دوماهنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۱، شماره ۲، صفحه ۳۷۳-۳۵۷ (۱۳۹۴)

تأثیر کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)

سید میثم رضوی‌نیا[۱]، مجید آقاعلیخانی[۲*] و حسنعلی نقد بادی[۳]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، پست الکترونیک: maghaalikhani@modares.ac.ir

۳- دانشیار، گروه پژوهشی کشت و توسعه مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۲ تاریخ اصلاح نهایی: آبان ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

چکیده

هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود آلی ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) بود. آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تربیت مدرس به‌صورت فاکتوریل دو عاملی با ۱۲ تیمار در سه تکرار انجام شد. عامل کود شیمیایی در سه سطح C_1 (بدون مصرف کود)، C_2 (۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره + ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام در هکتار کود مایع ریزمغذی) و C_3 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره + ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام در هکتار کود مایع ریزمغذی) و عامل کود آلی ورمی‌کمپوست در چهار سطح (۰، ۲، ۴ و ۶ تن در هکتار) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که کود ورمی‌کمپوست اثر معنی‌داری بر وزن خشک ساقه، گل، ریشه، عملکرد بیولوژیک، تعداد گل در بوته و سبزینگی برگ داشت. همچنین برهم‌کنش کود شیمیایی و کود ورمی‌کمپوست بر وزن خشک ریشه، وزن خشک ۱۰۰ گل و ارتفاع بوته معنی‌دار گردید. بیشترین مقدار وزن خشک ساقه، گل، تعداد گل در بوته و ارتفاع بوته از کاربرد ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست ۴ تن در هکتار و بدون مصرف کود شیمیایی و بیشترین وزن خشک ریشه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب از کاربرد ۲/۹۴ و ۳/۵۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد. هیچ یک از صفات مورد مطالعه تحت تأثیر عامل کود شیمیایی قرار نگرفت. همچنین اثر هیچ‌کدام از عوامل آزمایش بر ترکیب‌های فنلی تام اندام‌های مختلف گیاه معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج بدست آمده کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست به‌عنوان جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در زراعت سرخارگل معرفی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سرخارگل (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)، ترکیب‌های فنلی، تغذیه گیاه، زراعت ارگانیک، کود آلی، نیتروژن.

مقدمه

ازجمله گیاهان دارویی مهم در جهان گیاه دارویی اکیناسه با نام علمی *Echinacea purpurea* (L.) Moench است که در ایران معروف به سرخارگل می‌باشد. سرخارگل گیاهی علفی و چندساله، از تیره کاسنی یا میناسانان (Asteraceae) و بومی قاره آمریکای شمالی بوده و گونه‌های مختلفی از این گیاه در دامنه وسیعی از شمال آمریکا و کانادا گسترش یافته‌اند. این گیاه دارای خواص

آنتی‌میکروبی (ویروس، باکتری و قارچ)، آنتی‌اکسیدانی و ضدعفونی‌کننده می‌باشد. تمام پیکر گیاه سرخارگل اعم از ریشه و اندام رویشی دارای تنوع وسیعی از ترکیب‌های شیمیایی و مواد مؤثره ارزشمندی از قبیل ترکیب‌های آلکیل‌آمیدی (Alkyl amide)، ترکیب‌های فنلی، فلاونوئیدها (Flavonoids)، آلکالوئیدها (Alkaloids)، ترکیب‌های پلی‌ساکاریدی، ترکیب‌های ترپنوئیدی (Terpenoid Compounds) و اسانس (Essential oil) می‌باشد (امیدبیگی، ۱۳۸۱). شیمی‌دانان ترکیب‌هایی را از سرخارگل جداسازی کرده‌اند که برخی از آنها منحصراً در گونه‌ای خاص از جنس سرخارگل یافت می‌شوند. ترکیب‌های مؤثره سرخارگل را به دو دسته کلی ترکیب‌های محلول در آب (پلی‌ساکاریدها، اسید شیکوریک، اکیناکوزید و سینارین) و ترکیب‌های محلول در چربی (پلی‌استیلن و ایزوبوتیل آمیدها) تقسیم‌بندی کرده‌اند (آقاعلیخانی، ۱۳۹۱).

مطالعات انجام شده درباره گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی گویای آن است که استفاده از نظام کشاورزی پایدار به‌دلیل تطابق با شرایط طبیعی و اصالت کیفیت محصول، بهترین شرایط را برای تولید این گیاهان فراهم می‌آورد و حداکثر عملکرد کمّی و کیفی در چنین شرایطی تولید می‌گردد (درزی، ۱۳۸۶). یکی از ارکان سیستم کشاورزی پایدار استفاده از کودهای آلی به‌منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با هدف حذف یا کاهش قابل‌ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است که از میان کودهای آلی می‌توان به کود ورمی‌کمپوست اشاره کرد. ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که حاصل فعالیت بیولوژیک نوعی کرم خاکی با نام علمی *Eisenia foetida* می‌باشد که در اثر عبور مداوم و آرام مواد آلی درحال پوسیدگی از دستگاه گوارش کرم خاکی و دفع این مواد از بدن کرم حاصل می‌گردد. ورمی‌کمپوست در خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر بسزایی دارد. این کود علاوه‌بر عناصر پرمصرف مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم که در فعالیت‌های حیاتی گیاه نقش اساسی دارند حاوی عناصر ریزمغذی مانند آهن، مس، روی و منگنز نیز می‌باشد (Orozco *et al*., 1996). علاوه‌بر این با داشتن ترکیب‌هایی مانند ویتامین B_{12} و تنظیم‌کننده‌های رشد مانند اکسین عوامل محرک رشد گیاه را فراهم می‌آورد (Tomati *et al*., 1987).

درزی (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای بر روی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) گزارش کرد که عملکرد دانه، وزن هزاردانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر کود ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در پژوهشی دیگر بیشترین عملکرد گل در بابونه شیرازی (*Matricaria recutita* L.) با کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدست آمد (صالحی، ۱۳۹۰). یافته‌های خالص‌رو (۱۳۸۹) نیز حکایت از آن داشت که کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با کاربرد کودهای بیولوژیک سبب افزایش معنی‌دار عملکرد و شاخص برداشت گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L.) در دو سال آزمایش گردید. در مطالعه‌ای وزن اندام‌های هوایی، سطح برگ و عملکرد میوه فلفل (*Capsicum annum* L.) تیمار شده با ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر شد (Arancon *et al*., 2005).

در آزمایشی روی گیاه دارویی سیر (*Allium sativum* L.) گزارش شد که مصرف ورمی‌کمپوست به‌دلیل بهبود جذب آب و عناصر معدنی و نیز بهبود فرایند فتوسنتز موجب افزایش ارتفاع بوته گردید (Arguello *et al*., 2006). همچنین نتایج مطالعه‌ای در روی گیاه دارویی درمنه (*Artemisisa pallens* L.) نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از بقایای گیاهی موجب بهبود قابل‌ملاحظه گلدهی در مقایسه با شاهد گردید (Pandey, 2005).

بررسی منابع علمی درباره تأثیر کود ورمی‌کمپوست بر صفات کیفی گیاهان دارویی، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال بررسی کودهای آلی مختلف شامل کود دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست بر گیاه دارویی مارچوبه (*Asparagus racemosus* Willd.) نشان داد که بیشترین میزان ترکیب‌های فنلی و ترکیب‌های فلاونوئیدی در تیمار ورمی‌کمپوست حاصل شد (Saikia & Sristisri, 2011). همچنین کاربرد ۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار همراه با کود

شیمیایی (NPK به میزان ۵۰، ۲۵ و ۲۵ کیلوگرم در هکتار) از نظر کمّیت و کیفیت اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) برتری محسوسی را نسبت به تیمار شاهد ایجاد کرد (Anwar *et al*., 2005).

