نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۵۰-۴۲

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 42-50

بررسی اثرات کودهای اوره و ورمی‌کمپوست بر عملکرد کمی و کیفی گل ختمی (*Altheae officinalis* L.)

امیر علی صادقی[1*]، کیومرث بخش کلارستاقی[2] و کمال حاج محمدنیا قالی‌باف[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر شاخص‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ختمی (*Altheae officinalis* L.)، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از سه سطح کاربرد ورمی‌کمپوست (صفر، پنج و ۱۰ تن در هکتار) و پنج سطح کاربرد کود شیمیایی (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مصرف متداول (معادل ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار)) تعیین شدند. نتایج نشان داد که اعمال کود ورمی‌کمپوست نقش معنی‌داری در افزایش سطح برگ، وزن گل در بوته و عملکرد دانه گل ختمی داشت. به‌طوری‌که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست، وزن گل در بوته و عملکرد دانه گل ختمی به ترتیب تا بیش از دو و سه برابر افزایش یافت. همچنین کاربرد کود اوره نیز در افزایش معنی‌دار وزن گل، عملکرد دانه، موسیلاژ و روغن ختمی مؤثر بود. با این وجود اثرات متقابل ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گل ختمی معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد که در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی اوره، کاربرد ورمی‌کمپوست بتواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد گل ختمی داشته باشد و از این رو بتواند در کاهش مشکلات ناشی از مصرف زیاد کود شیمیایی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: سطح برگ، عملکرد روغن، عملکرد موسیلاژ، گیاه دارویی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

گیاهان دارویی یکی از منابع غنی در ایران بوده که علاوه بر تأمین مصارف داخلی، در افزایش درآمدزایی نیز مورد توجه می‌باشند. امروزه گرایش برای کشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی به روش تولید پایدار متمرکز شده است (Craher& Gardner, 2005; Malik et al., 2011).

ختمی (*Altheae officinalis* L.) از جمله گیاهان دارویی متعلق به خانواده پنیرک (Malvaceae) بوده که در نقاط مختلفی از ایران به‌ویژه خراسان رویش دارد. ریشه ختمی به‌عنوان منبع مهم موسیلاژ بیش از دو هزار سال است که برای درمان گلو درد، سرفه و ناراحتی‌های معده کاربرد دارد (SalehiSurmaghi, 2011).

به‌کارگیری انواع کودهای آلی و یا شیمیایی به‌منظور حصول عملکرد بالا در محصولات زراعی لازم است (Guarda et al., 2004; Zhengchao et al., 2013) با این وجود، استفاده دراز مدت از کودهای شیمیایی به سبب تخریب ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند منجر به کاهش عملکرد محصولات زراعی شود (Liu et al., 2010). با توجه به اثرات زیست محیطی و افزایش هزینه‌های تحمیلی ناشی از کاربرد نهاده‌های شیمیایی، فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاهان از منابع جایگزین مانند کودهای ورمی‌کمپوست می‌تواند ضمن افزایش عملکرد، نقش مؤثری در کاهش مشکلات ذکر شده داشته باشد (Kizilkaya, 2008).

استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست به جای کودهای شیمیایی می‌توانند نقش بسیار مهمی را در افزایش عملکرد و کاهش مشکلات زیست محیطی ایفاء کنند (Fageria & Baligar, 2005). ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی[4] بر ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شوند (Sangwan et al., 2008). ورمی‌کمپوست غنی از هورمون‌های رشد و ویتامین‌ها بوده که باعث افزایش جمعیت میکروبی خاک و نگهداری طولانی مدت عناصر غذایی بدون اثرات منفی بر محیط می‌گردد (Padmaathiamma et al., 2008). گزارش

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد و مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: asadeghi20@yahoo.com)

4- Eisenia fetida

شده است که ورمی‌کمپوست به‌عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک، در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مؤثر است (Raja Sekar & Karmegam, 2010). گوتیرز و همکاران (Gutierrez et al., 2007) اثر ورمی‌کمپوست را بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) بررسی و گزارش کردند که ارتفاع گیاه ۸۵ روز پس از نشاکاری به‌طور معنی‌داری در تیمار ورمی-کمپوست بیشتر از شاهد بود. نقش کودهای دامی و یا کمپوست حاصل از آن در بهبود کارایی نیتروژن را می‌توان به بازچرخش عناصر غذایی و بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک نسبت داد (Rodrigues et al., 2006).

