی‌کمپوست، به‌جز بدون ورمی‌کمپوست در کرمان، کمترین چربی خام در تیمارهای شاهد بدون مصرف کودهای تکمیلی و پس‌ازآن کاربرد هر یک از عناصر روی یا بُر به‌تنهایی مشاهده شد (جدول ۵). در کرمان، کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی با افزایش ۲۵/۰ و ۴۵/۲ درصدی چربی خام به ترتیب در شرایط بدون مصرف و مصرف شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه بود. این مقادیر برای منطقه بردسیر به‌ترتیب برابر با ۱۹/۹ و ۳۰/۸ درصد بود. پژوهشگران بر این باورند که کمبود کودهای تکمیلی مانند گوگرد، روی و بُر علاوه بر کاهش درصد روغن دانه، مقدار چربی خام بافت‌های رویشی گیاهان را نیز کاهش می‌دهد (Sukhija et al., 1987; Hrivna et al., 2002). به‌عنوان‌مثال، گوگرد جزیی از ساختمان فسفولیپیدها است، درنتیجه در ساخته‌شدن چربی به‌طور مستقیم شرکت می‌کند (Hrivna et al., 2002). گزارش‌شده است گیاهانی که با کودهای تکمیلی روی و گوگرد تغذیه شده‌اند مقادیر بالاتری چربی داشتند (Sukhija et al., 1987).

تیمارهای کاربرد ترکیبی کودهای تکمیلی فیبر نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی پایینی داشتند (شکل ۵ الف و ب). کمترین فیبر نامحلول در شوینده اسیدی از تیمارهای کاربرد توأم روی و بُر (۲۴/۴ درصد)، کاربرد توأم ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با روی و بُر (به‌ترتیب ۲۵/۶ و ۳۲/۳ درصد) به‌دست آمد. تیمارهای مذکور به‌ترتیب با ۳۴/۲، ۳۵/۱ و ۳۵/۳ درصد، دارای کمترین فیبر نامحلول در شوینده خنثی نیز بودند. فیبرهای نامحلول در شوینده اسیدی و خنثی از صفات کیفی مهم علوفه می‌باشند، که هرچه مقدار آن‌ها کمتر باشد، دام قادر است علوفه خشک بیشتری مصرف کند (Megias et al., 1993). در یک مطالعه، همبستگی منفی و معنی‌داری بین فیبر نامحلول در شوینده اسیدی با درصد پروتئین خام و درصد قابلیت هضم ماده خشک علوفه نشان داده شده است (Fateh et al., 2010). وجود بیشتر عناصر ضروری در خاک و جذب آن‌ها توسط گیاه باعث افزایش مقدار پروتئین و کاهش مقدار فیبر آن می‌شوند (Blaise et al., 2005). عناصر گوگرد، روی و بُر از فاکتورهای عمده‌ای هستند که بر کیفیت محصول تأثیر دارند، ازاین‌رو پژوهشگران توصیه کرده‌اندکه بهتر است این کودهای تکمیلی نیز به کودهای پایه (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) اضافه شود (Altaf et al.,

2000). سینگ و مانج (Singh & Manj, 2007) در پژوهشی در مورد اثر متقابل گوگرد و روی به این نتیجه رسیدند که مصرف توأم گوگرد و روی باعث افزایش معنی‌دار کیفیت آن گردیده است.

جدول ۵- تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی بر چربی خام (درصد) علوفه گلرنگ در دو مکان آزمایشی

Table 5- Effect of vermicompost and additional fertilizers application of crude fat (%) of safflower forage in two experimental places