کاربردهای دارویی متعدد گیاه سرخارگل (برای انسان و دام) و بومی نبودن این گیاه در ایران از یک سو و فقدان اطلاعات کافی از خصوصیات کمّی و کیفی این گیاه در شرایط آب و هوایی کشور و اهمیت کاربرد کودهای آلی در تغذیه گیاهان دارویی از سوی دیگر زمینه‌ساز شکل‌گیری این تحقیق برای تبیین تأثیر تیمارهای خالص و تلفیقی ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی بر عملکرد کمّی (اندام هوایی، ریشه و اندام زایشی) و کیفی این گیاه دارویی ارزشمند شد.

مواد و روشها

آزمایش در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۶ اتوبان تهران-کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا اجرا شد. محل اجرای آزمایش از نظر اقلیمی جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه که براساس نتایج آزمون خاک دارای بافت لومی- شنی و pH برابر ۷/۷ بود در جدول ۱ نشان داده شده‌است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	عناصر ریزمغذی (p.p.m)			
					آهن Fe	روی Zn	مس Cu	منگنز Mn
۱/۴۷	۱/۲	۰/۰۹۸	۱۱۵	۷۱۰	۸	۱/۵	۱	۱۱/۲

آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی انجام گردید، عامل کود شیمیایی در سه سطح C_1: (بدون مصرف کود)، C_2 (۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره+۳۰۰۰ppm در هکتار کود مایع ریزمغذی) و C_3 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره+۶۰۰۰ppm در هکتار کود مایع ریزمغذی) و عامل کود آلی ورمی‌کمپوست در چهار سطح V_1 (بدون مصرف کود)، V_2 (۲ تن در هکتار)، V_3 (۴ تن در هکتار) و V_4 (۶ تن در هکتار) در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ۱۲ تیمار (شیمیایی، آلی، تلفیقی و شاهد) و سه تکرار اجرا گردید. نیتروژن مصرفی از منبع کود شیمیایی اوره (۴۶ درصد نیتروژن)، کود مایع ریزمغذی با نام تجاری فوسامکو، از شرکت کاوین، کود ورمی‌کمپوست از شرکت آمیزه طبیعت و نشاء گیاه سرخارگل از پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی تهیه شد. نتایج تجزیه شیمیایی کود ورمی‌کمپوست در جدول ۲ ارائه شده‌است.

جدول ۲- ترکیب شیمیایی کود ورمی‌کمپوست

اسیدیته (Acidity)	هدایت الکتریکی (dS/m)	ماده آلی (OM) (٪)	کربن آلی (O.C) (٪)	نیتروژن N (٪)	فسفر P (٪)	پتاسیم K (٪)	عناصر ریزمغذی (p.p.m)				
							آهن (Fe)	روی (Zn)	مس (Cu)	منگنز (Mn)	بر (B)
۷/۵	۱/۲	۱/۲	۲۵	۲	۱/۵	۱	۸۰۰۰	۱۵۰	۲۰	۶۵۰	۳۰

هر واحد آزمایشی به ابعاد ۳×۳ متر دارای ۱۰ خط کاشت به فاصله ۳۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر بود. پس از آماده‌سازی زمین در ۱۹ آبان ماه، مقدار کود ورمی‌کمپوست برای هر کرت تعیین و با خاک مخلوط گردید.

نشاهای دو تا سه برگی سرخارگل در تاریخ ۲۱ آبان ماه ۱۳۸۸ کشت و مزرعه بلافاصله آبیاری شد. اندام هوایی تمامی بوته‌های سرخارگل پس از استقرار اولیه و رشد ناچیز با فرارسیدن زمستان از بین رفت و با گذراندن زمستان و تأمین نیاز بهاره‌سازی، در ابتدای بهار رشد گیاه از سر گرفته شد.

عملیات داشت شامل آبیاری، وجین علف‌های هرز و واکاری در طول فصل رشد به‌صورت مرتب انجام شد و در طول دوره رشد از هیچ نوع علف‌کش و آفت‌کشی استفاده نگردید. اعمال تیمار کودهای شیمیایی به‌صورت تقسیط شده و در دو مرحله انجام شد. مرحله اول، ابتدای رشد رویشی (اول اردیبهشت ماه) و مرحله دوم قبل از گلدهی (۲۰ خرداد ماه) بود. اعمال کود شیمیایی نیتروژنی (اوره) به‌صورت سرک و کود محلول ریزمغذی به صورت محلول پاشی انجام گردید.

گلدهی در سرخارگل از اوایل تیرماه آغاز گردید و زمانی‌که گلچه‌های زبانه‌ای به‌طور کامل باز شدند برداشت گل انجام شد. برداشت گل‌ها، به طور تدریجی تا پایان گلدهی، در چندین مرحله و به‌صورت دستی انجام و پس از خشک شدن توزین گردید.

صفات مورفولوژیکی همانند ارتفاع، تعداد گل (کاپیتول) در بوته، تعداد ساقه جانبی در هر بوته و سبزینگی برگ در مرحله ۵۰٪ گلدهی اندازه‌گیری شد. میزان سبزینگی برگ‌ها به صورت غیرتخریبی در چهار مرحله و به‌وسیله دستگاه Chlorophyll Meter spad-502 (Minolta, Japan) اندازه‌گیری گردید.

برای تعیین وزن خشک و اجزای عملکرد بیولوژیک تعداد ۱۰ بوته در هر کرت به طور تصادفی به‌عنوان نمونه انتخاب و در مرحله پایان گلدهی (۱۵ مهرماه ۱۳۸۹) برداشت شدند. بوته‌ها به مدت دو هفته درون اتاقکی دربسته در سایه خشک شدند، سپس برگ، ساقه و ریشه گیاه از هم تفکیک و وزن خشک آنها با استفاده از ترازو تعیین گردید.

به‌عنوان صفات کیفی در این آزمایش میزان ترکیب های فنلی تام (پلی‌فنل) در تمام اندام‌های گیاهی (ریشه، ساقه، برگ و گل) به تفکیک بعد از استخراج و آماده‌سازی عصاره، از طریق روش رنگ‌سنجی معرف فولین سیوکالتو (Folin-Ciocalteus) و براساس منحنی کالیبراسیون استاندارد اسید گالیک انجام شد (Perry *et al.*, 2001؛ Burns *et al.*, 2000؛ حاجی مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸). برای این منظور ابتدا از اندام هوایی (برگ، ساقه و گل) و ریشه‌ها عصاره الکلی (متانول) با نسبت (۸۰:۲۰) تهیه شد. سپس به میزان ۴۰۰ میکرولیتر از عصاره درون لوله آزمایش درب‌دار ریخته شده و پس از افزودن ۳ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو (رقیق شده با آب به نسبت ۱:۱۰)، در بن‌ماری با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه قرار داده شد. سپس به آن ۳ میلی‌لیتر محلول بی‌کربنات سدیم ۶٪ افزوده و دوباره در بن‌ماری با دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شد. پس از گذشت زمان ۹۰ دقیقه، جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر در مقابل بلانک آب اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که بلانک نیز مانند نمونه تهیه شد، با این تفاوت که به جای عصاره، ۴۰۰ میکرولیتر آب مقطر درون لوله آزمایش ریخته شد. این روش روی هر یک از محلول‌های استاندارد اسید گالیک با غلظت‌های ۰/۰۲۵، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر نیز انجام شد و منحنی کالیبراسیون غلظت در برابر جذب رسم شد (r^2=۰/۹۹۹۹، y=۰/۰۰۵x+۰/۰۰۷). برای تعیین غلظت فنل تام نمونه‌ها اعداد جذب بدست آمده از اسپکتروفتومتر را در معادله بالا قرار داده و میزان غلظت ترکیب های فنلی تام موجود در نمونه‌ها برحسب درصد محاسبه گردید.

