Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هفتم، شماره دوم، ۱۳۹۹
۱۳۱-۱۵۲
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2020.16303.2481

ارزیابی تأثیر تغذیه آلی، زیستی و شیمیایی بر رشد و عملکرد کرچک (*Ricinus Communis*)

***سعید حضرتی[۱]، امیررضا صادقی بختوری[۱]، داود کیانی[۲] و عباس زینالی[۱]**

[۱]گروه زراعت و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران،

[۲]استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران،

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰٤

چکیده

سابقه و هدف: مصرف نهاده‌های شیمیایی علاوه بر آلودگی آب و خاک و کاهش کیفیت محصولات زراعی و دارویی، سبب مشکلات زیست‌محیطی نیز گردیده است. در کشاورزی پایدار، کودهای آلی و زیستی به‌عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی به‌شمار می‌آیند و می‌توانند باعث بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان شوند. با توجه به اهمیت گیاه دارویی کرچک و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف، این پژوهش جهت دستیابی به رشد و عملکرد قابل‌قبول با کاربرد تلفیقی کود زیستی، ورمی‌کمپوست و نیتروژن اجرا شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان در سال ۱۳۹٦ اجرا گردید. ترکیب تیماری مورد بررسی شامل کود نیتروژن در سه سطح، عدم مصرف، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، ورمی‌کمپوست در سه سطح عدم کاربرد، ۵ و ۱۰ تن در هکتار، کود زیستی قارچ *Piriformospora indica* در دو سطح عدم تلقیح و تلقیح بودند. صفاتی مانند وزن تر و خشک گیاه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، طول و قطر گل‌آذین، رنگدانه‌های فتوسنتزی، تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته، وزن هزاردانه، درصد روغن، عملکرد بذر و روغن مورد مطالعه قرار گرفتند.

یافته‌ها: با توجه به نتایج حاصل، ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی + کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، وزن تر و خشک گیاه را در مقایسه با سایر ترکیب‌های تیماری نشان داد. هم‌چنین بیش‌ترین میزان عملکرد بذر در ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ عدم کاربرد ورمی‌کمپوست + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌میزان ۲۸۲٤ کیلوگرم و روغن در تیمار تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌میزان ۱۱۸۵/۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بالاترین میزان درصد روغن به‌میزان ٤۳/۳۰ درصد در ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کم‌ترین در تیمار شاهد به‌میزان ۳٦ درصد حاصل شد. عملکرد روغن همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در بوته (r=۰/۷٤) نشان داد. بالاترین ضریب تشخیص رگرسیون گام به گام (۰/٦۸) برای صفت تعداد دانه در یک بوته حاصل گردید.

* مسئول مکاتبه: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری: صفت تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه و ترکیب تیماری ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد نیتروژن می‌توانند انتخاب مناسبی جهت رسیدن به بالاترین عملکرد روغن گیاه کرچک در راستای کشاورزی پایدار و کاهش مصرف نیتروژن از منابع شیمیایی باشند.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، عملکرد روغن، گیاهان روغنی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

دانه‌های روغنی از منابع مهم انرژی و پروتئین شناخته شده‌اند (۲۱). کرچک (*Ricinus communis* L.) یکی از گیاهان روغنی دارویی متعلق به تیره فرفیون است که دارای ریشه‌های عمیق بوده که بیش‌تر در مناطق گرم پراکنش دارد. بذر کرچک حاوی ۳ تا ۵ درصد پروتئین سمی است که ریسین نامیده می‌شود. به‌علاوه در قسمت‌های رویشی از جمله برگ، دارای مواد سمی می‌باشد که این گیاه را به یک محصول غیرخوراکی تبدیل کرده است (۹). از روغن کرچک در صنایع پتروشیمی، کارخانه لاستیک‌سازی، رنگ و لاک، الکل، صابون، وسایل آرایشی، پوشش سطوح و داروسازی استفاده می‌شود. استرهای موجود در روغن کرچک از گرانروی بالایی برخوردارند که یک دامنه وسیع از دما را تحمل می‌کنند و به همین علت آن را به‌عنوان روغن موتور در صنایع هوایی مورد استفاده قرار می‌دهند (۱۶ و ٤).

مدیریت حاصلخیزی خاک یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان به‌خصوص گیاهان دارویی محسوب می‌شود. کاربرد صحیح و مناسب عناصر و مواد غذایی در طول مراحل کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی، نه تنها نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد دارد؛ بلکه در کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها نیز بسیار مؤثر است (۲۰). افزایش زیادی در استفاده از کودهای شیمیایی بعد از انقلاب سبز جهت افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی صورت گرفت و این امر سبب از بین رفتن منابع زمین، آسیب زدن به محیط زیست و افزایش هزینه تولید گردید. مدیریت تلفیقی مواد غذایی، یک روش برای تولید پایدار محصولات کشاورزی است که تهدیدی حداقلی را برای برهم زدن محیط زیست دارد. ترکیب کودهای آلی و سنتزی در نسبت‌های مناسب، در افزایش عملکرد محصولات و حفظ منابع غذایی خاک مؤثر است. از این‌رو ارزیابی‌های فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی می‌تواند مناسب بودن مدیریت تلفیقی مواد غذایی برای یک محصول خاص را ارزیابی کند (۱).

نیتروژن یکی از عناصر غذایی مهم برای گیاهان است و اساس تشکیل پروتئین و اسید نوکلئیک است. تامین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی از خطرات اصلی آلودگی‌های محیط زیستی است، از طرفی کاهش و یا افزایش مصرف نیتروژن امکان ایجاد اختلالات در فرآیندهای نموی و رشد زایشی گیاه را سبب می‌گردد (۳). در پژوهش انجام‌شده روی آفتابگردان، افزایش و یا کاهش کاربرد نیتروژن کاهش عملکرد را منجر شد (۱۸). از این‌رو مدیریت تلفیقی نیتروژن با کودهای آلی می‌تواند در حفظ سلامت محیط زیست مفید باشد.

کاربرد کود مناسب یک عامل اصلی در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان دارویی می‌باشد. با توجه به تأکیدی که کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد دارد، در گیاهان دارویی که محصولات کیفی می‌باشند، ورمی‌کمپوست گزینه مناسبی برای این نظام کشت محسوب می‌شود و

www.SID.ir

Archive of SID

به‌نظر می‌رسد که در چنین شرایطی، بهبود رشد و عملکرد از آن‌ها حاصل شود. از فرآوری ضایعات آلی بقایای گیاهی، کود دامی و غیره توسط کرم خاکی ورمی‌کمپوست حاصل می‌گردد که دارای قدرت بالای جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی و در نتیجه تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب می‌باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت ریزجانداران مفید خاک، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عمل می‌کند (۱۲). پژوهش‌های زیادی اثر مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست را در رشد و عملکرد گیاهان روغنی نشان داده‌اند. اثر مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست در عملکرد گیاه سویا گزارش شده است (۱۷). خدائی جوقان و همکاران (۱۲) تأثیر مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست در افزایش رشد و عملکرد آفتابگردان را گزارش دادند و بیان کردند با کاربرد ورمی‌کمپوست می‌توان مصرف کودهای شیمیایی را نیز کاهش داد.

استفاده از قارچ‌های همزیست یکی دیگر از راه‌های تأمین حاصلخیزی خاک در نظام‌های کشاورزی پایدار می‌باشد. قارچ‌های همزیست مایع تلقیح میکروبی است، که توانایی متحرک‌سازی عناصر غذایی خاک و قابل‌دسترس کردن آن برای گیاه از طریق فرایندهای بیولوژیک را دارد (۲۱). قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* که با کلنیزاسیون ریشه آن‌ها سبب تحریک شدید رشد میزبان‌های خود می‌گردد، فراهم‌سازی شرایط لازم برای استفاده بیش‌تر از فرآیندهای طبیعی مانند عناصر غذایی یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و مهم‌تر از آن حفظ سلامت محیط زیست است که امروزه در کشورهای مختلف به‌طور جدی دنبال می‌شود. از این‌رو، به‌منظور استقرار یک نظام کشاورزی پایدار، به‌کارگیری کودهای زیستی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (۱٤). کاربرد قارچ‌های زیستی، عملکرد روغن، عملکرد دانه و پروتئین را در آفتابگردان افزایش داده است (۱۹). در پژوهشی توسط جمشیدی و همکاران (۷)، بذور تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا آفتابگردان موجب افزایش صفات ارتفاع، عملکرد دانه و میزان روغن در مقایسه با شاهد شد (۱۱). در مطالعه‌ای دیگر کاربرد قارچ میکوریزا میزان رشد، عملکرد و درصد روغن را در گیاه کلزا افزایش داد (۱۰).