کود تکمیلی Fertilizer	کرمان Kerman				بردسیر Bardsir			
	٦ تن در هکتار 6 t.ha^{-1}		بدون کمپوست No use		٦ تن در هکتار 6 t.ha^{-1}		بدون کمپوست No use	
شاهد Control	2.56	jk*	2.49	k	2.28	d-f	2.16	f
بُر B	2.90	ef	2.65	i-k	2.30	c-f	2.17	f
روی Z	2.57	jk	2.69	h-j	2.30	c-f	2.29	c-f
بُر+روی Z+B	2.97	de	3.40	b	2.67	b	2.77	ab
گوگرد۱ S_1	2.67	i-k	2.67	i-k	2.12	g	2.22	e-g
گوگرد۱+بُر S_1B	2.78	e-i	2.78	e-i	2.36	c-e	2.44	c
گوگرد۱+روی S_1Z	2.70	g-j	2.77	f-i	2.11	g	2.26	e-g
گوگرد۱+بُر+روی S_1ZB	3.08	c-e	3.16	cd	2.70	ab	2.74	ab
گوگرد۲ S_2	2.66	i-k	2.87	e-h	2.24	e-g	2.29	c-f
گوگرد۲+بُر S_2B	2.79	e-i	2.70	g-j	2.21	e-g	2.33	c-e
گوگرد۲+روی S_2Z	2.89	e-g	2.78	e-i	2.44	c	2.42	cd
گوگرد۱+بُر+روی S_2ZB	3.20	bc	3.62	a	2.73	ab	2.83	a

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

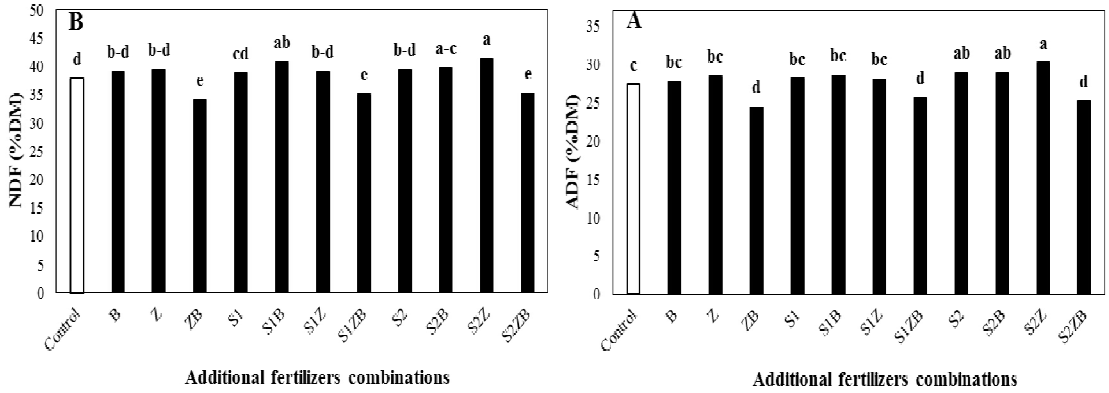
*Means with similar letter for each main effect in each column were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

شاهد: بدون کاربرد کودهای تکمیلی، کاربرد ۱۰۰ (گوگرد۱) و ۲۰۰ (گوگرد۲)کیلوگرم در هکتار گوگرد.

No additional fertilizers use (control), use of boron (B), zinc (Z), 100 (S_1) and 200 (S_2) kg.ha^{-1} sulphur.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش در دو مکان کرمان و بردسیر نشان داد که علی‌رغم تفاوت‌ها در وضعیت غذایی خاک و شرایط آب و هوایی این دو مکان، کاربرد ورمی‌کمپوست و کودهای تکمیلی گوگرد، روی و بُر تأثیر مثبتی بر تولید و کیفیت علوفه گلرنگ داشت. با توجه به ویژگی‌های کیفی علوفه، کاربرد شش تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با مصرف گوگرد و محلول‌پاشی روی و بُر به‌ویژه در منطقه کرمان، منجر به تولید قابل قبول علوفه این گیاه شد. به‌طورکلی، کاربرد توام ورمی‌کمپوست و ترکیب سه‌گانه گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در هنگام کاشت به‌صورت خاک مصرف و محلول‌پاشی روی و بُر (به‌ترتیب با غلظت‌های ۳ و ۲ در هزار) با ایجاد برهمکنش مثبت، موجب افزایش تولید علوفه و کیفیت آن شده که در صورت تأیید در مطالعات بلند مدت جهت استفاده در هر دو شهرستان کرمان و بردسیر قابل توصیه است.