تجزیه داده های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. به‌علاوه اینکه از مقایسه مستقل چندگانه برای آزمون اثر خطی یا درجه دو مقادیر مختلف کود شیمیایی و کود ورمی‌کمپوست بر صفات اندازه‌گیری شده استفاده گردید.

نتایج

اجزای عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تأثیر عامل کود شیمیایی بر هیچ یک از صفات اجزای عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود، اما تأثیر تیمار کود ورمی‌کمپوست بر صفات عملکرد بیولوژیک و وزن خشک ریشه در سطح احتمال ۱٪ و بر وزن خشک ساقه و گل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل دو عامل کود شیمیایی و کود ورمی‌کمپوست بر صفات وزن خشک ریشه و وزن ۱۰۰ گل در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴) بیشترین عملکرد بیولوژیک در بین سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست از سطح کودی ۴ تن در هکتار با عملکرد ۱۳۷۲۲/۹ کیلوگرم در هکتار و با برتری ۱۳/۹۵ درصدی نسبت به تیمار عدم مصرف کود (۱۲۰۴۲/۲ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. بیشترین وزن خشک ساقه و وزن خشک گل از سطح کودی ۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (به ترتیب ۲۷۱۱/۴ و ۳۴۷۴/۱ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان وزن خشک ساقه و وزن خشک گل از سطح ۲ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (به ترتیب ۲۳۰۵ و ۲۹۷۶/۱ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد که با عدم مصرف ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری نداشت. با وجود معنی‌دار نشدن اثر هیچ یک از عوامل آزمایش بر وزن خشک برگ، با این حال تیمار ۴ تن در هکتار کود ورمی کمپوست بیشترین وزن خشک برگ را به خود اختصاص داد (جدول ۴).

اثر متقابل عوامل بر وزن خشک ریشه (شکل ۱) حکایت از آن داشت که ترکیب تیماری ۴ تن کود ورمی‌کمپوست، بدون کود شیمیایی (C_1V_3) با برتری ۵۸/۵ درصدی نسبت به ترکیب تیماری ۶ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدون کود شیمیایی (C_1V_4) بیشترین میزان وزن خشک ریشه را به خود اختصاص داد. در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی (C_1) افزایش ورمی‌کمپوست از ۴ به ۶ تن در هکتار باعث کاهش معنی داری در عملکرد وزن خشک ریشه گردید. در حالی که در شرایط مصرف کود شیمیایی بین سطوح مختلف کود ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر وزن خشک ۱۰۰ گل نشان می‌دهد که بیشترین میزان این صفت (۱۵۳/۱۹ گرم) مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) (C_1V_1) و کمترین مقدار آن (۱۳۶/۰۵ گرم) مربوط به ترکیب تیماری C_1V_3 (مصرف ۴ تن کود ورمی‌کمپوست بدون مصرف کود شیمیایی) بود (شکل ۲).

با توجه به مقایسات مستقل بین واکنش وزن خشک ساقه و گل نسبت به فاکتور ورمی‌کمپوست رابطه خطی و بین واکنش عملکرد بیولوژیک و فاکتور ورمی‌کمپوست رابطه درجه دوم معنی‌دار گردید (جدول ۴). همچنین واکنش وزن خشک ریشه به سطوح کود ورمی‌کمپوست در سطح اول کود شیمیایی (بدون مصرف کود شیمیایی) از نوع رابطه درجه دوم بود (جدول ۵).

رابطه درجه دوم ($y= -213/71x^2+1535/7x+10218$, $R^2= 0/7561$) بین عملکرد بیولوژیک و فاکتور ورمی‌کمپوست نشان می‌دهد که کاربرد ۳/۵۹ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بیشترین عملکرد بیولوژیک را به همراه داشته است. همچنین با توجه به رابطه ($y= -138/41x^2+815/29x+1680/8$, $R^2= 0/8123$) بین وزن خشک ریشه و فاکتور ورمی‌کمپوست، بیشترین میزان وزن خشک ریشه از کاربرد ۲/۹۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد.

ارتفاع بوته

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها فقط برهم‌کنش کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست بر ارتفاع بوته از لحاظ آماری در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۶). با این حال بیشتر ترکیب‌های تیماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و در این میان تنها ترکیب تیماری C_1V_3 (۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، بدون کود شیمیایی) با اختلاف معنی‌داری نسبت به سایرین بیشترین میزان ارتفاع بوته (۵۷/۰۷cm) را تولید کرد و نسبت به کمترین ارتفاع بوته (۴۵/۷۳cm) افزایش ۲۴/۸ درصدی نشان داد.

با توجه به جدول ۵ واکنش ارتفاع بوته به فاکتور ورمی‌کمپوست در سطح اول فاکتور شیمیایی (بدون کود شیمیایی) از نوع رابطه خطی بوده و با افزایش کود ورمی‌کمپوست ارتفاع نیز افزایش می‌یابد.

تعداد گل در بوته

تأثیر ورمی‌کمپوست بر تعداد گل در بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۶) و بیشترین تعداد گل در بوته (۲۷/۳) از کاربرد ۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست و کمترین آن (۲۳/۰۶) از تیمار ۲ تن در هکتار حاصل شد، به طوری که تیمار برتر افزایش ۱۸/۳۸ درصدی را نسبت به تیمار ۲ تن در هکتار نشان می‌دهد (جدول ۷). واکنش تعداد گل در بوته به فاکتور ورمی‌کمپوست از نوع رابطه خطی بود.

تعداد ساقه جانبی

تأثیر هیچ‌یک از عوامل آزمایش و برهم‌کنش آنها بر تعداد ساقه جانبی سرخارگل از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۶). هرچند با افزایش کود شیمیایی تعداد ساقه جانبی افزایش یافت. همچنین در تیمار ورمی‌کمپوست در سطح کودی ۴ تن در هکتار بیشترین تعداد ساقه جانبی حاصل شد ولی این تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ۷).

سبزینگی برگ

اثر کود ورمی‌کمپوست بر سبزینگی برگ سرخارگل معنی دار ($p\leq0.05$) بود (جدول ۶). بیشترین میزان سبزینگی (۶۱/۸۲spad) از مصرف ۶ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست و با افزایش ۷/۱۸ درصدی نسبت به سطح بدون مصرف کود که کمترین میزان سبزینگی (۵۷/۶۸ spad) را داشت، بدست آمد. سبزینگی برگ در بین سطوح بدون مصرف کود، ۲ و ۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. همچنین واکنش سبزینگی برگ به کود ورمی‌کمپوست از رابطه خطی تبعیت می‌کرد (جدول ۷).

درصد فنل تام

تأثیر فاکتورهای آزمایش و اثر متقابل آنها بر میزان فنل تام اجزای مختلف گیاه سرخارگل معنی دار نبود (جدول ۶). با این حال، بیشترین مقدار فنل تام برگ، ساقه، گل و ریشه در بین سطوح فاکتور کود شیمیایی از سطح عدم کوددهی بدست آمد (جدول ۷). میزان فنل تام برگ، ساقه، گل و ریشه به ترتیب در محدوده بین ۱/۷۵ تا ۲/۱۶، ۱/۷۳ تا ۲/۱۹، ۳/۴۸ تا ۴/۲۳ و ۰/۹۷ تا ۱/۲۹ گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک قرار داشت.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) وزن خشک و عملکرد بیولوژیک اندام گیاهی سرخارگل تحت تأثیر مقادیر مختلف کود شیمیایی و کود آلی ورمی‌کمپوست

منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک گل	وزن خشک ۱۰۰ گل	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۷۹۴۷۰۱/۸۳۵ *	۳۹۴۰۶۹/۳۴۲ ns	۲۵۸۴۶۵۵/۲۴۲ **	۱۶۲۲۰۸۹/۷۹۴ **	۲۷/۰۱ ns	۶۴۵۷۶۷۲/۹۵ *
کود شیمیایی	۲	۴۱۶۹۱۹/۴۱۳ ns	۲۲۶۸۲۴/۱۸۷ ns	۳۱۹۸۶۴/۱۱۰ ns	۱۸۹۱۱۳/۷۹۴ ns	۹۹/۷۸ ns	۲۲۶۹۵۲۳/۵۴ ns
ورمی‌کمپوست	۳	۱۴۹۷۴۶۹/۹۵۸ **	۶۸۹۳۰۹/۴۲۳ ns	۶۱۹۶۹۰/۴۴۲ *	۴۴۱۳۱۵/۰۶۰ *	۹۸/۹۸ ns	۹۴۸۵۱۲۷/۷۰ **
کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست	۶	۵۱۶۴۴۵/۹۳۰ *	۴۰۰۸۵۸/۶۵۸ ns	۳۰۹۹۳۸/۶۷۷ ns	۱۹۰۷۸۲/۹۵۹ ns	۱۴۴/۸۰ *	۳۲۸۷۲۴۲/۷۴ ns
خطای آزمایشی	۲۲	۱۴۴۹۷۳/۳۶	۳۷۳۰۸۲/۸۶	۱۷۸۱۳۰/۱۸	۹۲۴۴۲/۹۶۴	۴۱/۹۳	۱۵۵۶۸۲۱/۷۸
ضریب تغییرات		۱۴/۷۱	۱۵/۵	۱۶/۵۹	۹/۴۱	۴/۵۲	۱۰/۲۱

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های وزن خشک و عملکرد بیولوژیک اندام گیاهی سرخارگل تحت تأثیر مقادیر مختلف کود شیمیایی و کود ورمی‌کمپوست

تیمارها		وزن خشک ریشه (kg/ha)	وزن خشک برگ (kg/ha)	وزن خشک ساقه (kg/ha)	وزن خشک گل (kg/ha)	وزن خشک ۱۰۰ گل (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)
کود شیمیایی							
بدون کود	C_1	۲۴۳۷/۳ b	۳۷۸۵/۶ a	۲۶۵۸/۱ a	۳۳۴۲/۳ a	۱۴۵/۰۳ a	۱۱۸۰۱/۶ a
٪۵۰	C_2	۲۷۹۶/۷ a	۴۰۴۵/۴ a	۲۶۱۶/۳ a	۳۲۵۳ a	۱۴۴/۶۳ a	۱۲۶۷۰/۴ a
٪۱۰۰	C_3	۲۵۳۱/۳ ab	۳۹۹۳/۳ a	۲۳۵۶/۷ a	۳۰۹۴/۵ a	۱۳۹/۸۴ a	۱۲۲۰۰/۵ a
مقایسه مستقل							
خطی		Ns	ns	ns	ns	ns	ns
درجه دوم		*	ns	ns	ns	ns	ns
ورمی‌کمپوست							
بدون کود	V_1	۲۶۱۴/۵ b	۳۹۳۴/۸ ab	۲۳۳۵/۴ b	۳۱۲۷/۵ bc	۱۴۷/۶ a	۱۲۰۴۲/۲ b
۲ تن در هکتار	V_2	۲۵۱۳/۹ b	۳۹۱۲/۸ ab	۲۳۰۵ b	۲۹۷۶/۱ c	۱۴۳/۵۸ ab	۱۱۶۵۳/۲ b
۴ تن در هکتار	V_3	۳۱۰۸/۵ a	۴۲۹۶/۹ a	۲۸۲۳/۱ a	۳۴۷۴/۱ a	۱۳۹/۹۰ b	۱۳۷۲۲/۹ a
۶ تن در هکتار	V_4	۲۱۱۶/۸ c	۳۶۲۱/۲b	۲۷۱۱/۴ ab	۳۳۴۲ ab	۱۴۱/۶۱ ab	۱۱۴۷۸/۲ b
مقایسه مستقل							
خطی		Ns	ns	*	*	*	ns
درجه دوم		**	ns	ns	ns	ns	*

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون برای هر عامل براساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

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

C_2: ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره + ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام در هکتار کود مایع ریزمغذی

C_3: ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره + ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام در هکتار کود مایع ریزمغذی

جدول ۵- میانگین مربعات حاصل از مقایسه مستقل فاکتور ورمی‌کمپوست

(در هر یک از سطوح فاکتور کود شیمیایی برای صفاتی که اثر متقابل فاکتورها در آنها معنی‌دار شده‌است)

تیمارها	وزن خشک ریشه	وزن خشک ۱۰۰ گل	ارتفاع
بدون کود شیمیایی (C_1)			
خطی	۵۶۵۸۵۰/۲۶ *	۵۹۹/۲۶ **	۱۱۸/۷۲ *
درجه دوم	۲۰۲۷۶۱۹/۲۲ **	۲/۶۱ ns	۲۱/۳۳ ns
شیمیایی ۵۰٪ (C_2)			
خطی	۱۵۱۶/۰۴ ns	۱/۳۸ ns	۱۱/۷۹ ns
درجه دوم	۵۸۲۶۹/۲ ns	۳۰۲/۲ *	۱/۲۰ ns
شیمیایی ۱۰۰٪ (C_3)			
خطی	۶۳۹۹۵/۹۶ ns	۰/۲۳ ns	۱۱/۹۷ ns
درجه دوم	۴۲۲۳۰۶/۳۶ ns	۱۶/۸ ns	۰/۱۲ ns

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک و درصد فنل تام قسمت‌های مختلف گیاه سرخارگل تحت تأثیر مقادیر مختلف کود شیمیایی و کود آلی ورمی‌کمپوست

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	تعداد گل در بوته	تعداد ساقه جانبی	سبزینگی	برگ	فنل تام ساقه	فنل تام گل	فنل تام ریشه
تکرار	۲	۵۱/۹۳ **	۹۶/۱۸ **	۳/۲۵ **	۱۲/۹۳ ns	۰/۰۷ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۲۴ ns	۰/۵ *
کود شیمیایی	۲	۱۳/۴۶ ns	۱/۱۷ ns	۱/۰۸ ns	۱۵/۴۹ ns	۰/۱۶ ns	۰/۰۶ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۸ ns
ورمی‌کمپوست	۳	۱۵/۲۰ ns	۳۴/۸۴ *	۰/۸۸ ns	۳۱/۴۲ *	۰/۰۲ ns	۰/۰۶ ns	۰/۱۳ ns	۰/۱۳ ns
کود شیمیایی × ورمی‌کمپوست	۶	۴۰/۳۷ **	۱۶/۷۰ ns	۱/۰۵ ns	۷/۱۴ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۳ ns	۰/۱۲ ns	۰/۱۸ ns
خطای آزمایشی	۲۲	۶/۷۴	۷/۷۵	۰/۴۷	۹/۹۳	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۰۵
ضریب تغییرات		۵ /۲۶	۱۱/۱۵	۹/۱۸	۵/۳۳	۱۷/۴	۱۲/۰۱	۱۱/۰۱	۱۹/۲۸

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و درصد فنل تام قسمتهای مختلف گیاه سرخارگل تحت تأثیر مقادیر مختلف کود شیمیایی و کود ورمی‌کمپوست