مدیریت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و با مدیریت صحیح مواد غذایی می‌توان شرایط را به‌گونه‌ای فراهم آورد که گیاه حداکثر رشد و عملکرد را داشته باشد. با توجه به اهمیت گیاه دارویی کرچک و مصارف گسترده آن در صنایع مختلف، این پژوهش در راستای اهداف کشاورزی پایدار جهت دستیابی به رشد و عملکرد قابل‌قبول با کاربرد تلفیقی کود زیستی، ورمی‌کمپوست و نیتروژن اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر برهمکنش سطوح مختلف کود نیتروژن و ورمی‌کمپوست با کاربرد میکوریزا روی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه کرچک، پژوهشی در سال ۱۳۹٦ در ایستگاه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۸۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٥ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۸ متری از سطح دریا انجام شد. منطقه موردنظر اقلیم نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد و یخبندان دارد.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. فاکتورهای مورد بررسی شامل کود نیتروژن از منبع اوره در سه سطح: بدون کاربرد (N_0)، ۷۵ (N_1) و ۱۵۰ (N_2)، کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) و

www.SID.ir

Archive of SID

ورمی‌کمپوست در سه سطح عدم کاربرد (V_0)، ۵ (V_1) و ۱۰ (V_2) تن در هکتار، کود زیستی مایکوریزا در دو سطح عدم تلقیح (P_0) و تلقیح با کود زیستی (P_1) بودند.

زمین موردنظر در پائیز شخم زده شد و در اواخر زمستان و اوایل بهار پس از دیسک‌زنی، تسطیح و کرت‌بندی گردید. پیش از آماده‌سازی قطعه زمین موردنظر، از خاک مزرعه نمونه‌گیری و درصد عناصر موجود در آن تعیین شد که نتایج مربوط به آزمایش خاک و ورمی‌کمپوست مورد استفاده در جدول ۱ ارائه گردیده است. پیش از ایجاد ردیف‌های کاشت به‌صورت جوی- پشته، مقادیر کودی در نظر گرفته شده برای تیمارها در کرت‌های موردنظر پخش و با ایجاد ردیف‌های کاشت تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. مقادیر کودی نیتروژن در سه نوبت (یک سوم در آغاز کاشت و یک سوم در اواسط دوره رشد و یک سوم در مرحله گلدهی) در اختیار گیاه قرار گرفت. زادمایه‌زنی قارچ که به‌صورت اندام فعال قارچ بود حاوی گونه قارچ *Piriformospora indica* در آزمایشگاه کشت شد، بذرها جهت تلقیح با قارچ به‌مدت سه ساعت در سوسپانسیون قارچ غوطه‌ور و سپس کشت شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی‌کمپوست.

Table 1. Physical and chemical properties of soil and vermicompost.

بافت خاک Soil texture	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS/m)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium (mg/kg)
شنی لومی Loam-sandy	7.61	5.70	1.06	0.03	31	480
ورمی‌کمپوست Vermicompost	7.2	2.55	10.60	1.20	400	6500

به‌دلیل اختلاف در زمان رسیدگی دانه‌ها (نامحدود بودن رشد کرچک) و حساسیت بذرها نسبت به ریزش، قسمت گل‌آذین بوته‌های کرچک موردنظر به‌طور جداگانه با توری پوشانده شدند تا از ریزش بذرها به زمین جلوگیری به عمل آمده و یکنواختی در برداشت همه کپسول‌ها به‌دست آید. پس از خشک شدن کامل گل‌آذین و کپسول‌ها، برداشت در مورخه ۱۵ مهرماه صورت گرفت. نمونه‌گیری از ردیف‌های مرکزی هر کرت و پس از حذف اثر حاشیه انجام شد. بدین‌منظور، ده بوته از سطح ۲ مترمربعی هر کرت انتخاب، کپسول‌ها به طریق دستی جدا و بذرها بوجاری شدند. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد زیست‌توده، بوته‌های برداشت شده به قطعه‌های کوچک‌تر خرد و در پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه، ابتدا تعداد بذرها شمارش و میانگین‌گیری شد تا تعداد بذر در هر بوته به‌دست آید. سپس، تمامی بخش‌های گیاه به تفکیک بذرها، اندام‌های هوایی و زیرزمینی برای خشک کردن به آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت منتقل شدند. پس از خشک شدن کامل تمامی بخش‌های گیاه با ترازوی دیجیتال وزن گردید. بدین‌ترتیب، عملکرد دانه و زیست‌توده بوته‌های کرچک از سطح

www.SID.ir

Archive of SID

موردنظر محاسبه شده و به هکتار تعمیم داده شد. شاخص برداشت نیز با تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیست‌توده به‌دست آمد.

استخراج روغن با استفاده از حلّال دی اتیل اتر صورت گرفت. بدین‌منظور بیست عدد بذر انتخاب شده و پس از جداسازی ناخالصی‌ها، عملیات خشک کردن آن‌ها مجدداً در آون با دمای ٦٠ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ساعت انجام گرفت. بذرهای خشک شده برای روغن‌گیری خرد و ٢ گرم از آن به درون لوله‌های آزمایشی ریخته شد. حدود ١٠ میلی‌لیتر از حلّال دی اتیل اتر به لوله‌های آزمایشی اضافه شد و محلول آماده‌سازی شده با استفاده از دستگاه تکان‌دهنده (ورتکس) هم زده شد تا محلول یکنواختی به‌دست آید. سپس، محتوای لوله‌های آزمایشی به درون ویال‌های ٥٠ میلی‌لیتری انتقال داده شدند. ویال‌ها دت ده دقیقه در دمای ١٠ درجه سانتی‌گراد با سرعت ١٠ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از رسوب تفاله‌های بذر در قسمت انتهایی ویال‌ها، محلول باقی‌مانده در قسمت بالایی ویال‌ها که شامل دی‌اتیل اتر همراه با روغن بذرها بود، جمع‌آوری شده و محتویات آن به لوله آزمایشی دیگری ریخته شدند که از قبل وزن شده بودند. به‌منظور جداسازی حلّال از مادهٔ روغنی، محلول‌ها به داخل دستگاه آون با دمای ٣٠ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٢٤ ساعت منتقل شدند. پس از تبخیر و جدا شدن حلال دی اتیل اتر، تنها ماده باقی‌مانده روغن کرچک بود که وزن آن با کسر وزن لوله آزمایشی محتوی روغن از لوله آزمایشی که از قبل وزن شده بود به‌دست آمد (٢١).

اندازه‌گیری کلروفیل برگ: برای سنجش میزان کلروفیل و کارتنوئید ٠/٥ گرم از نمونه تر برگ در مرحله گلدهی از برگ‌های جوان تهیه پس از توزین در یک هاون چینی با ١٠ میلی‌لیتر استون ٨٠ درصد عصاره‌گیری گردید. سپس عصاره حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و تا رسیدن به حجم ٢٥ میلی‌لیتر و استخراج کامل کلروفیل به آن استون اضافه گردید. جذب نوری کلروفیل a، b و کارتنوئید به‌ترتیب در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧٠ نانومتر خوانده و با استفاده از فرمول روش آرنون به روش اسپکترفتومتر مربوطه غلظت کلروفیل a و b و کلروفیل کل و کارتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به‌دست آمد (٥).

تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبات مربوط به آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ٩/٢ انجام شدند. مقایسه میانگین بین تیمارها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، وزن تر و خشک کل بوته: بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد ترکیب‌های تیمار کودی مورد استفاده، روی صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، وزن تر و خشک بوته تأثیر معنی‌داری داشت. عامل ایجادکننده اختلاف معنی‌دار آماری برای ارتفاع بوته، قطر ساقه، وزن‌تر و خشک ساقه، اثر متقابل سه‌جانبه کود بیولوژیک، ورمی‌کمپوست و نیتروژن بود (p-value <٠/٠١). نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل دوجانبه ورمی‌کمپوست در کود نیتروژن را به‌عنوان ایجادکننده اختلاف معنی‌دار برای صفت تعداد شاخه فرعی معرفی کرد (p-value <٠/٠٥). نتایج مقایسه میانگین نشان داد ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ١٠ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + ١٥٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم تلقیح با کود