تأثیر مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد گیاهان دارویی نیز گزارش شده است. در این ارتباط، درزی و همکاران (Darzi et al., 2011) بیان کردند که استفاده از ورمی‌کمپوست تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه و نیز غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) داشت. عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2011) نیز به اثرات مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش ارتفاع، عملکرد گل و نیز عملکرد اسانس بابونه (*Matricaria recutita* L.) اشاره کردند.

با توجه به تأثیرات مثبت کاربرد کود ورمی کمپوست، این آزمایش به‌منظور بررسی و مقایسه کاربرد سطوح کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی و نیز استفاده تلفیقی آن‌ها بر شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاه ختمی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۵ تیمار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ´۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. سه سطح کاربرد ورمی‌کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) و پنج سطح اعمال کود اوره (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد مقدار متداول) به‌ترتیب عامل اول و دوم آزمایش بودند. تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بود.

زمین مورد نظر جهت انجام این آزمایش در سال قبل به‌صورت آیش بود. قبل از انجام آزمایش، از خاک نمونه‌برداری تصادفی انجام گرفت که نتایج این آنالیز در جدول ۱ ارائه شده است. این خاک دارای ماده آلی، فسفر و نیتروژن پایینی بود. پایین بودن فسفر می‌تواند به دلیل اسیدیته نسبتاً بالای خاک باشد.

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه در آذر ماه و دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته در اوایل فروردین ماه بود. هر یک از کرت‌های آزمایش با ابعاد ۵×۲ (۱۰ مترمربع) ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر، فاصله پشته‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر بود. کود آلی ورمی‌کمپوست براساس تیمارهای تعریف شده در یک مرحله قبل از کاشت استفاده شد. نتایج حاصل از آنالیز بسترهای کاشت در جدول ۲ نشان داده شده است.

اعمال کود اوره در سه مرحله (قبل از کاشت و به صورت سرک در مراحل چهار برگی و نیز قبل از شروع رشد زایشی) انجام شد. عملیات کاشت در ۱۱ فروردین ماه انجام شد. بذرهای ختمی با تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف به صورت کپه‌ای کشت شد. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری‌ها هر هفت روز یک‌بار انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مزرعه جهت انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of field soil and manure used in experiment

بافت Texture	نیتروژن (٪) N (%)	کربن آلی (٪) OC (%)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لومی سیلتی Silty loam	0.08	0.59	325	14	1.35	8.15

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of used vermicompost in experiment

نسبت کربن به نیتروژن C/N	نیتروژن (٪) N	کربن آلی (٪) OC	پتاسیم (٪) K	فسفر (٪) P	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
8.04	1.45	11.65	1.2	1.16	5.2	6.7

آخرین آبیاری نیز دو هفته قبل از عملیات برداشت انجام شد. در طول اجرای آزمایش نیز از هیچ گونه علف‌کش و آفت‌کش شیمیایی استفاده نشد.

نیمی از هر کرت به نمونه‌برداری تخریبی در طی دوره رشد جهت اندازه‌گیری سطح برگ، وزن‌تر و خشک بوته‌ها و وزن گل در بوته و نیمه دوم به اندازه‌گیری‌های آخر فصل اختصاص داده شد. سطح برگ

و وزن بوته‌ها در شش مرحله در طول فصل رشد (۱۶ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت، ۱۴ خرداد، ۲۹ خرداد همزمان با شروع گل‌دهی، ۱۵ تیر و ۱۲ مرداد) صورت گرفت.