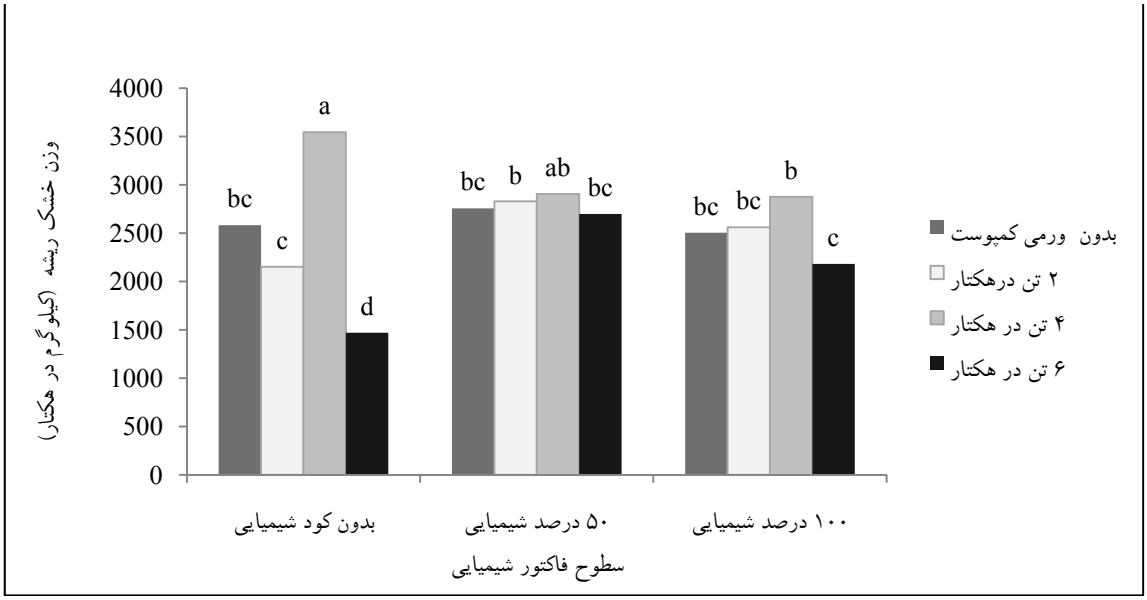
تیمارها		ارتفاع بوته (cm)	تعداد گل در بوته	تعداد ساقه‌های جانبی	سبزینگی (spad)	فنل تام (٪) برگ	ساقه	گل	ریشه
کود شیمیایی									
بدون کود	C_1	۵۰/۰۷ a	۲۵/۲۵ a	۷/۳ a	۵۸/۵۸ a	۲/۱۱ a	۲/۰۱ a	۳/۹۲ a	۱/۱۷ a
٪۵۰	C_2	۴۹/۸۵ a	۲۴/۹۸ a	۷/۳۳ a	۶۰/۳۹ a	۱/۹۵ a	۱/۸۸ a	۳/۸۶ a	۱/۰۵ a
٪۱۰۰	C_3	۴۸/۱۳ a	۲۴/۶۲ a	۷/۸۳ a	۵۸/۲۹ a	۱/۸۸ a	۱/۹ a	۳/۸۹ a	۱/۱۲ a
مقایسه مستقل									
خطی		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
درجه دوم		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ورمی‌کمپوست									
بدون کود	V_1	۴۸/۶۴ b	۲۳/۶۳ bc	۷/۴۳ ab	۵۷/۶۸ b	۲/۰۴ a	۱/۹۶ a	۳/۹۴ a	۱/۰۴ a
۲ تن در هکتار	V_2	۴۸/۵۸ b	۲۳/۰۶ c	۷/۶۹ ab	۵۸/۱۳ b	۱/۹۳ a	۲/۰۳ a	۳/۹۲ a	۱/۱۹ a
۴ تن در هکتار	V_3	۵۱/۲۹ a	۲۷/۳۰ a	۷/۷۶ a	۵۸/۷۲ b	۱/۹۶ a	۱/۸۵ a	۳/۹۸ a	۱/۱۵ a
۶ تن در هکتار	V_4	۴۸/۸۹ ab	۲۵/۸۲ ab	۷/۰۷ b	۶۱/۸۲ a	۲/۰۱ a	۱/۸۹ a	۳/۷۱ a	۱/۰۸ a
مقایسه مستقل									
خطی		ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns
درجه دوم		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون برای هر عامل براساس آزمون LSD در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

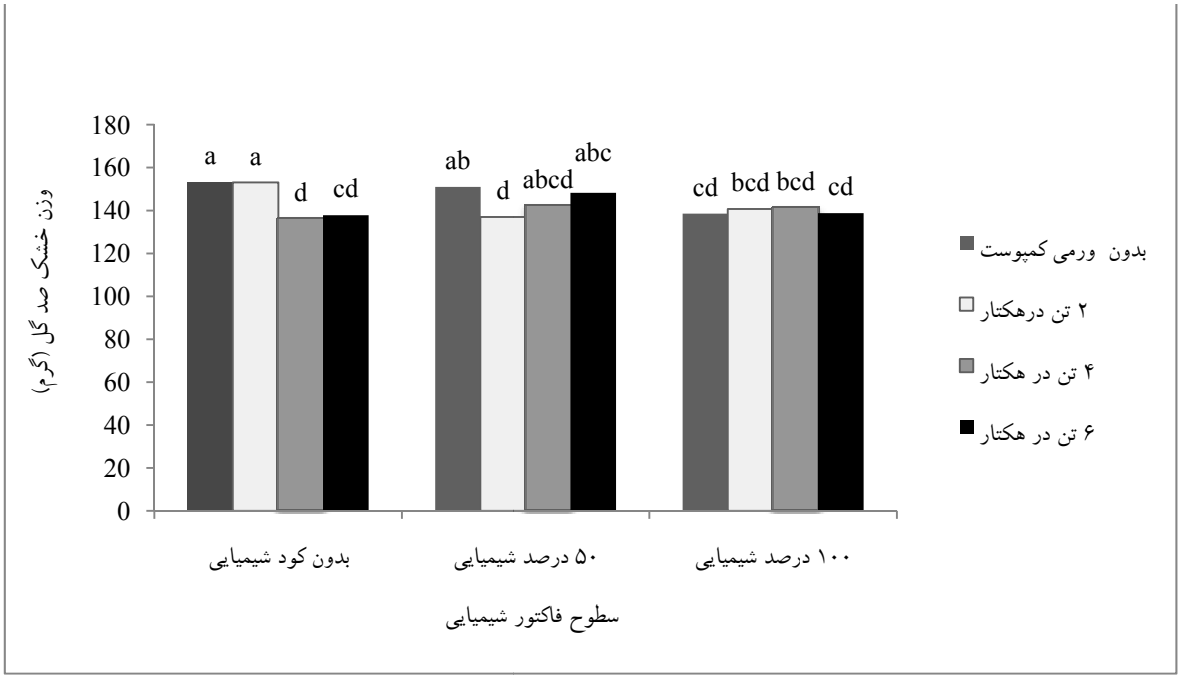
ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

C_2: ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره + ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام در هکتار کود مایع ریزمغذی

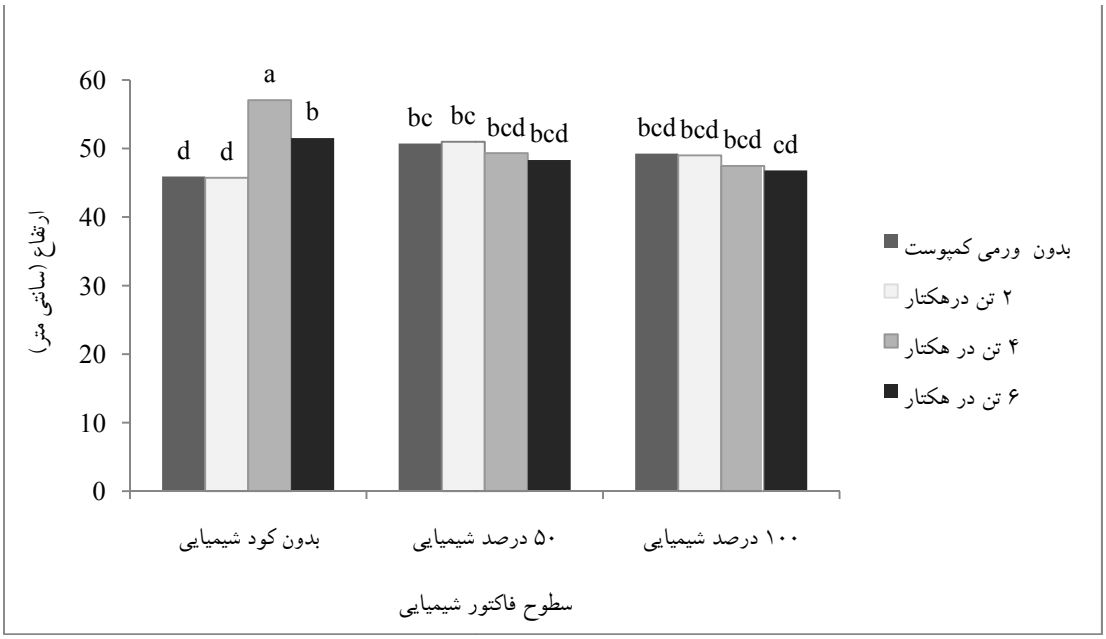
C_3: ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره + ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام در هکتار کود مایع ریزمغذی