www.SID.ir

Archive of SID

زیستی+ عدم کاربرد ورمی‌کمپوست + کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب با ۱۲۸/۳۳ و ۱۱۵ سانتی‌متر بیش‌ترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین استفاده از کود بیولوژیک تأثیر معنی‌داری روی ارتفاع بوته نداشت، اما سطوح ۵ و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار در شرایط عدم استفاده از کود شیمیایی، ارتفاع بوته را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. ترکیب‌های تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب با ۲۲/۲۶ و ۲۱/۳ بیش‌ترین قطر ساقه را نشان دادند. ترکیب‌های تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد نیتروژن و عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیش‌ترین وزن خشک و وزن تر بوته را بر اساس نتایج مقایسه میانگین نشان دادند، از این‌رو می‌توان نتیجه‌گیری کرد که استفاده از ۱۰ تن ورمی‌کمپوست در هکتار به تنهایی قادر است بیش‌ترین وزن تر و خشک بوته را ایجاد کند. برای صفت تعداد شاخه فرعی ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بالاترین تعداد شاخه فرعی (۳/۸ عدد) را نشان داد و نکته قابل‌توجه این‌که بر اساس نتایج مقایسه میانگین صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، قطر ساقه، وزن تر و خشک گیاه توسط ترکیب تیماری ۱۰ تن ورمی‌کمپوست و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش پیدا کرد (جدول ۳). زینالی و همکاران (۲۱)، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن را برای افزایش سطح برگ، فتوسنتز، وزن خشک کل و عملکرد روغن معرفی کردند. از عناصر غذایی اساسی و مهم برای رشد رویشی یک گیاه نیتروژن می‌باشد. افزایش میزان عناصر خاک همراه با فراهم شدن شرایط مناسب برای جذب این عناصر غذایی توسط ریشه افزایش عملکرد را سبب خواهد شد. ورمی‌کمپوست با فراهم کردن یکنواخت نیتروژن و مقادیر زیادی از مواد محرک رشد در سراسر دوره رشدی گیاه و ایجاد شرایط مناسب برای فعالیت موجودات خاکزی منجر به افزایش رشد رویشی گیاه می‌گردد. کود آلی با ایجاد تغییرات در خاک و فراهم کردن محیطی مناسب‌تر برای رشد ریشه امکان جذب با کارایی بهتر عناصر غذایی را فراهم کرده و گسترش سیستم ریشه‌ای را منجر می‌گردد. از این‌رو فراهم بودن عناصر غذایی مانند نیتروژن باعث افزایش ویژگی‌های رشد رویشی شده و این صفات عملکرد و اجزای عملکرد را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۹). بر اساس نتایج حاصل از بررسی ضریب همبستگی ساده ارتفاع بوته بیش‌ترین ضریب همبستگی را با قطرساقه در بوته (r=۰/۹٤) نشان داد. وزن خشک و وزن تر بوته ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۹۸) را نشان داد (جدول ۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات کود زیستی، ورمی‌کمپوست و کود نیتروژن بر ویژگی‌های رشدی گیاه کرچک.

Table 2. Analysis of variance the effects of biological-fertilizer, vermicompost and nitrogen on growth characteristics of Caster bean.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه‌های فرعی Number of lateral branches	قطر ساقه Stem diameter	وزن تر کل گیاه Fresh weight of plant	وزن خشک کل گیاه Dry weight of plant
تکرار Replication	2	109.29 ns	0.19 ns	0.14 ns	1279.34*	49.89 ns
کود زیستی Biological fertilizer (P)	1	1061.18*	0.14 ns	12.12**	2143.3**	137.46*
ورمی‌کمپوست Vermicompost (V)	2	1713.92**	0.25 ns	18.14**	12286.32**	699.62**
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N)	2	1516.65*	0.89**	8.21**	12108.82**	1059.15**
کود زیستی × ورمی‌کمپوست (P×V)	2	406.99*	0.35 ns	1.49*	5726.43**	380.44**
کود زیستی × کود نیتروژن (P×N)	2	12.33 ns	0.26 ns	0.37 ns	24.66 ns	18.45 ns
ورمی کمپوست × کود نیتروژن (V×N)	4	456.45**	0.85**	3.43**	2717.53**	152.76**
کود زیستی × ورمی‌کمپوست × کود نیتروژن (P×V×N)	4	1123.25**	0.17 ns	9.71**	2138.48**	185.98**
خطا Error	34	105.27	0.18	0.44	286.91	25.36
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.1	14.2	3.4	2.0	2.3

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

ns, * and ** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های تیماری کود بیولوژیک، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر شاخص‌های رشدی گیاه کرچک.

Table 3. Mean comparison effect of biological fertilizer, vermicompost and nitrogen on growth traits of castor bean.

صفات Traits	تیمارها Treatments								
	$P_0V_0N_0$	$P_0V_0N_1$	$P_0V_0N_2$	$P_0V_1N_0$	$P_0V_1N_1$	$P_0V_1N_2$	$P_0V_2N_0$	$P_0V_2N_1$	$P_0V_2N_2$
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	75±6.80^{fg}	82±4.35^{eg}	115±10^{ab}	108.6±5.36^{bc}	72±7^{g}	77±4.93^{fg}	102.3±4.33^{b-d}	108.33±6.0^{bc}	128.3±4.4^{a}
تعداد شاخه‌های فرعی در بوته Number of sub-branches per plant	2.86±0.24^{b-c}	3.13±0.4^{a-d}	3.6±0.3^{ab}	2.93±0.29^{b-e}	2.6±0.2^{c-e}	2.86±0.24^{b-e}	2.46±0.06^{de}	3±0.23^{a-e}	3.8±0.2^{a}
قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	17.7±0.26^{h-j}	18.6±0.36^{hg}	20.83±0.73^{b-d}	21.03±0.31^{bc}	17.63±0.28^{h-j}	17.73±0.27^{h-j}	19.86±0.4^{c-f}	21.3±0.36^{ab}	22.26±0.24^{a}
وزن تر گیاه (گرم) Fresh weight of plant (g)	747±22.1^{f}	739.6±12.2^{f}	812±7^{cd}	740±11.5^{f}	808±7.2^{cd}	840±2.8^{bc}	844±9.4^{a-c}	875.3±8.1^{a}	842.6±4.3^{a-c}
وزن خشک گیاه (گرم) Dry weight of plant (g)	203±5.56^{f-h}	201.6±4.17^{gh}	220.6±1.76^{cd}	197.6±3.92^{h}	219±2.08^{cd}	225±2.51^{bc}	227.3±2.18^{a-c}	235.3±1.45^{a}	226±1.52^{a-c}
	$P_0V_0N_0$	$P_0V_0N_1$	$P_0V_0N_2$	$P_0V_1N_0$	$P_0V_1N_1$	$P_0V_1N_2$	$P_0V_2N_0$	$P_0V_2N_1$	$P_0V_2N_2$
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	85.3±5.78^{d-g}	70.6±6.35^{g}	100±5^{b-e}	72.33±3.71^{g}	86.3±4.48^{d-g}	93.5±5.21^{c-f}	106.7±8.81^{bc}	78.3±2.02^{fg}	94.6±6.22^{c-f}
تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه Number of sub-branches per plant	2.2±0.11^{e}	3.06±0.4^{a-d}	3±0^{a-e}	3.33±0.33^{a-d}	2.73±0.17^{c-e}	2.7±0.17^{c-e}	3±0.23^{a-e}	2.86±0.24^{b-e}	3.4±0.23^{a-c}
قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	18.26±0.4^{g-j}	17.2±0.2^{j}	19.8±0.5^{d-f}	17.26±0.39^{ij}	18±0.37^{h-j}	19.25±0.25^{fg}	20.63±0.42^{b-e}	18.46±0.21^{g-i}	19.460.48^{e-g}
وزن تر گیاه (گرم) Fresh weight of plant (g)	783.6±22.5^{de}	829.6±3.1^{bc}	821.5±21.5^{bc}	769.3±8^{ef}	820.6±4.9^{bc}	855.7±3.3^{ab}	822.6±6.3^{bc}	811.6±11.6^{cd}	848.3±6^{ab}
وزن خشک گیاه (گرم) Dry weight of plant (g)	211.3±4.17^{d-f}	223.6±0.88^{bc}	223±3^{bc}	209±2.08^{e-g}	217.3±3.92^{c-e}	232.7±1.1^{ab}	217.6±2.66^{c-e}	218.3±4.4^{c-e}	231.3±1.85^{ab}

میانگین‌های با حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر پایه آزمون LSD ندارند.

Means within each column followed by same letter are not significantly different at 0.01 and 0.05 probability level according to LSD.

کود نیتروژن در سه سطح: بدون کاربرد (N_0)، ۷۵ (N_1)، ۱۵۰ (N_2)، کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) و ورمی‌کمپوست در سه سطح عدم کاربرد (V_0)، ۵ (V_1) و ۱۰ (V_2) تن در هکتار، کود زیستی در دو سطح عدم تلقیح (P_0) و تلقیح با کود زیستی (P_1) بودند.

Nitrogen fertilization at three levels 0 (N_0), 75 (N_1), 150 (N_2), kg ha^{-1}, vermicompost at three levels of application 0 (V_0), 5 (V_1) and 10 (V_2) t ha^{-1} and Biofertilizer in two levels of non-inoculation (P_0) and inoculation with biofertilizer (P_1).

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد و سطح برگ در بوته، کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل دوجانبه کود زیستی در ورمی‌کمپوست سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار آماری بین ترکیب‌های تیماری مورد آزمایش برای صفت تعداد برگ در بوته گردید (p-value <۰/۰۵) (جدول ٤). برای صفت سطح برگ در بوته اثر متقابل سه‌جانبه کود زیستی در ورمی‌کمپوست در کود نیتروژن اختلاف معنی‌دار آماری را برای ترکیب‌های تیماری مختلف ایجاد کرد (p-value <۰/۰۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین ترکیب‌های تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای صفت تعداد برگ در بوته (به‌ترتیب ۳۱/٦٦ و ۳۱/٦٦ عدد در هر بوته) و سطح برگ در بوته (به‌ترتیب ۰/٦۹ و ۰/٦۵) بیش‌ترین میزان را نشان دادند (جدول ۵). بر اساس نتایج می‌توان نتیجه گرفت در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن می‌توان به بالاترین تعداد برگ و سطح برگ دست پیدا کرد.