شکل ۵- اثر کودهای تکمیلی(بدون کاربرد کودهای تکمیلی: Control، کاربرد بُر: B، روی: Z، ۱۰۰=S_1 و ۲۰۰= S_2کیلوگرم در هکتار گوگرد) بر فیبر نامحلول در شوینده اسیدی (الف) و خنثی (ب) علوفه گلرنگ (آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد)

Fig. 5- Effect of additional fertilizers (no use: control, use of boron: B, zinc: Z, 100 and 200 kg.ha^{-1} sulphur: S_1 and S_2) and vermicompost on acid (a) and neutral (b) detergent fiber of safflower forage (LSD $p \leq 0.01$)

منابع

Altaf, A., Khan, I., and Abdin, 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.). Crop and Pasture Science 51: 1023-1029.

Amanullah, M.M., Archana, J., Manoharan, S., and Subramanian, K.S. 2012. Influence of iron and AM inoculation on metabolically active iron, chlorophyll content and yield of Hybrid Maize in calcareous soil. Journal of Agronomy 11: 27-30.

Angelova, R., Akova, I., and Ivanov, I.K. 2012. The effect of organic amendments on the chemical composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) meal. International Scientific 8: 441-453.

AOAC. 1999. In: Cunnif, P. (Ed.), Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 16th ed. AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.

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.

Azarpour, E., Moradi, M., and Bozorgi, H. 2012. Effects of vermicompost application and seed inoculation with biological nitrogen fertilizer under different plant densities in soybean (*Glycine max* L. cultivar, Williams). Agricultural Research 7: 1534-1541.

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.

Bagheri Dehabadi, M., Moghadam, M., Chaichi, M.R., Ziloee, N., Mousavi, A.A., and Hosseini Pour, R. 2014. Effect of bio-fertilizer and foliar feeding of micronutrients on some of characteristics of physiological and forage quality in sorghum (var. Peghah). In Proceedings of the 13th Iranian of Crop Sciences Congress. August 24-26, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Bagheri Dehabadi, M., Moghadam, M., Chaichi, M.R., Ziloee, N., and Mousavi, A.A. 2014. Study of some morphological characteristics of forage sorghum under the biological fertilizer and foliar application of micronutrient elements. In: Proceedings of the 13th Iranian of Crop Sciences Congress. August 24-26, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Experimental Agriculture

and Animal Husbandry 116: 226-231.

Ben Salem, H., Ben Salem, I., and Ben Said, M.S. 2005. Effect of the level and frequency of PEG supply on intake, digestion, biochemical and clinical parameters by goats given Kermes oak (*Quercus coccifera* L.)-based diets. Small Ruminant Research 56:127-137.

Blaise, D., Singh, J.V. Bonde, A.N., Tekale, K.U., and Mayee, C.D. 2005. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fiber quality and nutrient balance of rain fed cotton (*Gossypium hirsutum*). Bioresource Technology 96: 345-349.

Buxton, D.R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. Animal Feed Science and Technology 59: 37-49.

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 (*Arachi spogaea*) to source and level of sulphur fertilizer in mid-western plains of uttardesh. Indian Journal Agronomy 45:166-169.

Eghball, B. 2002. Soil properties as influenced by phosphorus- and nitrogen-based manure and compost applications. Agronomy Journal 94: 128-135.

Fateh, A., Chaichi, M.R., Sharifi Ashorabadi, A., Mazaheri, D., and Ashraf Jafari, A. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on some silage chemical properties of globe artichoke (*Cynara scolymus*). Plant Production 33: 15-31. (In Persian with English Summary)

Fowler, D.B. 2003. Crop nitrogen demand and grain protein concentration of spring and winter wheat. Agronomy Journal 95: 260-265.