عملیات برداشت با زرد شدن بوته‌ها در اول شهریور انجام شد. قبل از برداشت تعداد دو بوته به طور تصادفی و با رعایت اثر حاشیه از هر کرت برداشت شد و بر اساس آن اجزای عملکرد که شامل ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن کپسول در بوته، وزن دانه در کپسول و در نهایت، وزن هزار دانه بود، تعیین شد. عملکرد دانه و بیولوژیک (بر حسب کیلوگرم در هکتار) در ۵۰ درصد مساحت هر کرت و با رعایت اثر حاشیه اندازه گیری شد. با تعیین عملکرد دانه، درصد موسیلاژ و روغن بذرهای ختمی نیز تعیین شد. درصد و میزان موسیلاژ موجود در بذرهای ختمی از مقدار یک گرم بذر به‌دست آمد (Salehi Surmaghi, 2011). جهت تعیین درصد و میزان روغن موجود در بذرها از مقدار پنج گرم بذر آسیاب شده با استفاده از دستگاه سوکسله اتوماتیک بهره‌گیری شد (Salehi Surmaghi, 2011).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بررسی شاخص‌های رشدی

براساس نتایج تجزیه واریانس، بجز در مرحله اول و دوم نمونه-برداری، در سایر مراحل تیمارهای کودی و مقادیر کود شیمیایی نقش معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی گیاه ختمی شامل وزن‌تر، وزن خشک و سطح برگ داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در مراحل سوم تا ششم نمونه‌گیری، با افزایش کاربرد کود شیمیایی در هر سه سطح کود ورمی‌کمپوست، وزن‌تر، وزن خشک و سطح برگ گل ختمی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در شرایط عدم کاربرد کود شیمیایی نیز افزایش مصرف کود ورمی‌کمپوست به‌طور معنی‌دار منجر به بهبود شاخص‌های ذکر شده گردید. در این ارتباط، سینگ و بیسین (Sing & Beisin, 1998) نیز اثر مثبت کمپوست را روی افزایش وزن خشک و تولید برخی گیاهان دارویی از جمله اسفرزه و منداب گزارش کردند.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) زیست توده تر، وزن خشک و سطح برگ گل ختمی در مراحل مختلف نمونه‌برداری

Table 3- Variance analysis (mean of squares) of fresh biomass, dry matter and leaf area of marshmallow at different sampling stages

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر بوته Fresh weight of plant						وزن خشک بوته Dry weight of plant					
		مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage	مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage
بلوک Block	2	0.027 ns	0.27 ns	1.68 ns	58.288 *	5.49 ns	530.86 ns	0.001 ns	0.34 ns	0.20 ns	2.28 ns	10.46 ns	14.46 ns
ورمی کمپوست Vermicompost	2	0.074 ns	0.01 ns	2799.92 **	7511.78 **	21816.02**	519784.86 **	0.005 ns	0.57 ns	7.32 **	527.05 **	1064.63 **	1769.62**
کود شیمیایی Chemical fertilizer	4	0.026 ns	0.83 ns	340.85 **	1573.59 **	3814.94**	55846.800**	0.002 ns	0.17 ns	3.87 **	65.07 **	149.95 **	185.14 **
ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی Vermicompost× fertilizer	8	0.061 ns	0.77 ns	23.38 **	162.727 **	1404.661**	9464.61 **	0.002 ns	0.19 ns	2.99 **	10.57 **	40.08 **	72.07 **
خطا Error	28	0.030	0.18	3.45	20.098	22.82	770.27	0.0004	0.56	0.72	1.30	7.09	9.13

ادامه جدول ۳- Table 3- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	سطح برگ بوته Leaf area of plant					
		مرحله اول First stage	مرحله دوم Second stage	مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage
بلوک Block	2	9.04 ns	9.42 ns	16055.55 **	3204.60 ns	46842.73 **	79371.02 **
ورمی کمپوست Vermicompost	2	7.82 ns	9.01 ns	876567.21 **	2044202.86 **	1213102.36 **	1623594.75 **
کود شیمیایی Chemical fertilizer	4	11.04 ns	5.69 ns	120023.88 **	592289.63 **	444740.62 **	603992.85 **
ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی Vermicompost× fertilizer	8	4.59 ns	9.22 ns	9305.24 **	191935.53 **	12079.03 *	51836.76 **
خطا Error	28	3.83	8.09	919.32	1409.83 **	6172.05	12500.16

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at the 0.05 and 0.01 probability levels and no significant, respectively.