جدول ٤- تجزیه واریانس اثرات کود زیستی، ورمی‌کمپوست و کود نیتروژن بر شاخص‌های برگ در گیاه کرچک.

Table 4. Analysis of variance the effects of biological-fertilizer, vermicompost and nitrogen on leaf traits of Castor bean.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	سطح برگ در بوته Leaf area	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کارتنوئید Carotenoids
تکرار Replication	2	25.82*	0.01 ns	0.000001 ns	0.0000002 ns	0.29 ns
کود زیستی Biological fertilizer (P)	1	10.98 ns	0.007 ns	0.00003 ns	0.000003 ns	1.01 ns
ورمی‌کمپوست Vermicompost (V)	2	73.53**	0.04**	0.000006**	0.00001**	4.27**
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N)	2	63.85**	0.06**	0.00005 ns	0.000003 ns	0.01 ns
کود زیستی × ورمی‌کمپوست (P×V)	2	28.10*	0.01*	0.00001**	0.00001**	0.49 ns
کود زیستی × کود نیتروژن (P×N)	2	8.53 ns	0.01ns	0.000007*	0.000002 ns	2.17 ns
ورمی‌کمپوست × کود نیتروژن (V×N)	4	10.84 ns	0.01**	0.000005 ns	0.000006**	2.89**
کود زیستی × ورمی‌کمپوست × کود نیتروژن (P×V×N)	4	8.10 ns	0.01*	0.00002 ns	0.000001 ns	2.78**
خطا Error	34	6.47	0.01	0.001	0.01	0.47
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	9.8	2.0	12.0	18.2	9.5

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

ns, * and ** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سه‌جانبه کود بیولوژیک در ورمی‌کمپوست در کود شیمیایی روی صفات کلروفیل a و کاروتنوئید معنی‌دار بود (p-value <۰/۰۱) و اثر متقابل دوجانبه ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی روی صفت کلروفیل b تأثیر معنی‌داری داشتند (p-value <۰/۰۱) (جدول ٤).

سه ترکیب شامل تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم تلقیح با کود زیستی+ عدم کاربرد ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (به‌ترتیب ۰/۰۲۳۵، ۰/۰۲۳٤ و ۰/۰۲۳۲ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر) بیش‌ترین میزان کلروفیل a را نشان دادند. هم‌چنین ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد نیتروژن بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۰/۰۱۰۳ و ۰/۰۰۸۵میلی‌گرم در هر گرم وزن تر) و ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیش‌ترین میزان کاروتنوئید (۸/۵۳ میلی‌گرم در هر گرم وزن تر) به خود اختصاص دادند. از این‌رو ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مؤثرترین تیمار در افزایش دادن میزان زنگدانه‌های فتوسنتزی به‌طور هم‌زمان بود (جدول ۵). گیاه با جذب نور بیش‌تر قادر خواهد بود ذخائر فتوسنتزی بیش‌تری را در مرحله رشد رویشی تولید و در نهایت به بذرها انتقال دهد. نتایج مشخص کرد که در شرایط عدم کاربرد کود زیستی و با کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن می‌توان به بالاترین تعداد برگ و سطح برگ دست پیدا کرد. افزایش تعداد برگ مهم‌ترین راهکار گیاهان در استفاده بیش‌تر از نور و جذب بیش‌تر عناصر غذایی از خاک که با کاربرد ورمی‌کمپوست به‌طور یکنواخت در سراسر فصل رشد فراهم می‌گردد از عوامل اساسی تأثیرگذار بر عملکرد و اجزای عملکرد است (٦). ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مؤثرترین تیمار در افزایش دادن میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئید به‌طور هم‌زمان بود (جدول ۵). هر گیاه که بتواند مقدار بیش‌تری از تشعشعات خورشیدی را جذب نماید مقادیر بیش‌تری از فتوسنتز را انجام خواهد داد و با انتقال فرآورده‌های فتوسنتزی بیش‌تر به دانه‌ها عملکرد بیش‌تری را ایجاد خواهد کرد.

تعداد برگ و سطح برگ در بوته ضریب همبستگی (r=۰/۸٦) را نشان دادند. رنگدانه‌های کلروفیل a و کاروتینوئید بالاترین ضریب همبستگی را با تعداد کپسول در بوته (r=۰/۵۹ و r=۰/۵۸ به‌ترتیب) نشان دادند (جدول ۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های تیماری کود بیولوژیک، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر شاخص‌های برگ در گیاه کرچک.

Table 5. Mean comparison effect of biological fertilizer, vermicompost and nitrogen on leaf traits of castor bean.

صفات Traits	تیمارها Treatments								
	$P_0V_2N_2$	$P_0V_2N_1$	$P_0V_2N_0$	$P_0V_1N_2$	$P_0V_1N_1$	$P_0V_1N_0$	$P_0V_0N_2$	$P_0V_0N_1$	$P_0V_0N_0$
تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	31.6±2.03^{a}	26.6±1.45^{a-d}	23.6±0.67^{b-e}	25.3±2.03^{b-e}	21.0±0.58^{e}	24.0±2.08^{b-e}	26.7±0.88^{a-d}	27.3±1.20^{a-d}	23.0±2.08^{c-e}
سطح برگ در بوته Leaf area	0.69±0.02^{a}	0.46±0.03^{d-g}	0.39±0.01^{g}	0.47±0.03^{c-g}	0.39±0.02^{g}	0.47±0.02^{c-g}	0.49±0.00^{b-f}	0.43±0.03^{d-g}	0.5±0.04^{b-e}
کلروفیل a Chlorophyll a	0.018±0.0005^{bc}	0.023±0.0007^{a}	0.018±0.0003^{bc}	0.019±0.0006^{bc}	0.023±0^{a}	0.017±0.0003^{bc}	0.023±0.0002^{a}	0.019±0.001^{bc}	0.018±0^{bc}
کلروفیل b Chlorophyll b (میلی‌گرم در هر گرم)	0.005±0.0003^{de}	0.007±0.0009^{b-d}	0.005±0.0006^{e}	0.007±0.0002^{bc}	0.008±0.0003^{ab}	0.01±0.001^{a}	0.006±0.0004^{c-e}	0.005±0.001^{de}	0.006±0^{c-e}
کارتنوئیدها Carotenoids (میلی‌گرم در هر گرم)	5.92±0.25^{fg}	8.01±0.38^{a-c}	7.48±0.35^{a-e}	7.8±0.48^{a-d}	8.53±0.03^{a}	7.44±0.45^{a-e}	8.05±0.35^{a-c}	6.63±0.51^{d-g}	6.05±0.44^{fg}
	$P_1V_2N_2$	$P_1V_2N_1$	$P_1V_2N_0$	$P_1V_1N_2$	$P_1V_1N_1$	$P_1V_1N_0$	$P_1V_0N_2$	$P_1V_0N_1$	$P_1V_0N_0$
تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	31.6±1.20^{a}	27.3±1.45^{a-d}	28.6±0.88^{ab}	27.75±1.11^{a-c}	25.0±2.31^{b-e}	26.3±1.86^{b-e}	25.5±3.50^{b-e}	22.0±1.53^{de}	23.0±1.15^{c-e}
سطح برگ در بوته Leaf area index	0.65±0.02^{a}	0.50±0.03^{bc}	0.56±0.02^{b}	0.56±0.02^{e-g}	0.41±0.02^{d-g}	0.50±0.02^{b-d}	0.46±0.04^{d-g}	0.40±0.00^{fg}	0.45±0.03^{d-g}
کلروفیل a Chlorophyll a (میلی‌گرم در هر گرم)	0.02±0.0004^{ab}	0.02±0.0006^{ab}	0.017±0.0012^{bc}	0.017±0.0015b^{c}	0.02±0.0007^{a-c}	0.017±0.001^{bc}	0.013±0.001^{d}	0.019±0.0013^{bc}	0.018±0.0013^{bc}
کلروفیل b Chlorophyll b (میلی‌گرم در هر گرم)	0.006±0.0007^{b-e}	0.007±0.0007^{b-e}	0.006±0.0003^{b-e}	0.006±0.0005b^{c-e}	0.004±0.0008^{e}	0.008±0.0009^{ab}	0.005±0.0007^{c-e}	0.006±0.0001^{b-e}	0.007±0.0006^{b-d}
کارتنوئیدها Carotenoids (میلی‌گرم در هر گرم)	7.45±0.59^{abcde}	7.82±0.22^{abcd}	6.46±0.48^{e-g}	7±0.33^{c-f}	6.9±0.23^{c-f}	8.41±0.19^{ab}	6.83±0.2^{c-f}	5.37±0.5^{g}	7.14±0.44^{b-f}

میانگین‌های با حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر پایه آزمون LSD ندارند.

Means within each column followed by same letter are not significantly different at 0.01 and 0.05 probability level according to LSD.