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.

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

Hrivna, L., Richter, R., Losak, T., and Hlusek, J. 2002. Effect of increasing doses of nitrogen and sulphur on chemical composition of plants, yields and seed quality in winter rape. Rostlinna Vyroba 48: 1-6.

Martinez, J.F. 2004. Sesame and Safflower Newsletter. Publication of Institutes of Sustainable Agriculture, Spain.

McSweeney, C.S., Palmer, B., McNeill, D.M., and Krause, D.O. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. Animal Feed Science and Technology 91: 83-93.

Megias, M., Martinez, A., Gallego, J.A., and Oliver, P. 1993. Fermentative and nutritive changes during artichoke (*Cynaras colymus* L.) by-product ensilage. Bioresource Technology 43: 237-239.

Mottaghian, M., Pirdashti, H., and Bahmanyar, M.A. 2009. Response of bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedling emergence and growth to different vermicompost amounts. Journal of Agroecology 1: 103-114. (In Persian with English Summary)

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.

Noorabadi, A., and Ghafari, M. 2010. Examination the effect of planting date and micronutrient foliar application on agronomic properties of sunflower. The 3th National Conference on the Development in the Application of Biologic Products and Optimum Use of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture. p. 1-4. 21-22 Feb, Karaj, Iran. (In Persian)

Pascual J.J., Fernandez, C., Diaz, J.R., Garces, C., and Rubert-Aleman, J. 2000. Voluntary intake and in vivo digestibility of different date-palm fractions by Murciano-Granadina. Journal of Arid Environment 45: 183-189.

Paygozar, Y., Qanbari, A., Heidari, M., and Tavassoli, A. 2009. The effect of foliar application of micronutrient on quantitative and qualitative characteristics of pearl millet var. Nutrifeed (*Pennisetum glacum*) under drought stress. Agricultural Sciences 10: 67-79. (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 eiseniafetida. Applied Biochemical Biotechnology 151: 480-488.

Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil 205: 85-92.

Sajedi, N.A., Ardakani, M.R., Naderi, A., Madani, H., and Mashhadi, A.B.M. 2009. Response of maize to nutrients foliar application under water deficit stress conditions. American Journal of Agriculture and Biology Science 4: 242-248.

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.

Shahrasbi, S., Emam, Y., Ronaghi, A., and Pirasteh-Anosheh, H. 2015. Effect of drought stress and nitrogen fertilizer on grain yield and nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Sirvan) in Fars Province, Iran conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 17(4): 349-363. (In Persian with English Summary)

Silanikove, N., Perevolotsky, A., and Provenza, F.D. 2001. Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative postingestive effects in ruminants. Animal Feed Science and Technology 91: 69-81.

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.

Sukhija, P.S., Randhawa, V., Dhillon, K.S., and Munshi, S.K. 1987. The influence of Zinc and Sulphur deficiency on Oil-Filling in peanut kernels. Plant and Soil 103: 261-267.

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.

Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. In: P.J. Van Soest (Ed.). Fiber and Physicochemical Properties of Feeds. Cornell University Press, Ithaca and London p. 140-155.

Zandiyeh, L., Chaichi, M.R., and Ehteshami, S.M.R. 2014. The effect of different P fertilizer application (chemical, biologic and integrated) on forage quality of two barely varieties (Bahman and Fasieh). Journal of Agroecology 6: 364-372. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 862-877

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۸۷۷-۸۶۲

Effect of Vermicompost and Micronutrient Application on Forage Quantity and Quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

A.R. Karimi[4], M.A. Behdani[2*], M.H. Fathi[2*], M. Nasiri Mohalati[3] and S.V. Eslami[2]

Karimi, A.R., Behdani, M.A., Fathi, M.H, and Eslami, S.V. 2017. Effect of vermicompost and micronutrient application on forage quantity and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 9(3): 862-877.