شکل ۱- اثر متقابل کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر وزن خشک ریشه سرخارگل



شکل ۲- اثر متقابل کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر وزن خشک ۱۰۰ گل در گیاه سرخارگل



شکل ۳- اثر متقابل کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر ارتفاع بوته سرخارگل

بحث

صفات کمّی

به نظر می‌رسد که کود آلی ورمی‌کمپوست عمدتاً با بهبود شرایط فیزیکی و ساختمانی خاک، حفظ و نگهداری رطوبت و افزایش ظرفیت تبادلی کاتیونی به‌ویژه در خاک لومی شنی، بهبود فعالیت میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و نیز آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در طول دوره طولانی مدت رشد گیاه سرخارگل (۱۲-۱۰ ماه)، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، باعث افزایش میزان فتوسنتز، تولید ماده خشک و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. درباره افزایش عملکرد ریشه، سماوات و همکاران (۱۳۸۰) نیز گزارش کردند که با افزایش ورمی‌کمپوست وزن اندام هوایی و ریشه گوجه‌فرنگی نسبت به تیمار بدون ورمی‌کمپوست افزایش چشمگیری داشته است.

نتایج وزن خشک ساقه با نتایج سایر پژوهش‌ها در گیاهان دارویی همانند رازیانه (درزی، ۱۳۸۶)، بابونه شیرازی (صالحی، ۱۳۹۰)، انیسون (خالص‌رو، ۱۳۸۹) و فلفل (Arancon *et al.*, 2005) مطابقت دارد. در رابطه با افزایش عملکرد گل تحت تأثیر تیمار ورمی‌کمپوست، صالحی (۱۳۹۰) گزارش کرد که کاربرد اصلاح‌کننده‌های خاک، ضمن بهبود فعالیت‌های بیولوژیک خاک و فراهمی و جذب تدریجی عناصر غذایی توسط گیاه، از طریق بهبود اجزای عملکرد نظیر ارتفاع، تعداد گل در بوته و عملکرد بیولوژیک می‌تواند موجب افزایش عملکرد گل گردد. همچنین نتایج بدست آمده با نتایج پژوهش سایر محققان روی رازیانه (درزی، ۱۳۸۶)، بابونه رومی (Liuc & Pank, 2005)، ریحان (Anwar *et al.*, 2005) و بادرشبی (Hussein *et al.*, 2006) مطابقت دارد. نتایج وزن ۱۰۰ گل نشان می‌دهد که با افزایش تعداد گل در بوته از وزن هر گل کاسته شده و در نتیجه باعث کاهش وزن ۱۰۰ گل نیز می‌شود، به‌طوری که تیمار ۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست با اینکه بیشترین وزن خشک گل و تعداد گل در بوته را داشت کمترین وزن خشک ۱۰۰ گل را به خود اختصاص داد.

با توجه به آنکه واکنش صفات عملکرد بیولوژیک و وزن خشک ریشه سرخارگل به افزایش مقدار ورمی‌کمپوست از نوع رابطه درجه دوم بود (جدول ۴)، بنابراین ممکن است با افزایش کود بیش از حد نیاز گیاه، عملکرد بیولوژیک و وزن خشک ریشه ثابت مانده یا کاهش یابد. از این رو باید اذعان داشت که حفظ تعادل بین میزان عناصر غذایی در تغذیه گیاهی، شرط لازم برای دستیابی به عملکردهای بالا و کیفیت مطلوب محصول می باشد. در بعضی مواقع اگر نسبت بین دو عنصر غذایی از حالت بهینه خارج شود باعث ایجاد برهم‌کنش ضدیتی (آنتاگونیسمی) بین عناصر شده و در نتیجه باعث کاهش عملکرد می‌گردد.

با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد به دلیل غنی بودن خاک محل آزمایش از عناصر غذایی اصلی همانند فسفر (۱۱۵ ppm) و پتاسیم (۷۱۰ppm) (جدول ۲) اضافه کردن کود آلی ورمی‌کمپوست بیش از ۴ تن در هکتار نه تنها باعث افزایش عملکرد وزن خشک ریشه و عملکرد بیولوژیک نشده‌است بلکه ضمن به هم خوردن تعادل نسبت بین عناصر غذایی، با ایجاد برهم‌کنش منفی بین عناصر باعث کاهش عملکرد گیاه شده است. در این راستا نتایج پژوهش مؤسسه کشاورزی ارگانیک و دانشگاه آیوا آمریکا نشان داد که افزودن کود آلی (کمپوست) باعث بهبود عملکرد بیولوژیک سرخارگل می‌شود ولی تفاوت معنی‌داری را با شاهد (عدم کوددهی) ایجاد نمی‌کند و حتی ممکن است با افزایش کود بیش از حد نیاز گیاه عملکرد بیولوژیک کاهش یابد. همچنین همبستگی معنی‌داری بین میزان عناصر غذایی خاک و میزان عملکرد بیولوژیک نیافتند. آنان ضمن اشاره به غنی و حاصلخیز بودن خاک منطقه آیوا (ماده آلی=۳/۷٪، فسفر=۴۲۴ppm و پتاسیم=۶۱۹ppm)، اضافه کردن کود بیش از نیاز گیاه را موجب بروز برهم‌کنش منفی عناصر بر یکدیگر و در نتیجه کاهش عملکرد دانسته‌اند (Organic farming research project, 2002).

Ansari (۲۰۰۸) نیز با بررسی تأثیر کاربرد کود ورمی‌کمپوست در سطوح مختلف (صفر، ۴، ۵ و ۶ تن در هکتار) بر میزان عملکرد گیاه اسفناج گزارش کرد که بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به کاربرد ۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست می‌باشد و افزایش ورمی‌کمپوست به بیش از ۴ تن در هکتار، باعث کاهش عملکرد گیاه اسفناج گردید. همچنین Bonomelli و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که سطوح مختلف کود نیتروژنی اثر معنی‌داری را در عملکرد بیولوژیک کل گیاه به وجود نیاورد و افزایش کود نیتروژنی باعث کاهش وزن خشک ریشه گردید. نتیجه‌گیری کلی آنان حکایت از آن داشت که از لحاظ اقتصادی برای خاکی با حاصلخیزی متوسط کاربرد کود نیتروژنی برای سرخارگل گونه *E. purpurea* توصیه نمی‌شود.