کود نیتروژن در سه سطح: بدون کاربرد (N_0)، ۷۵ (N_1)، ۱۵۰(N_2)، کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) و ورمی‌کمپوست در سه سطح عدم کاربرد (V_0)، ۵ (V_1) و ۱۰ (V_2) تن در هکتار، کود زیستی در دو سطح عدم تلقیح (P_0) و تلقیح با کود زیستی (P_1) بودند.

Nitrogen fertilization at three levels 0 (N_0), 75 (N_1), 150 (N_2), kg ha^{-1}, vermicompost at three levels of application 0 (V_0), 5 (V_1) and 10 (V_2) t ha^{-1} and Biofertilizer in two levels of non-inoculation (P_0) and inoculation with biofertilizer (P_1).

www.SID.ir

Archive of SID

طول و قطر گل‌آذین اصلی: نتایج پژوهش نشان داد اثر متقابل سه‌جانبه کود زیستی، ورمی‌کمپوست و کود نیتروژن باعث ایجاد اختلاف معنی‌داری روی صفت طول و قطر گل‌آذین اصلی گردید (p-value <۰/۰۱) (جدول ٦). ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیش‌ترین طول و ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد نیتروژن بیش‌ترین قطر گل‌آذین اصلی را در بین ترکیب‌های تیماری مختلف نشان دادند (جدول ۷). در نظام‌های تغذیه تلفیقی کودهای شیمیایی جبران کمبود نیتروژن معدنی در مراحل اولیه رشد به‌دلیل مصرف نیتروژن توسط ریزجانداران خاک جهت تجزیه مواد آلی را می‌کنند، اما نقش کودهای آلی به‌دلیل نیازهای طولانی‌تر گیاه در جذب عناصر در مرحله رشد زایشی بیش‌تر می‌شود (۷). این نتایج نشان می‌دهد در هنگام کاربرد کود زیستی برای دستیابی به بیش‌ترین طول و قطر گل‌آذین اصلی می‌توان با مقدار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست به نتایج مطلوب رسید و مصرف کود نیتروژن در هنگام عدم استفاده از کود بیولوژیک برای افزایش طول و قطر گل‌آذین مؤثر خواهد بود.

از نتایج به‌دست آمده مشخص شد که کاربرد کود زیستی برای دستیابی به بیش‌ترین میزان برای صفات رشد رویشی و افزایش دادن تعداد و سطح برگ در گیاه کرچک ضرورتی ندارد. طول گل‌آذین اصلی بالاترین ضریب همبستگی را با ارتفاع بوته نشان داد (r=۰/۹۱) قطر گل‌آذین اصلی بالاترین ضریب همبستگی را با تعداد کپسول در بوته نشان داد (r=۰/٦٦) (جدول ۱۰).

جدول ٦- تجزیه واریانس اثرات کود زیستی، ورمی‌کمپوست و کود نیتروژن بر شاخص‌های گل‌آذین گیاه کرچک.

Table 6. Analysis of variance the effects of biological-fertilizer, vermicompost and nitrogen on inflorescence trait of Castor bean.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square	
		طول گل‌آذین اصلی Main inflorescence length	قطر گل‌آذین اصلی Main inflorescence diameter
تکرار Replication	2	2.02 ns	1.65 ns
کود زیستی Biological fertilizer (P)	1	3.18 ns	0.07 ns
ورمی‌کمپوست Vermicompost (V)	2	86.07**	23.08**
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N)	2	77.69**	28.15**
کود زیستی × ورمی‌کمپوست (P×V)	2	2.39 ns	1.55 ns
کود زیستی × کود نیتروژن (P×N)	2	9.77 ns	27.28**
ورمی‌کمپوست × کود نیتروژن (V×N)	4	6.15 ns	7.91*
کود زیستی × ورمی‌کمپوست × کود نیتروژن (P×V×N)	4	65.28**	12.60**
خطا Error	34	5.77	2.14
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	8.1	3.4

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

ns, * and ** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های تیماری کود بیولوژیک، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر شاخص‌های گل‌آذین گیاه کرچک.

Table 7. Mean comparison effect of biological fertilizer, vermicompost and nitrogen on inflorescence trait of *Castor bean*.

صفات Traits	تیمارها Treatments								
	$P_0V_0N_0$	$P_0V_0N_1$	$P_0V_0N_2$	$P_0V_1N_0$	$P_0V_1N_1$	$P_0V_1N_2$	$P_0V_2N_0$	$P_0V_2N_1$	$P_0V_2N_2$
طول گل‌آذین اصلی (سانتی‌متر) Main inflorescence length (cm)	24.66±0.80^{gh}	26±1.52^{fgh}	34±1.15^{ab}	32.33±2.60^{a-d}	24.33±0.88^{h}	28±1.15^{d-h}	28.33±0.88^{e-h}	32.66±1.76^{a-c}	36.33±0.88^{a}
قطر گل‌آذین اصلی (میلی‌متر) Main inflorescence diameter (mm)	38.9±1.04^{h}	42.5±0.60^{d-f}	45±1.33^{a-d}	41±0.39^{e-h}	41.9±0.95^{e-g}	42.8±0.74^{d-f}	40.1±0.71^{i-h}	45.8±1.18^{a-c}	46.4±1.13^{ab}
	$P_1V_0N_0$	$P_1V_0N_1$	$P_1V_0N_2$	$P_1V_1N_0$	$P_1V_1N_1$	$P_1V_1N_2$	$P_1V_2N_0$	$P_1V_2N_1$	$P_1V_2N_2$
طول گل‌آذین اصلی (سانتی‌متر) Main inflorescence length (cm)	29.66±1.20^{b-e}	26.33±0.88^{f-h}	29.5±0.50^{b-e}	24.33±0.88^{h}	27.33±1.33^{e-h}	31±1.29^{b-e}	33.66±0.88^{ab}	29±1.52^{c-g}	31.33±2.02^{b-e}
قطر گل‌آذین اصلی (میلی‌متر) Main inflorescence diameter (mm)	39.5±0.58^{gh}	41.4±0.58^{e-h}	43.8±1.35^{b-e}	42.3±0.70^{e-h}	41.9±0.57^{e-g}	43.3±0.58^{c-e}	46.5±0.62^{a}	42.9±0.93^{d-f}	42.2±0.73^{e-g}

میانگین‌های با حرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر پایه آزمون LSD ندارند.

Means within each column followed by same letter are not significantly different at 0.01 and 0.05 probability level according to LSD.

کود نیتروژن در سه سطح: بدون کاربرد (N_0)، ۷۵ (N_1)، ۱۵۰(N_2)، کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) و ورمی‌کمپوست در سه سطح عدم کاربرد (V_0)، ۵ (V_1) و ۱۰ (V_2) تن در هکتار، کود زیستی در دو سطح عدم تلقیح (P_0) و تلقیح با کود زیستی (P_1) بودند.

Nitrogen fertilization at three levels 0 (N0), 75 (N1), 150 (N2), kg ha^{-1}, vermicompost at three levels of application 0 (V0), 5 (V1) and 10 (V2) t ha^{-1} and Biofertilizer in two levels of non-inoculation (P0) and inoculation with biofertilizer (P1).

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد کپسول و تعداد دانه، وزن هزاردانه و وزن کل دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل سه‌جانبه کود آلی، شیمیایی و زیستی تأثیر معنی‌داری روی تعداد دانه و تعداد کپسول در یک بوته را نشان دادند (p-value <۰/۰۵) (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیش‌ترین تعداد دانه و کپسول در یک بوته را ایجاد کرد (جدول ۹). اثر متقابل سه‌جانبه کود زیستی، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار آماری بین ترکیب‌های تیماری برای وزن هزاردانه و وزن کل دانه گردید (p-value <۰/۰۱) (جدول ۸). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین وزن هزاردانه مربوط به ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ عدم کاربرد ورمی‌کمپوست+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود و بالاترین وزن دانه در هکتار مربوط به ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ عدم کاربرد ورمی‌کمپوست+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود (جدول ۹). هدف اصلی در کشت دانه‌های روغنی افزایش میزان روغن است. از طرفی عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن می‌باشد. با توجه به این‌که درصد روغن کم‌تر تحت‌تأثیر عوامل مدیریتی می‌باشد و از این‌رو ترکیب تیماری در نظام تغذیه تلفیقی که بر صفات مربوط به عملکرد دانه مانند تعداد دانه و وزن هزاردانه مؤثرتر باشد قادر خواهد بود عملکرد روغن بالاتری را منجر گردد. نتایج ضریب همبستگی در این پژوهش بالاترین همبستگی میان عملکرد روغن را با تعداد دانه و وزن هزاردانه نشان داد. از میان ترکیب‌های تیماری مورد مطالعه قرار گرفته در این پژوهش ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیش‌ترین وزن هزاردانه و تعداد دانه و عملکرد روغن را سبب شد (۲۱). بالاترین ضریب همبستگی مشاهده شده بین تعداد دانه در بوته و تعداد کپسول در بوته مشخص شد (r=۰/۹۸). نتایج مشخص کرد وزن کل دانه در یک بوته همبستگی مثبت و بالاتری با تعداد دانه (r=۰/٦٦) و تعداد کپسول (r=۰/٦۱) در بوته در مقایسه با وزن هزاردانه (r=۰/۵۵) دارد (جدول ۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- تجزیه واریانس اثرات کود زیستی، ورمی‌کمپوست و کود نیتروژن بر شاخص‌های برگ در گیاه کرچک.