به‌طور کلی، نقش مؤثر کاربرد ورمی‌کمپوست می‌تواند به علت فراهمی متعادل عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، منبع انرژی برای فعالیت هر چه بیشتر باکتری‌های مفید خاک (Mohammady Aria et al., 2010)، بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل ظرفیت تبادل کاتیونی و اسیدیته (Foroughifar & Poor Kasmani, 2002; Biswas&Narayanasamy, 2006) باشد.

عملکرد و اجزای عملکرد

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، اثرات ساده سطوح ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر شاخص‌های مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود (جدول ۵). با این وجود،هیچ یک از شاخص‌های مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد ختمی تحت تأثیر اثرات متقابل ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی قرار نگرفت (جدول ۵). نتایج آزمایش نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست منجر به افزایش معنی‌دار ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد و وزن گل در بوته شد (جدول ۶). همچنین در بین سطوح ورمی‌کمپوست مصرف ۱۰ تن در هکتار بیشترین تأثیر معنی‌دار را در افزایش شاخص‌های ذکر شده داشت (جدول ۶). همچنین با افزایش کاربرد سطوح کود شیمیایی نیز ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد و وزن گل در بوته به‌طور معنی‌دار رو به افزایش گذاشت. این امر نیز می‌تواند به دلیل عادت رشدی نامحدود گل ختمی و توانایی بالای این گیاه در جذب عناصر از خاک باشد. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2010) نیز به اثرات مثبت کودهای کمپوست و ورمی‌کمپوست در افزایش معنی‌دار تعداد شاخه اصلی و فرعی در رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) اشاره کردند. اثرات مثبت کود های کمپوست و ورمی‌کمپوست ممکن است به دلیل افزایش مواد آلی و نیز تأمین عناصر پر مصرف و کم مصرف در خاک باشد.

مشابه شاخص‌های تعداد و وزن گل در بوته، تعداد و وزن کپسول در بوته گل ختمی نیز به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر سطوح کاربرد کود ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی قرار گرفت (جدول ۵)؛ به‌طوری‌که با افزایش سطوح کاربرد کودها، تعداد و وزن کپسول در بوته به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۶). با توجه به ارتباط مستقیم بین تعداد گل‌های تشکیل شده در هر بوته با تعداد کپسول‌های آن، مجموعه عواملی که منجر به افزایش تعداد و وزن گل در بوته شود، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش کپسول‌های آن داشته باشد.

نتایج آزمایش همچنین حاکی از آن بود که بین سطوح ورمی-کمپوست از نظر عملکرد دانه و بیولوژیک نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول ۶)؛ به‌طوری‌که بیشترین افزایش در شاخص‌های ذکر شده در نتیجه کاربرد ۱۰ تن در هکتار کود ورمی-کمپوست مشاهده شد (جدول ۶). همچنین نتایج نشانگر آن بود که افزایش اعمال کود اوره منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک گل ختمی در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. نتایج مشابهی توسط محققین دیگر ارائه شده است. براساس نتایج ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) اعمال سطوح مربوط به نیتروژن تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) داشت. نتایج عزیزی و کهریزی (Azizi & Kahrizi, 2008) نیز حاکی از تأثیر مثبت کود اوره در افزایش عملکرد دانه و نیز عملکرد بیولوژیک زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) بود.

جدول ٤- اثرات متقابل سطوح ورمی کمپوست و مقادیر کود شیمیایی بر زیست توده تر، وزن خشک و سطح برگ بوته گل ختمی

Table 4- Interaction effects of vermicompost and chemical fertilizer levels on fresh, dry matter and leaf area of marshmallow in experiment