صفات مورفولوژیک

افزایش ارتفاع بوته در سرخارگل در پاسخ به کاربرد کود ورمی‌کمپوست به نقش این ماده در افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، عرضه مداوم عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مانند جیبرلین و اکسین (عامل رشد طولی سلول‌ها به‌ویژه میان‌گره‌های ساقه) نسبت داده می‌شود. محققان با استدلالی مشابه گزارش کرده‌اند که ورمی‌کمپوست با داشتن قدرت زیاد جذب آب و فراهمی مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف و در نتیجه با تأثیر مثبتی که روی فتوسنتز می‌گذارد باعث افزایش ارتفاع گیاه دارویی انیسون گردید (Darzi *et al.*, 2011). گزارش سعیدنژاد و رضوانی مقدم (۱۳۸۹) نیز حکایت از آن داشت که کود ورمی‌کمپوست در مقایسه با سایر کودهای آلی همانند کمپوست، کود گاوی و کود گوسفندی، تأثیر مثبت بیشتری بر ارتفاع گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) داشته و باعث افزایش آن گردید. نتایج مشابهی توسط سایر محققان بر روی گیاهان دارویی سیر (Arguello *et al.*, 2006)، بادرشبی (Hussein *et al.*, 2006) و ریحان (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۶) مشاهده شد.

درباره تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر تعداد گل در بوته می‌توان اظهار داشت با توجه به اینکه اضافه کردن کود ورمی‌کمپوست به خاک، قبل از کاشت انجام شد، از این‌رو ریشه سرخارگل از زمان نشاکاری (فصل پاییز) تا آغاز رشد رویشی (فصل بهار) با جذب بهتر عناصر غذایی و آب، مواد ذخیره‌ای و رشد خود را افزایش داده و گیاه در بهار (آغاز رشد رویشی) با افزایش فتوسنتز و رشد رویشی بهتر، باعث افزایش اجزای عملکرد گیاه ازجمله تعداد گل در بوته گردید. استنتاج خالص‌رو (۱۳۸۹) مبنی بر اینکه ورمی‌کمپوست از طریق تحریک میکروارگانیزم‌های مفید خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به‌ویژه نیتروژن و فسفر به گیاه، موجب افزایش تعداد گل در بوته می‌گردد مؤید این بخش از یافته‌های تحقیق حاضر می‌باشد. یافته‌های سایر پژوهشگران نیز نشان می‌دهد که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش تعداد گل در بوته در گیاهان دارویی رازیانه (درزی، ۱۳۸۶)، بابونه رومی (Liuc & Pank, 2005)، و درمنه (Pandey, 2005) شده‌است.

در خصوص افزایش سبزینگی برگ با افزایش کود ورمی‌کمپوست این‌طور می‌توان تفسیر کرد که ورمی‌کمپوست با افزایش و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی مؤثر در سنتز کلروفیل مانند نیتروژن، آهن و منیزیم و همچنین افزایش نور جذب شده توسط گیاه باعث افزایش میزان کلروفیل برگ و در نتیجه سبزینگی برگ شده است. نتایج بدست آمده با یافته‌های محققان در گیاه دارویی ریحان (تهامی زندی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Sifola & Barbieri, 2006) مطابقت دارد.

ترکیب‌های فنل تام

در آزمایش حاضر اثرهای اصلی و برهم‌کنش عوامل مورد بررسی بر میزان ترکیب‌های فنل تام در اندام‌های مختلف گیاه سرخارگل معنی‌دار نشد (جدول ۶). هرچند در تمامی اندام‌های گیاهی در بین سطوح فاکتور کود شیمیایی سطح عدم کوددهی بالاترین میزان درصد فنل تام را داشت؛ اما زمانی که گیاه از نظر دسترسی به منابع

رشد در شرایط بهینه قرار داشته باشد میزان سنتز ترکیب‌های ثانویه همانند ترکیب‌های فنلی در گیاه پایین است و گیاه در شرایط مقابله با تنش‌ها و بیماری‌ها قرار می‌گیرد و زمانی‌که منابع محیطی مانند عناصر غذایی محدود و پایین‌تر از حد بهینه قرار گرفته باشد تولید ترکیب‌های ثانویه مانند ترکیب‌های فنلی را افزایش می‌دهد (Taiz & Zeiger, 2006).

از عوامل دیگر مؤثر بر میزان ترکیب های فنلی نسبت کربن به نیتروژن در گیاه می باشد که با افزایش نسبت C/N در گیاه میزان ترکیب های ثانویه کربن‌دار مانند ترکیب‌های فنلی نیز افزایش می‌یابد و اگر این نسبت کاهش یابد ترکیب های نیتروژن‌دار افزایش می‌یابد. در شرایط نور کافی و فراهمی پایین نیتروژن در خاک، نسبت C/N در گیاه افزایش می‌یابد و سبب افزایش تولید ترکیب های کربن‌دار همانند ترکیب های فنلی می‌گردد و در شرایط کوددهی به‌ویژه اضافه کردن کودهای نیتروژنی به خاک، نسبت C/N در گیاه کاهش می‌یابد و باعث کاهش سنتز ترکیب‌های فنلی در گیاه می‌گردد (Pessarakli, 2001).

در تحقیق حاضر نیز گیاه سرخارگل به‌دلیل کاربرد تیمارهای کودی از نظر عناصر غذایی در شرایط بهینه قرار داشته و میزان درصد فنل تام در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت. در این رابطه Dufault و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که کاربرد مقادیر مختلف کود NPK تأثیر معنی‌داری بر میزان فنل اندام سرخارگل گونه *E. purpurea* نداشته و حتی با افزایش کود NPK، میزان ترکیب فنل گیاهی کاهش پیدا کرد ولی مشابه نتایج تحقیق حاضر این کاهش معنی‌دار نبود.

جمع‌بندی نهایی نتایج این تحقیق حکایت از آن داشت که کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست بر بیشتر صفات عملکرد بیولوژیک و مورفولوژیک گیاه سرخارگل همانند وزن خشک ریشه، ساقه، گل، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع، سبزینگی برگ و تعداد گل در بوته تأثیر معنی دار داشته و در میان سطوح مختلف ورمی‌کمپوست، کاربرد ۴ تن در هکتار بیشترین میزان عملکرد اندام رویشی، ارتفاع، تعداد ساقه جانبی و تعداد گل در بوته را به خود اختصاص داد. همچنین با توجه به اینکه رابطه درجه دوم واکنش صفات عملکرد بیولوژیک و وزن خشک ریشه نسبت به فاکتور ورمی‌کمپوست معنی‌دار گردید و بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک و وزن خشک ریشه از کاربرد به ترتیب ۳/۵۹ و ۲/۹۴ تن در هکتار ورمی‌کمپوست بدست آمد. از این‌رو کاربرد ورمی‌کمپوست بیش از مقادیر ذکر شده توصیه نمی‌شود، زیرا افزایش کود ورمی‌کمپوست به بیش از این مقادیر نه تنها افزایش کمّیت را به همراه نداشته بلکه باعث کاهش و یا ثابت ماندن کمّیت در تمامی صفات ذکر شده گردید.