Table 8. Analysis of variance the effects of biological-fertilizer, Vermicompost and nitrogen on leaf traits of *Caster bean*.

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		تعداد کپسول در یک بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در یک بوته Number of seed per plant	وزن هزاردانه 1000 seeds weight	وزن کل دانه در هکتار Total seeds weight per hectare	درصد روغن Oil content	عملکرد روغن در هکتار Oil yield per hectare
تکرار Replication	2	1.07 ns	3.37 ns	14.67 ns	3757.16 ns	0.99 ns	646.09 ns
کود زیستی Bio-fertilizer (P)	1	5.72 ns	4.52 ns	1442.55**	200826.9**	0.04 ns	33293.4**
ورمی‌کمپوست Vermicompost (V)	2	115.70**	947.79 ns	180.43**	36987.6**	27.80**	42903.6**
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer (N)	2	176.26**	1074.80**	566.12**	373794.4**	21.66**	119059.7**
کود زیستی × ورمی‌کمپوست (P×V)	2	42.15**	201.26*	112.67**	21416.9 ns	23.17**	18576.2 ns
کود زیستی × کود نیتروژن (P×N)	2	8.43 ns	75.76 ns	457.31*	99804.9**	4.85 ns	5230.1**
ورمی‌کمپوست × کود نیتروژن (V×N)	4	3.93 ns	25.08 ns	215.02**	30055.5**	18.58**	13579.8**
کود زیستی × ورمی‌کمپوست × کود نیتروژن (P×V×N)	4	19.15*	171.62*	274.50**	22534.6*	4.69 ns	7104.8*
خطا Error	34	6.1	55.65	26.60	7364.8	2.14	2344.6
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3.1	3.2	2.3	3.3	3.6	4.7

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

ns, * and ** are not significant, significant at 5% and 1% level of probability, respectively.

درصد روغن بذر و عملکرد روغن: با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثرات متقابل دوجانبه ورمی‌کمپوست در کود زیستی (p-value <۰/۰۱) و ورمی‌کمپوست در کود نیتروژن (p-value <۰/۰۱) بین ترکیب‌های تیماری باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار آماری برای صفت درصد روغن گردید. هم‌چنین نتایج نشان داد که اثر متقابل سه‌جانبه ورمی‌کمپوست، کود زیستی و کود نیتروژن تأثیر معنی‌دار روی صفت عملکرد روغن در هکتار داشت (p-value <۰/۰۵) (جدول ۸). نتایج مقایسه میانگین نشان داد ترکیب‌های تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بالاترین درصد روغن و ترکیب تیماری ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بالاترین میزان عملکرد روغن در هکتار را به‌دست آورد (جدول ۹). هنگام فراهم بودن میزان نیتروژن کافی در اختیار گیاه آنزیم‌های فتوسنتزی نقش فعالی در تثبیت کربن فتوسنتزی دارند و این منجر به ذخیره بیش‌تر کربوهیدرات در گیاه می‌شود. کربوهیدرات‌ها می‌توانند به لیپید تبدیل شده و در هنگام پر شدن دانه به دانه‌ها انتقال پیدا کنند و سهم بیش‌تری از ترکیب بذر را به خود اختصاص دهند (۲۱). با توجه به اثر مثبت ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در افزایش دادن تعداد برگ و سطح برگ این ترکیب تیماری با فراهم‌آوری میزان نیتروژن بیش‌تر در طول فصل رشد منجر به فتوسنتز بیش‌تر شده و درصد روغن بالاتری را ایجاد نموده است. اگرچه با توجه به نتایج مقایسه میانگین کاربرد و عدم کاربرد کود بیولوژیک اختلاف معنی‌دار آماری برای صفات تعداد برگ و سطح برگ در بوته نشان ندادند، اما به‌نظر می‌رسد کاربرد کود زیستی دارای نقش مؤثر در انتقال مواد غذایی به دانه باشد. کوان و همکاران (۱۳)، نقش مؤثر تلقیح باکتری برای افزایش انتقال مواد غذایی و به تاخیر انداختن پیری برای افزایش عملکرد در ذرت را نشان دادند. با توجه به این نتایج می‌توان به نقش مثبت استفاده از کود زیستی در مرحله رشد زایشی و صفاتی مرتبط با تعداد دانه و وزن هزاردانه دست پیدا کرد. نقش قارچ میکوریزا در رشد گیاه به فعالیت آن‌ها در ناحیه ریزوسفر و تولید انواع مختلفی از مواد که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر واکنش‌های گیاه تأثیرگذار هستند، ارتباط دارد. به‌طور عمومی در اختیار قرار گرفتن عناصری مانند نیتروژن، فسفر و عناصر ضروری را راحت‌تر می‌کنند و هم‌چنین سبب ایجاد تعادل برای هورمون‌های گیاهی می‌گردند (۱۵). کودهای زیستی از اثرات انواع مختلفی از پاتوژن‌ها جلوگیری کرده و محیط سالمی را برای جذب عناصر توسط ریشه فراهم می‌آورند (۲). یک بررسی در آفتابگردان نقش مثبت تغذیه تلفیقی و استفاده از PGPRها را در افزایش عملکرد روغن آشکار کرد (۲). نتایج حاصل از بررسی ضریب همبستگی ساده نشان داد که عملکرد روغن در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد برگ در بوته (r=۰/۵)، درصد روغن (r=۰/۸)، تعداد دانه در بوته (r=۰/۷٤)، وزن دانه در بوته (r=۰/۷)، وزن تر (r=۰/٦) و خشک (r=۰/۵۹) گیاه دارد. صفت درصد روغن در بوته ضریب همبستگی مثبت و معنی‌داری را با تعداد کپسول در بوته داشت (r=۰/٦) (جدول ۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های تیماری کود بیولوژیک، ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر شاخص‌های عملکردی در گیاه کرچک.

Table 9. Mean comparison effect of biological fertilizer, vermicompost and nitrogen on yield traits of castor bean.

صفات Traits	تیمارها Treatments								
	$P_0V_0N_0$	$P_0V_0N_1$	$P_0V_0N_2$	$P_0V_1N_0$	$P_0V_1N_1$	$P_0V_1N_2$	$P_0V_2N_0$	$P_0V_2N_1$	$P_0V_2N_2$
تعداد کپسول در یک بوته Number of capsules per plant	68±1.73^{i}	76±1.15^{e-h}	77.66±1.45^{d-h}	76±1.73^{d-h}	80.6±0.66^{a-e}	85±1.15^{a}	77±1.52^{d-h}	79±2.08^{c-h}	81±1.73^{a-d}
تعداد دانه در یک بوته Number of seed per plant	204±6.08^{f}	224.3±3.48^{d-f}	229±2.88^{c-f}	225.3±3.71^{c-f}	236.3±2.4^{a-d}	246.7±4.25^{a}	227±4.93^{c-f}	232.7±4.63^{b-e}	239±5.19^{a-e}
وزن هزاردانه 1000 seeds weight	211.8±2.3^{ef}	221.8±1.69^{de}	228.6±1.91^{b-d}	206.3±2.31^{f}	231.9±1.94^{bc}	209.4±4.9^{ef}	204.8±2.92^{f}	229.3±4.24^{b-d}	225.8±2.25^{c-e}
وزن کل دانه در هکتار (کیلوگرم) Total seeds weight per hectare (kg)	2159.4±51.5^{f}	2488.3±46.2^{cd}	2618.5±49.7^{bc}	2325±60.8^{e}	2741.4±48.2^{ab}	2581.6±44.6^{b-d}	2324.7±50.65^{e}	2665.5±9.52^{b}	2698.7±56.85^{ab}
درصد روغن Oil content	36.3±0.66^{fg}	39±0.57^{d-f}	41.3±0.33^{a-d}	39.3±0.33^{c-e}	39.6±0.88^{b-e}	43±0.57^{a}	42±0.57^{a-c}	37.6±0.88^{e-g}	39±1.15^{d-f}
عملکرد روغن در هکتار (کیلوگرم) Yield per hectare (kg)	784.8±27.8^{h}	970.0±9.5^{d-f}	1082.1±16.39^{bc}	914.0±16.43^{fg}	1088.1±41.2^{bc}	1110.4±30.98^{ab}	976.8±31.92^{d-f}	1004.2±27.04	1052.4±37.89^{b-d}
	$P_1V_0N_0$	$P_1V_0N_1$	$P_1V_0N_2$	$P_1V_1N_0$	$P_1V_1N_1$	$P_1V_1N_2$	$P_1V_2N_0$	$P_1V_2N_1$	$P_1V_2N_2$
تعداد کپسول در یک بوته Number of capsules per plant	75±20^{gh}	74.3±1.66^{h}	80±1^{b-f}	75.6±1.2^{f-h}	78±0.57^{d-h}	79.5±0.64^{b-g}	77±1.15^{d-h}	83.6±1.45^{ab}	83±1.15^{a-c}
تعداد دانه در یک بوته Number of seed per plant	222±7.02^{ef}	217.7±5.04^{e}	230±5^{c-f}	226.3±4.09^{c-f}	228.3±2.02^{c-f}	232.5±1.89^{b-e}	223.7±3.28^{d-f}	245±4.04^{ab}	244±3.21^{ab}
وزن هزاردانه (گرم) 1000 seeds weight (g)	221.1±4.32^{de}	237.6±4.3^{ab}	245.6±3.75^{a}	228.1±1.39^{b-d}	228.3±1.54^{b-d}	228.5±3.03^{b-d}	233.4±1.30^{bc}	216.5±1.93^{ef}	224±2.96^{c-e}
وزن کل دانه در هکتار (کیلوگرم) Total seeds weight per hectare (kg)	2455.3±102.33^{de}	2584.4±15.2^{b-d}	2824±18.28^{a}	2581.6±36.7^{b-d}	2607.2±33.9^{b-d}	2656.1±19.9^{b}	2610.3±45.5^{b-d}	2652.3±32.9^{b}	2734.3±67.7^{ab}
محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	36±0.57^{g}	39.6±0.88^{b-e}	38±0^{e-g}	37±0.57^{e-g}	39.3±0.66^{c-e}	41.5±1.54^{a-d}	42.3±0.88^{ab}	41±0.57^{a-d}	43.3±0.33^{a}
عملکرد روغن در هکتار (کیلوگرم) Yield per hectare (kg)	882.7±22.62^{g}	1025.0±21.88^{b-e}	1073.1±6.94^{bc}	955.0±16.05^{d-f}	1025.0±4.39^{bc-e}	1094.7±33.9^{bc}	1104.8±26.12^{ab}	1087.7±27.55^{bc}	1185.1±35.0^{a}