سطوح ورمی کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost levels (t.ha^{-1})	سطوح کود شیمیایی (درصد از کل) Fertilizer levels (%)	وزن تر بوته (گرم) Fresh weight of plant (g)				وزن خشک بوته (گرم) Dry weight of plant (g)			
		مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage	مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth stage	مرحله ششم Sixth stage
0	0	30.00 l *	85.60 h	204.67 h	622.64 i	17.97 b-e	21.60 i	62.30 e	82.30 f
	25	34.40 h	92.33 h	212.67 g	758.33 h	17.63 b-e	22.77 hi	65.40 e	85.40 f
	50	38.60 g	105.03 g	219.69 g	799.33 h	16.51 e	22.83 hi	76.97 d	86.97 f
	75	43.20 f	115.06 f	288.53 cd	906.51 g	18.87 a-d	25.37 fg	77.93 cd	97.93 e
	100	46.30 f	128.53 de	266.61 f	930.00 fg	17.43 de	24.53 gh	78.30 cd	108.30 d
50	0	51.50 e	116.87 f	274.36 ef	966.29 ef	16.63 e	23.57 ghi	76.76 d	109.76 d
	25	46.30 f	122.37 ef	310.33 b	966.41 ef	17.60 b-e	25.47 fg	82.23 bc	111.23 cd
	50	58.33 d	134.67 cd	326.00 a	1002.40de	18.77 a-d	26.77 f	86.56 ab	119.56 b
	75	62.00 c	142.93 b	318.45 ab	1036.00 cd	19.93 a	28.70 e	83.90 ab	121.90 b
	100	58.06 d	127.80 de	282.35 cd	1052.88 c	17.43 de	35.20 bc	86.70 ab	119.70 b
10	0	57.77 d	131.63 d	292.00 c	1149.04 b	19.17 ab	31.23 d	87.71 a	110.71 d
	25	59.00 cd	140.93 bc	282.66 de	1072.02 c	19.13 abc	34.45 c	88.06 a	112.06 cd
	50	70.30 ab	146.67 b	314.00 b	1120.34 b	17.53 cde	35.61 bc	88.41 a	116.41 bc
	75	67.70 b	163.20 a	324.24 a	1248.12 a	19.20 ab	36.56 ab	88.49 a	119.49 b
	100	73.10 a	167.80 a	318.66 ab	1286.60 a	20.17 a	37.93 a	88.44 a	129.44 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصدارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

ادامه جدول ٤

Table 4- Continued

سطوح ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost levels (t.ha^{-1})	سطوح کود شیمیایی (درصد از کل) Fertilizer levels (%)	مساحت برگ بوته (سانتی‌متر مربع) Leaf area of plant (cm^2)			
		مرحله سوم Third stage	مرحله چهارم Fourth stage	مرحله پنجم Fifth Stage	مرحله ششم Sixth stage
0	0	629.33 f *	1238.63 g	2517.04 f	2349.34 h
	25	765.00 e	1322.04 f	2885.29 e	2930.19 g
	50	765.00 e	1998.33 c	3011.04 de	3005.04 fg
	75	949.61 d	2056.00 c	3057.31 d	3109.67 efg
	100	942.73 d	2022.00 c	3153.09 d	3110.01 efg
50	0	952.79 d	1230.35 g	3048.61 d	3080.36 efg
	25	993.00 d	1576.62 e	3339.37 c	3404.34 cd
	50	1129.00 c	1609.14 e	3525.05 ab	3504.63 c
	75	1260.00 b	1676.37 d	3533.32 ab	3580.62 bc
	100	1271.64 b	2317.94 b	3652.37 a	3751.07 ab
10	0	1145.04 c	2307.34 b	3111.69 d	3174.19 ef
	25	1336.16 a	2319.29 b	3421.14 bc	3607.02 bc
	50	1356.24 a	2319.36 b	3358.06 c	3261.03 de
	75	1354.31 a	2364.64 ab	3609.73a	3497.01 c
	100	1365.63 a	2404.08 a	3572.21 a	3846.14 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصددارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one common letter are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

جدول ٥- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد گل ختمی

Table 5- Variance analysis (mean of square) of yield and yield components of marshmallow

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد شاخه فرعی در بوته Number of branch/ plant	تعداد گل در بوته Number of flower/ plant	وزن گل در بوته Flower weight/ plant	تعداد کپسول در بوته Number of capsule/ plant	وزن کپسول در بوته Capsule weight/ plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight
بلوک Block	2	1907.97 **	635.47 **	8304.080**	739.76 **	799.23 ns	76.61 **	0.52 ns
ورمی کمپوست Vermicompost	2	5032.63 **	1703.22 **	30320.04 **	6303.07 **	7581.14**	1270.83 **	0.80 ns
کود شیمیایی Chemical fertilizer	4	442.50 **	148.24**	3437.52 **	461.52 **	427.26**	96.33 **	0.63 ns
ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی Vermicompost× fertilizer	8	18.28 ns	4.961 ns	121.00 ns	19.61	11.51 ns	1.683 ns	0.89 ns
خطا Error	28	50.85	10.67	133.90	14.78	25.93	1.79	0.74

** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

** and ns: significant at the 0.01 level of probability and no significant, respectively.

ادامه جدول ٥

Table 5- Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	درصد موسیلاژ Mucilage percentage	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Block	2	1170978.13 **	1440.16 **	0.65 **	423.91 **	1.22 ns	20172.11 **
ورمی‌کمپوست Vermicompost	2	4946738.16 **	8306.04 **	3.48 **	2046.06 **	29.15 **	102253.49 **
کود شیمیایی Chemical fertilizer	4	351443.20 **	479.13 **	0.24 **	150.71 **	28.83 **	189.60 ns
ورمی‌کمپوست × کود شیمیایی Vermicompost× fertilizer	8	9188.80 ns	27.10 ns	0.007 ns	22.09 ns	0.29 ns	31.45 ns
خطا Error	28	9813.61	17.89	0.01	2.83	0.38	96.29

** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

** and ns: significant at the 0.01 probability level and no significant, respectively.

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد گل خطمی تحت تأثیر کاربرد سطوح ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی

Table 6- Means comparisons of yield and yield components of marshmallow affected by vermicompost and chemical fertilizer

سطوح ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost levels (t.ha^{-1})	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد شاخه فرعی Number of branch/plant	تعداد گل Number of flower (no.plant^{-1})	وزن گل (گرم در بوته) Flower weight (g. plant^{-1})	تعداد کپسول در بوته Capsule (no.plant^{-1})	وزن کپسول (گرم در بوته) Capsule weight (g.plant-1)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield (t.ha^{-1})	محتوی موسیلاژ (٪) Mucilage content (%)	عملکرد موسیلاژ (کیلوگرم در هکتار) Mucilage yield (kg.ha^{-1})	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield (kg.ha^{-1})
0	92.45 c *	15.53 c	117.47 c	38.60 c	21.20 c	15.80 c	11.42 a	483.20 c	49.44 c	0.53 c	2.67 c	10.37 c	47.89 c
5	113.47 b	26.67 b	167.47 b	63.93 b	46.00 b	25.33 b	11.76 a	947.20 b	69.08 b	1.06 b	10.29 b	11.70 b	107.31 b
10	134.10 a	40.07 a	214.00 a	81.53 a	67.33 a	34.53 a	11.38 a	1730.80 a	99.87 a	1.58 a	27.64 a	13.15 a	224.09 a
سطوح کود شیمیایی (درصد از کل) Fertilizer levels (%)													
0	104.61 d	22.00 d	140.89 d	52.56 d	35.11 d	20.89 e	11.14 a	829.33 d	64.81 d	104.61 d	22.00 d	13.98 a	120.31 b
25	108.48 cd	25.22 c	155.78 c	57.22 c	41.55 c	23.43 d	11.48 a	936.00 c	68.53 cd	108.47 cd	25.22 c	12.73 b	124.30 ab
50	113.22 bc	28.11 bc	164.78 c	60.65 c	46.11 bc	25.31 c	11.89 a	1012.00 c	71.44 bc	113.22 bc	28.11 bc	11.92 c	125.56 ab
70	119.00 ab	29.00 b	179.33 b	65.21 b	48.11 b	27.30 b	11.54 a	1154.67 b	75.28 b	119.00 ab	29.00 b	10.72 d	130.53 ab
100	121.38 a	32.78 a	190.78 a	71.19 a	53.33 a	29.21 a	11.54 a	1336.67 a	83.89 a	121.38 a	32.78 a	9.34 e	131.41 a

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang Test.