Introduction

Optimum growth and acceptable quality of safflower requires sufficient and balanced amount of micro- and macronutrients in the soil. The macronutrients in soil include nitrogen, phosphorus and potassium can be provided by organic such as vermicompost. Sulfur (S) also is a most important macro-nutrient that mainly involved in the production of the protein, oil and improve the quality of crops. The most important micronutrients include boron (B) and zinc (Zn) are essential for optimal growth and quality of plants. Boron is vital element for normal growth and its deficiency causes stunted growth and reduced quality. Zinc plays an important role in various biochemical processes of plants, so that each secondary factor that reduce availability of this element to plants causes deficiency symptoms in various forms such as reduced growth, yield and zinc concentration in different plants organ such as grain . Integrated application of vermicompost and additional fertilizers positively interact to increase plant growth and forage quality. Safflower is one of the most important oil crops in Iran, which in some cases could also have industrial or forage applications. In addition to oil purpose, safflower has also potential for forage production for livestock.

Material and Methods

The current study was carried out in a factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with three replications in two areas in Kerman Province. The treatments included two vermicompost levels: 0 and 6 $t.ha^{-1}$ and 12 additional fertilizers combinations: no additional fertilizers use, 100 $kg.ha^{-1}$ sulfur (S_1), 200 $kg.ha^{-1}$ sulfur (S_2), 3 $ml.L^{-1}$ zinc (Zn), 2 $ml.L^{-1}$ boron (B), 100 $kg.ha^{-1}$ sulfur + zinc (S_1Zn), 100 $kg.ha^{-1}$ sulfur + boron (S_1B), 200 $kg.ha^{-1}$ sulfur + zinc (S_2Zn), 200 $kg.ha^{-1}$ sulfur + boron (S_2B), zinc + boron (ZnB), 100 $kg.ha^{-1}$ sulfur + zinc + boron (S_1ZnB) and 200 $kg.ha^{-1}$ sulfur + zinc + boron (S_2ZnB). Sulphur was used as granulated fertilizers in soil applied form, while zinc and boron were applied as foliar spraying in solutions with 35% and 22% purity, respectively. The measured traits included dry matter, ash, calcium, crude protein, ether extract, acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF).

Results and Discussion

This study results, showed that the effects of location and additional fertilizers were significant on all measured traits, while vermicompost had significant effect on dry matter, ash, calcium and crude protein. In the other hand, interactions of location -vermicompost and location -vermicompost-additional fertilizers interactions significantly affected forage dry matter and extract ether. The results showed that vermicompost application increased dry matter yield (37.2%) and amount of ash (29.9%), calcium (20.8%) and crude protein (32%), but, had no significant effect on ether extract and acid detergent fibers and neutral detergent fibers. Additional fertilizers had positive and significant effect on all measured traits, so that plants treated with additional fertilizers, especially with combined application had more yield and amount of ash, calcium, crude protein, ether extract, however had lower acid detergent fibers and neutral detergent fibers. Usually there is a negative relation between ADF and NDF with crude protein. Dry matter digestibility means lower ADF and NDF in forage resulting in a better quality. For example, dry matter of plant in the treatment of no additional

۴ 1, 2 and 3- PhD Student of Agronomy, Associate Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding and Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand and Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v9i3.56280

fertilizer use was less than S_2ZnB by 46.1%. Additional fertilizers such as sulfur, zinc, and boron are among the major factors affecting crop quality, therefore, the researchers recommend that the additional fertilizers are also added to the basic fertilizers (N, P and K) (Altaf et al., 2000). Response of safflower to vermicompost and additional fertilizers was more in Kerman compared with Bardsir. In addition to climatic conditions, better soil properties in Kerman might be a probability reason. It could be concluded that safflower forage quality, especially in Kerman was equal to quality of forage plants such as maize, sorghum and millet.

Conclusion

In general, the results of this study implies an increase in dry matter yield and forage quality of safflower as affected by combined application of vermicompost with 100 $kg.ha^{-1}$ sulphur soil applied and foliar application of zinc and boron.

Keywords: Ash, Ether extract, Sulphur, Zinc