میانگین‌های باحرف‌های مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد بر پایه آزمون LSD ندارند..

Means within each column followed by same letter are not significantly different at 0.01 and 0.05 probability level according to LSD.

کود نیتروژن در سه سطح: بدون کاربرد (N_0)، ۷۵ (N_1)، ۱۵۰(N_2)، کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) و ورمی‌کمپوست در سه سطح عدم کاربرد (V_0)، ۵ (V_1) و ۱۰ (V_2) تن در هکتار، کود زیستی در دو سطح عدم تلقیح (P_0) و تلقیح با کود زیستی (P_1) بودند.

Nitrogen fertilization at three levels 0 (N_0), 75 (N_1), 150 (N_2), kg ha^{-1}, vermicompost at three levels of application 0 (V_0), 5 (V_1) and 10 (V_2) t ha^{-1} and Biofertilizer in two levels of non-inoculation (P_0) and inoculation with biofertilizer (P_1).

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی رگرسیون گام به گام شاخص‌های رشدی و عملکردی: نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که از بین عامل‌های مورد مطالعه کود نیتروژن و ورمی‌کمپوست با ضریب تشخیص ۰/۵٦، تغییرات مربوط به صفت عملکرد روغن در یک بوته را به‌طور معنی‌داری برآورد می‌کنند. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام برای صفات دارای همبستگی خوب و معنی‌دار با صفت عملکرد روغن در یک بوته نشان داد دو عامل کود نیتروژن و ورمی‌کمپوست تغییرات چهار صفت تعداد برگ در بوته، تعداد دانه در یک بوته، وزن تر و خشک گیاه را به‌طور معنی‌داری به‌ترتیب با ضرایب تشخیص ۰/٤۳، ۰/٦۸، ۰/۵۲ و ۰/۵۳ توجیه می‌کند. صفت درصد روغن توسط عامل کود زیستی با ضریب تشخیص ۰/۱۷ توجیه گردید و هم‌چنین دو عامل کود بیولوژیک و کود نیتروژن با ضریب تشخیص ۰/٤۳ توجیه‌کننده صفت وزن کل دانه در یک بوته بودند. بالاترین ضریب تشخیص برای رگرسیون گام به گام برای صفت تعداد دانه در یک بوته حاصل گردید (جدول ۱۱). در پژوهشی بهات و ردی (۸) نشان دادند تعداد کپسول در بوته بالاترین اثر همبستگی مثبت و مستقیم را بر عملکرد کرچک دارد. در مطالعه حاضر بیش‌ترین همبستگی عملکرد با تعداد دانه به‌دست آمد و تعداد دانه بیش‌ترین همبستگی را با تعداد کپسول نشان داد. ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بیش‌ترین تعداد کپسول و تعداد دانه در یک بوته را در مقایسه با سایر ترکیب‌های تیماری نشان داد.

از این‌رو نتایج پژوهش نشان می‌دهد حصول حداکثر میزان روغن در اثر ایجاد تعادل میان منبع و مقصد (Sink-Source) در تمام مراحل نموی می‌باشد. ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در افزایش دادن صفات رشدی نقش مؤثری داشت، اما ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در مقایسه با ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عملکرد روغن بالاتری را نشان داد. تفاوت این ترکیب‌های تیماری در صفات درصد روغن و میزان کاروتنوئید و ارتفاع بوته مشخص گردید. ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ارتفاع بیش‌تری در مقایسه با ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نشان داد، اما میزان کاروتنوئید و درصد روغن بیش‌تری در ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مشاهده گردید. در پژوهش بهات و ردی (۸)، ژنوتیپ‌های پاکوتاه به‌عنوان ژنوتیپ‌های با عملکرد بالاتر شناسایی شدند و این نشان‌دهنده اثر ارتفاع بوته بر عملکرد روغن در بوته می‌باشد. از این جهت شناسایی اثر PGPR ها در افزایش دادن میزان کاروتنوئید و اثر کاروتنوئید بر افزایش درصد روغن مدنظر پژوهش‌های آینده قرار گیرد.

عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن می‌باشد (۲۱). در این پژوهش ترکیب‌های تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار

www.SID.ir

Archive of SID

ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد نیتروژن، ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عملکرد بالاتر روغن در هکتار را نشان دادند. این ترکیب‌های تیماری در صفت میزان درصد روغن اختلاف معنی‌دار آماری نداشتند، تفاوت آن‌ها در وزن هزاردانه و تعداد دانه در بوته بود به‌طوری‌که ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد نیتروژن وزن هزاردانه بالاتر و ترکیب‌های تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تعداد دانه بالاتری را نشان دادند. با توجه به افزایش دادن وزن هزاردانه از طریق ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد نیتروژن می‌توان به نقش مؤثر کاربرد کود بیولوژیک در انتقال مواد غذایی به بذر پی برد. کوان و همکاران (۱۳) نیز نقش مثبت انتقال مواد در افزایش دادن وزن غذایی در اثر کاربرد کودهای بیولوژیک را در ذرت بیان کردند. از طرفی بیش‌ترین تعداد دانه و کپسول و درصد روغن با اعمال ترکیب تیماری عدم تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد، اما در صفت عملکرد روغن در هکتار در مقایسه با ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد نیتروژن اختلاف معنی‌دار آماری نشان نداد، این رخداد می‌تواند تأییدکننده نقش مثبت تلقیح کودهای زیستی برای افزایش دادن وزن هزاردانه و افزایش عملکرد روغن از طریق افزایش دادن وزن هزاردانه باشد.

نتیجه‌گیری کلی

مدیریت عناصر غذایی مورد نیاز در تولید گیاهان زراعی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد و با مدیریت صحیح آن می‌توان شرایط را به‌گونه‌ای فراهم آورد که گیاه حداکثر رشد و عملکرد را داشته باشد. از سویی دیگر با توجه به اهمیت گیاه دارویی کرچک و کشاورزی پایدار، دستیابی به رشد و عملکرد قابل‌قبول با کاربرد تلفیقی کود زیستی، ورمی‌کمپوست و نیتروژن مهم می‌باشد. در مطالعه حاضر بر اساس نتایج ضریب همبستگی و رگرسیون گام به گام می‌توان نتیجه گرفت که مدنظر قرار دادن صفت تعداد دانه می‌تواند بهترین صفت برای رسیدن به عملکرد بالاتر روغن در یک بوته باشد. هم‌چنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست+ ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن از طریق تعداد دانه در بوته و ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد کود نیتروژن از طریق وزن هزاردانه بالاتر در مقایسه با سایر ترکیب‌های تیماری عملکرد بالاتر روغن در یک بوته را نشان دادند. از این‌رو، صفت تعداد دانه در بوته و وزن هزاردانه در ترکیب تیماری تلقیح با کود زیستی+ کاربرد ۱۰ تن ورمی‌کمپوست+ عدم کاربرد کود نیتروژن می‌توانند انتخاب مناسبی جهت رسیدن به بالاترین عملکرد روغن در گیاه کرچک در راستای کشاورزی پایدار و کاهش مصرف منبع نیتروژن از منابع شیمیایی باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰- همبستگی ساده شاخص‌های رشدی و عملکردی گیاه کرچک تحت اثرات کود بیولوژیک، ورمی‌کمپوست و نیتروژن.

Table 10. Simple correlation between growth and yield traits of castor bean plant with application of biological fertilizer, vermicompost and nitrogen.