درصد و عملکرد موسیلاژ و روغن در گیاه ختمی نیز به‌طور معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) تحت تأثیر کاربرد سطوح ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی قرار گرفت. در بین سطوح کاربرد ورمی‌کمپوست، بیشترین افزایش در عملکرد موسیلاژ و روغن در سطح ۱۰ تن در هکتار مشاهده شد (جدول ۶). همچنین با افزایش کاربرد کود شیمیایی نیز درصد و عملکرد موسیلاژ و نیز عملکرد روغن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با این وجود افزایش کاربرد کود شیمیایی در گیاه ختمی منجر به کاهش معنی‌دار درصد روغن شد (جدول ۶). این امر می‌تواند نشان‌دهنده واکنش منفی مقدار اسیدهای چرب در گیاه ختمی به کاربرد کودهای شیمیایی باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش حاکی از نقش مؤثر فراهمی کاربرد ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد گل ختمی بود. همچنین در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی، افزایش مصرف کود ورمی‌کمپوست نقش مؤثری در بهبود شاخص‌های رشدی گل ختمی داشت. به نظر می‌رسد که در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی اوره، کاربرد ورمی‌کمپوست بتواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد گل ختمی داشته باشد و از این‌رو، جایگزینی برای این کود شیمیایی در نظر گرفته شود. علاوه بر این، به دلیل پایین بودن ماده آلی خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، می‌توان با مدیریت صحیح در استفاده از کود ورمی‌کمپوست به تنهایی و یا به صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی بتوان ضمن افزایش عملکرد کمی، بهبود شاخص‌های کیفی گیاه ختمی را امکان پذیر نمود. همچنین با مدیریت این شیوه کودی می‌توان گام مهمی در راستای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی در زراعت گل ختمی برداشت.

منابع

1- Azizi, K., and Kahrizi, D. 2008. Effect of nitrogen levels, plant density and climate on yield quantity and quality in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under the conditions of Iran. Asian Journal of Plant Sciences 7: 710–716.
2- Biswas, D.R, and Narayanasamy, G. 2006. Rock phosphate enriched compost: An approach to improve low-grade Indian rock phosphate. Bioresource Technology 97: 2243–2251.
3- Craher, L.L., and Gardner, Z. 2005. Trends in Medicinal Plant Production. University of Massachusetts, Department of Plant, Soil and Insect Sciences 19 pp.
4- Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertlizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculumvulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant 25: 1-19. (In Persian with English Summary)
5- Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Rejali, F. 2009. The effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphaticbiofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant 24: 396–413. (In Persian with English Summary)
6- Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy 88: 97-185.
7- Foroughifar, H., and Poor−Kasmani, M.E. 2002. Soil Science and Management. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 336 pp. (In Persian)
8- Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21: 181–192.
9- Gutierrez, F.A., Santiago, J., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Abud, M., Llaven, M.A.O., Rincon, R., and Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.). Bioresource Technology 98: 2781-2786.
10- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150–156.
11- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S.H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., and Fan, T. 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. Geoderma 158: 173–180.
12- Malik, A.A., Suryapani, S., and Ahmad, J. 2011. Chemical Vs organic cultivation of medicinal and aromatic plants: the choice is clear. International Journal of Medicinal and Aromatic Plants 1: 5-13.
13- Mohammady Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G.H., Berenji, A.R., Besharati, H., and Fotovat, A. 2010. Effect of *Thiobacillus*, sulfur, and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate. Bioresource Technology 101: 551–554.
14- Mollafilabi, A., Rashed, M.H., Moodi, H., and Kafi, M. 2010. Effect of plant density and nitrogen on yield and

yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Acta Horticulturae 85: 115–126.
15- Moradi, H., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, N., and Kafi, M. 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield component and essential oil of *Foeniculum vulgare* L. (fennel). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 625- 635. (In Persian with English Summary)
16- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. Bioresource Technology 99: 1672-1681.
17- Raja Sekar, K., and Karmegan, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobiumleguminosarum*. Scientia Horticulturae 124: 286-289.
18- Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., and Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy 25: 328–335.
19- SalehiSurmaghi, 2011.Medicinal Plants and Phytotheraphy. World of Nutrition Press 400 pp. (In Persian)
20- Sangwan, P., Kaushik, C.P., and Garg, V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. Bioresource Technology 99: 2442-2448.
21- Sing A., and Beisin S.S. 1998. Effectiveness of compost towards increasing productivity of some medicinal plants in skeletal soil. Advances in Forestry Research in India 18: 64-83.