در مورد ترکیب های فنلی تحقیق حاضر نیز به‌دلیل کاربرد تیمارهای کودی گیاه از لحاظ عناصر غذایی در حالت بهینه قرار گرفته و احتمالاً به همین دلیل تأثیر هیچکدام از عوامل آزمایش بر درصد ترکیب های فنلی تام معنی‌دار نبود. به‌طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که گیاه سرخارگل از نظر نیاز غذایی، گیاه کم توقعی بوده و همچنین با توجه به اینکه خاک محل آزمایش از لحاظ عناصر غذایی همانند فسفر (۱۱۵ ppm) و پتاسیم (۷۱۰ppm) غنی می باشد و از آنجایی که حفظ تعادل عناصر غذایی و بهینه‌سازی تغذیه گیاه شرط لازم برای دستیابی به عملکردهای بالا و کیفیت مطلوب محصول می‌باشد، از این‌رو کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست به میزان ۴ تن در هکتار می‌تواند به تنهایی با بهبود شرایط فیزیکی و ساختمانی خاک، حفظ و نگهداری رطوبت و تأمین عناصر غذایی باعث بهبود عملکرد کمّی و کیفی سرخارگل گردد و به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی در راستای کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- آقاعلیخانی، م.، ۱۳۹۱. سرخارگل، گیاه ایمنی‌بخش (ترجمه). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۵۳ صفحه.
- امیدبیگی، ر.، ۱۳۸۱. بررسی کشت و سازگاری سرخارگل (*Echinacea purpurea*) در شمال تهران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶ (۲): ۲۴۰-۲۳۰.
- تهامی زرندی، س.م.ک.، رضوانی مقدم، پ. و جهان، م. ۱۳۸۹. مقایسه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و درصد اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۲(۱): ۸۲-۷۰.
- حاجی مهدی‌پور، ه.، خانوی، م.، شکرچی، م.، عابدی، ز. و پیرعلی همدانی، م.، ۱۳۸۸. بررسی بهترین روش استخراج ترکیبات فنلی موجود در گیاه سرخارگل. گیاهان دارویی، ۳۲(۴): ۱۵۲-۱۴۵.
- خالص‌رو، ش.، ۱۳۸۹. بررسی کاربرد کود بیولوژیک، ورمی‌کمپوست و زئولیت در ویژگی‌های خاک و عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی انیسون. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۸۲ صفحه.
- درزی، م.ت.، ۱۳۸۶. بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی رازیانه به‌منظور دستیابی به یک سیستم زراعی پایدار. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۱۶۵ صفحه.
- سعیدنژاد، ا.ح. و رضوانی مقدم، پ.، ۱۳۸۹. ارزیابی اثر مصرف کمپوست، ورمی‌کمپوست و کودهای دامی روی عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*). علوم باغبانی. ۲۴(۲): ۱۴۸-۱۴۲.
- سماوات، س.، لکزیان، ا. و ضمیرپور، ع.، ۱۳۸۰. تأثیر ورمی‌کمپوست بر روی شاخص‌های رشد گیاه گوجه فرنگی. علوم و صنایع کشاورزی، ۱۵(۲): ۸۸-۸۳.
- صالحی، ا.، ۱۳۹۰. بررسی تأثیر کودهای زیستی، ورمی‌کمپوست و زئولیت بر عملکرد کمّی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی در راستای دستیابی به یک سیستم کشاورزی پایدار. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ۲۳۲ صفحه.
- عزیزی، م.، باغانی، م.، لکزیان، ا. و آرویی، ح.، ۱۳۸۶. بررسی تأثیر مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست و محلول پاشی ورمی‌واش بر صفات مورفولوژیک و میزان ماده مؤثره ریحان. علوم و صنایع کشاورزی، ۲۱(۲): ۵۲- ۴۱.
- Ansari, A.A., 2008. Effect of vermicompost on the productivity of potato (*Solanum tuberosum*), spinach (*Spinacia oleracea*) and turnip (*Brassica campestris*). World Journal of Agricultural Sciences, 4(3): 333-336.
- 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(13-14): 1737-1746.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzger, J.D. and Lucht, C., 2005. Effect of vermicompost produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. Pedobiologia, 49: 297-306.
- Arguello, J.A., Ledesma, A., Nunez, S.B., Rodriguez, C.H. and Goldfarb, M.D.D., 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of Rosado paraguayo garlic bulbs. HortScience, 41(3): 589-592.
- Bonomelli, C., Cisterna, D. and Recine, C., 2005. Effect of nitrogen fertilization on *Echinacea purpurea* mineral composition. Science and Agricultural Research, 32(2): 105-112.
- Burns, J., Gardner, P.T., O., Neil, J., Crawford, S., Morecroft, I., McPhail, D.B., Lister, C., Matthews, D., MacLean, M.R., Lean, M.E., Duthie, G.G. and Crozier, A., 2000. Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity, and phenolic content of red wines. Journal of Agricultural Food Chemistry, 48(2): 220-230.
- Darzi, M.T., Hadjseyed Hadi, M.R. and Rejali, F., 2011. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in Anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(4): 452-465.
- Dufault, R.J., Rushing, J., Hassell, R., Shepard, B.M., McCutcheon, G. and Ward, B., 2003. Influence of fertilizer on growth and marker compound of field-grown Echinacea species and feverfew. Scientia Horticulturae, 98(9): 61-69.
- Hussein, M.S., El-Sherbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y. and Aly, S.M., 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Scientia Horticulture, 108: 322-331.
- Liuc, J. and Pank, B., 2005. Effect of vermicompost and fertility levels on growth and oil yield of Roman chamomile: Scientia Pharmaceutica, 46: 63-69.
- Organic farming research project report submitted to the Organic Farming Research Foundation, October 10, 2002. Improving the quality of organic herb

- Saikia, L.R. and Sristisri, U., 2011. Antioxidant activity, phenol and flavonoid content of *A. racemosus* Willd. a medicinal plant grown using different organic manures. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2(2): 457-463.
- Sifola, M.I. and Barbieri, G., 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field .Scientia Horticulturae, 108: 408-413.
- Taiz, L. and Zeiger, E., 2006. Plant Physiology. Sinauer Association, Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts, 764p.
- Tomati, U., Grappelli, A. and Gall, E., 1987. The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth. Biology and Fertility of Soils, 5: 288-294.
production and marketing. Project funding awarded fall 2000. Project No. 00-75.
- Orozco, F.H., Cegarra, J., Trujillo, L.M. and Roig, A., 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. Biology and Fertility of Soils, 22: 162-166.
- Pandey, R., 2005. Management of *Meloidogyne incognita* in *Artemisia pallens* with bio-organics. Phytoparasitica, 33(3): 304-308.
- Perry N.B., Burgess E.J. and Glennie V.L., 2001. Echinacea standardization: analytical methods for phenolic compounds and typical levels in medicinal species. Journal of Agricultural Food Chemistry, 49: 1702-1706.
- Pessarakli, M., 2001. Handbook of Plant and Crop Physiology. Marcel Dekker, Inc. NewYork, 973p.

Effect of vermicompost and chemical fertilizers on quantitative and qualitative properties of *Echinaceae pursuerea* (L.) Moench

M. Razavi Nia[1], M. Aghaalikhani[2*] and H. Naghdi Badi[3]

1- MSc. Student, gronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
2*- Corresponding author, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
E-Mail: maghaalikhani@modares.ac.ir
3- Cultivation and Development Department of Medicinal Plants Research Center, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran

Received: July 2013 Revised: October 2013 Accepted: November 2013

Abstract

The main objective of this research was to investigate the effects of different application rates of vermicompost and chemical fertilizer on qualitative and quantitative performance of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.). A field experiment was conducted at Research Field of Tarbiat Modares University during the growing season of 2009-2010. The experiment was arranged as a factorial in a randomized complete block design with three replicates. There were 12 treatments consisting of three chemical fertilizer levels (no fertilizer application, 75 kg nitrogen/ha as urea form + 3000ppm micronutrient fertilizer/ha, and 150kg nitrogen/ha as urea form + 6000ppm micronutrient fertilizer/ha) and four vermicompost levels (0, 2, 4, and 6 ton ha^{-1}). Results showed that vermicompost had significant effects on dry weights of stem, flower, root, total biological yield, number of flowers per plant and SPAD value. In addition, the interaction between chemical fertilizer and vermicompost was significant for root dry weight, 100 flowers dry weight and plant height. The application of 4 ton vermicompost ha^{-1} without chemical fertilizer resulted in the highest values of stem dry weight, flower dry weight, number of flowers per plant and plant height. The highest root dry weight and total biological yield was obtained by applying 2.94 and 3.59 ton vermicompost ha^{-1}, respectively. There were not significant chemical fertilizer differences on all measured traits. None of the experimental factors showed significant influences on total phenolic compounds in different plant organs. According to results of this experiment, organic fertilizer (vermicompost) could be introduced as a suitable alternative to the use of chemical fertilizer in purple coneflower cultivation.

Keywords: Purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.), phenolic compounds, plant nutrition, organic farming, organic fertilizer, nitrogen.