صفات		ضرایب همبستگی																	
۱- ارتفاع بوته	1- Plant height	1																	1
۲- تعداد شاخه های فرعی	2- Number of sub-branches		1																1
۳- تعداد برگ در بوته	3- Number of leaf per plant		0.66**	1															2
٤- سطح برگ در بوته	4- Leaf area index		0.61**	0.86**	1														3
٥- قطر ساقه	5- Stem diameter		0.42 ns	0.54*	0.48*	1													4
٦- طول گل‌آذین اصلی	6- Main inflorescence length		0.41 ns	0.63**	0.61**	0.90**	1												5
۷- درصد روغن در بذر	7- Oil content		0.14 ns	0.37 ns	0.22 ns	0.16 ns	0.29 ns	1											6
۸- وزن هزاردانه	8- 1000 seeds weight		0.26 ns	0.11 ns	0.05 ns	0.005 ns	0.06 ns	-0.15 ns	1										7
۹- تعداد دانه در یک بوته	9- Number of seed per plant		0.20 ns	0.49*	0.33 ns	0.20 ns	0.32 ns	0.58*	-0.01 ns	1									8
۱۰- تعداد کپسول در یک بوته	10- Number of capsules per plant		0.15 ns	0.45 ns	0.28 ns	0.19 ns	0.31 ns	0.60**	0.075 ns	0.98**	1								9
۱۱- وزن کل دانه در یک بوته	11- Total seeds weight per hectare		0.16 ns	0.33 ns	0.23 ns	0.29 ns	0.42 ns	0.48*	0.30 ns	0.56 ns	0.47**	1							10
۱۲- قطر گل‌اذین اصلی	12- Main inflorescence diameter		0.29 ns	0.65**	0.47*	0.63**	0.67**	0.28 ns	0.483 ns	0.44 ns	0.002*	0.45 ns	1						11
۱۳- وزن تر کل گیاه	13- Fresh weight of plant		0.10 ns	0.34 ns	0.25 ns	0.26 ns	0.37 ns	0.46*	0.33 ns	0.55*	0.04*	0.50*	0.46 ns	1					12
١٤- وزن خشک کل گیاه	14- Dry weight of plant		0.10 ns	0.42 ns	0.39 ns	0.01 ns	0.12 ns	0.67**	0.48*	0.28*	0.59 ns	0.50*	0.13 ns	0.20 ns	1				13
١٥- کلروفیل a	15- Chlorophyll a		0.29 ns	0.65**	0.47*	0.63**	0.67**	0.28 ns	0.483 ns	0.44 ns	0.002*	0.45 ns	0.13 ns	0.20 ns	0.21 ns	1			14
١٦- کلروفیل b	16- Chlorophyll b		0.29 ns	0.65**	0.47*	0.63**	0.67**	0.28 ns	0.483 ns	0.44 ns	0.002*	0.45 ns	0.13 ns	0.20 ns	0.21 ns	1			15
١٧- کارتنوئیدها	17- carotenoids		0.29 ns	0.65**	0.47*	0.63**	0.67**	0.28 ns	0.483 ns	0.44 ns	0.002*	0.45 ns	0.13 ns	0.20 ns	0.21 ns	1			16
١٨- عملکرد روغن در یک بوته	18- Oil yield per hectare		0.29 ns	0.65**	0.47*	0.63**	0.67**	0.28 ns	0.483 ns	0.44 ns	0.002*	0.45 ns	0.13 ns	0.20 ns	0.21 ns	1			17
			0.29 ns	0.65**	0.47*	0.63**	0.67**	0.28 ns	0.483 ns	0.44 ns	0.002*	0.45 ns	0.13 ns	0.20 ns	0.21 ns	1			18

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۱- تجزیه رگرسیون گام به گام شاخص‌های رشدی و عملکردی گیاه کرچک تحت اثرات کود زیستی، ورمی‌کمپوست و نیتروژن.

Table 11. Results of the stepwise regression analysis among growth and yield traits on Castor bean with application of biological fertilizer, vermicompost and nitrogen.

وزن خشک کل گیاه Dry weight of plant	وزن تر کل گیاه Fresh weight of plant	وزن کل دانه در یک بوته Total seeds weight per plant	تعداد دانه در یک بوته Number of seed per plant	درصد روغن Oil content	تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant	عملکرد روغن در یک بوته Oil yield per hectare	ضرایب Coefficient
205.22	759.88	48.794	214.750	38.486	22.414	19.32**	مقدار ثابت Independent variable
---	---	2.392*	---	---	---	---	کود زیستی Biological fertilizer
0.103**	0.349**	0.024**	0.104**	---	0.022*	0.017**	کود نیتروژن Nitrogen
1.183*	5.167**	---	1.417**	0.25*	0.369*	0.218**	ورمی‌کمپوست Vermicompost
0.53	0.52	0.43	0.68	0.17	0.43	0.56	ضریب تشخیص تجمعی مدل Cumulative detection coefficient

منابع

1. Afzal, O., Asif, P., Ahmed, P., Awan, F., Aslam, P.A., Zahoor, A., Bilal, P., Shaheen, F.A., Asif Zulfiqar, P. and Ahmed. N. 2017. Integrated nutrient management of safflower (*Carthamus tinctorius* l.) under rainfed conditions. Am. J. Plant Sci. 8: 2208-2218.
2. Ahemad, M. and Kibret, M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. J. King Saud Univ. Sci. 26: 1. 1-20.
3. Akbari, P., Ghalavand, A. and Podarres Sanavy, S.A.P. 2008. Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). EJCP. 2: 3. 119-134.
4. AL-Tamimi, F.A. and Hegazi, A.E. 2018. A case of castor bean poisoning. Sultan Qaboos Univ. Ped. J. 8: 83-87.
5. Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1. 1-15.
6. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Dick, R. and Dick, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. Biocycle. 48: 11. 51-52.
7. Basu, M., Bhadoria, P.B.S. and Mahapatra, S.C. 2008. Growth, nitrogen fixation, yield and kernel quality of peanut in response to lime, organic and inorganic fertilizer levels. Bioresour. Technol. 99: 4675-4683.
8. Bhatt, D. and Reddy, T.P. 2011. Correlations and path analysis in castor (*Ricinus communis*). Genom. 23: 3. 525-531.
9. Doan, L.G. 2004. Ricin: mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development: A Review. J. Toxicol. Clin. Toxicol. 42: 201-208.
10. Hoseininejad, S.M., Masoud Sinaki, J., Biabani, A. and Abedini, M. 2015. Effects of drought stress and mycorrhizae fungi application on yield and some agronomical and physiological characteristics of sunflower cultivar. Agron. J. (Pajouhesh & Sazandegi). 110: 95-102. (In Persian)
11. Jamshidi, E., Ghalavnd, A., Salahi, A., Zare, M.G. and Jamshidi, A.R. 2009. Effect of Arbuscular mycorrhizal on yield, yield components and plant characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. Iran J. Crop Sci. 11: 1. 136-150. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

12. Khodaei Joghan, A., Ghalavand, A., Aghaalikhani, P. and Sorooshzadeh, A. 2016. Effect of organic and conventional nutrition system on grain yield and quality of sunflower under different irrigation regimes. J. Agro. Ecol. 6: 1. 166-181.
13. Kuan, K.B., Othman, R., Abdul Rahim, K. and Shamsuddin, Z.H. 2016. Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation to enhance vegetative growth, nitrogen fixation and nitrogen remobilisation of maize under greenhouse conditions. PloS One. 11: 3. e0152478.
14. Mahboub, K.A. 2008. The effects of kind and rate of vermicompost in pot medium on the growth of *Ficus bengamina*. Seed Palt Improv. J. 24: 2. 333-349.
15. Orhan, E., Esitken, A., Ercisli, S., Turan, M. and Sahin, F. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Sci. Hort. 111: 1. 38-43.
16. Patel, V.R., Dumancas, G.G., Viswanath, L.C.K., Paples, R. and Subong, B.J.J. 2016. Castor oil: properties, uses, and optimization of processing parameters in commercial production. Lipid Insights. 9: 1-12.
17. 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. J. Plant Nutr. 33: 485-495.
18. Pojiri, A. and Arzani, A. 2003. Effect of nitrogen rate and plant density on yield components of sunflower. J. Water Soil Sci. 7: 2. 115-125.
19. Shehata, P.P. and EL-Khawas, S.A. 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pak. J. Biol. Sci. 6: 14. 1257-1268.
20. Vildova, A., Stolcova, P., Kloucek, P. and Orsak, P.P. 2006. Quality characterization of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in organic and traditional agricultures. International Symposium on Chamomile Research Development and Production. Presov, Slovak Republic, 7-10 June, Pp: 81-82.
21. Zeinali, A., Sadeghi Bakhtvari, A. and Sarabi, V. 2017. Investigation of nitrogen and Sulphur effects on quantitative and qualitative characteristics of castor bean seed (*Ricinus communis* L.). Iran Field Crops Res. 49: 1. 29-43. (In Persian)
22. Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G. and Cheung, K.C. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AP fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155-166.

www.SID.ir