Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 1, Spring. 2021, p. 17-32

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۳۲-۱۷

مقاله پژوهشی

تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن خرفه (*Portulaca oleracea* L.)

حامد جوادی[1]، پرویز رضوانی مقدم[2*]، محمد حسن راشد محصل[2]، محمد جواد ثقه الاسلامی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی اثر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد خرفه، آزمایشی در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بیرجند به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از چهار منبع تأمین‌کننده نیتروژن شامل: کود گاوی، ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی (NPK) و شاهد (بدون اعمال هیچ‌گونه کودی) و نیز چهار نوع کود زیستی شامل: نیتروکسین (شامل ازتوباکتر و آزوسپیریلوم)، میکوریزا (*Glomus intraradices*)، بیوسولفور (شامل تیوباسیلوس همراه با گوگرد) و شاهد (بدون هیچ‌گونه کودی) بودند. نتایج تجزیه مرکب دو ساله داده‌ها نشان داد که اثر کودهای آلی و شیمیایی بر تمامی صفات مورد مطالعه (به‌جز شاخص برداشت) معنی‌دار بود. بیشترین ارتفاع بوته (۴۹/۲ سانتی‌متر)، تعداد کپسول در بوته (۳۵۱/۲ کپسول)، وزن هزار دانه (۰/۴۱ گرم) از تیمار کود شیمیایی (NPK) و بیشترین عدد کلروفیل متر (۳۴/۲)، تعداد دانه در کپسول (۴۵/۴ دانه) و بیشترین درصد روغن از ورمی‌کمپوست (۱۴/۶ گرم) حاصل شد. همچنین، بیشترین عملکرد دانه (۱۹۵۹/۳ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد خشک زیست‌توده (۹۷۸۲/۴ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۲۷۷/۶ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود شیمیایی (NPK) حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با کود گاوی نداشت. اثر کود زیستی نیز بر تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و درصد روغن معنی‌دار بود اما اثر سایر صفات تحت تأثیر این تیمار واقع نشد. بیشترین تعداد کپسول در بوته (۳۵۵/۳ کپسول) و وزن هزار دانه (۰/۴۱ گرم) از میکوریزا، بیشترین تعداد دانه در کپسول (۴۳ دانه) و درصد روغن (۱۴/۶ گرم) از بیوسولفور حاصل شد. برهمکنش کودهای آلی و شیمیایی نشان داد که بیشترین عملکرد خشک زیست توده از تیمار کود شیمیایی (NPK) و کودهای زیستی نیتروکسین (۱۰۶۷۰/۱ کیلوگرم در هکتار) و بیوسولفور (۱۰۳۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین درصد روغن از تیمار شاهد و بیوسولفور (۱۵/۴ درصد) حاصل شد. بر اساس نتایج دوساله این تحقیق، در راستای کشاورزی پایدار و به‌منظور کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی جایگزین نمودن کود گاوی با کود شیمیایی (NPK) جهت تولید حداکثر دانه و روغن خرفه در منطقه بیرجند توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: بیوسولفور، میکوریزا، نیتروکسین، ورمی‌کمپوست

مقدمه

در سال‌های اخیر، توجه به سلامت و کیفیت خاک به‌منظور تولید پایدار محصولات زراعی و دارویی شدت یافته، به‌طوری‌که در کشورهای صنعتی برای تولید غذای سالم استفاده از نهاده‌های طبیعی و درون مزرعه‌ای مورد توجه ویژه قرارگرفته است (Den Hollander *et al.*, 2007). از طرف دیگر افزایش قیمت‌های جهانی حامل‌های انرژی، کشاورزان را به استفاده از روش‌های جایگزین به‌منظور کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی ترغیب کرده است (Hiltbrunner *et al.*, 2007).

استفاده از کودهای آلی و زیستی به‌عنوان راهکارهای عملی برای رسیدن به این اهداف توصیه شده است. برخی پژوهشگران معتقد هستند که حاصلخیزی خاک را با عرضه مواد آلی مانند کودهای ورمی‌کمپوست و دامی می‌توان حفظ و تجدید کرد (Asadi *et al.*, 2007). ورمی‌کمپوست درنتیجه فعالیت گونه‌هایی از کرم خاکی روی بستری از مواد آلی بوده و حاوی عناصر غذایی است که به‌راحتی توسط گیاه جذب می‌شود (Arancon *et al.*, 2007). کودهای آلی ازجمله ورمی‌کمپوست و کود دامی دارای قدرت بالای جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی، تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب بوده و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (Arancon *et al.*, 2007; Azeez *et al.*, 2010).

۱- دانش‌آموخته دکتری، بوم شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار، گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v19i1.84776

استفاده از کودهای زیستی نیز به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک، جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی به‌شمار رفته و یکی از مهم‌ترین راهبردهای تغذیه گیاه برای رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار مورد توجه برنامه‌ریزان امر تولید قرار گرفته است (Grover *et al*., 2010). کودهای زیستی شامل انواع مختلف میکروارگانیسم‌های آزادزی همیار و همزیست و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها است که توانایی تغییر حالت عناصر غذایی اصلی از فرم غیرقابل‌دسترس به‌صورت قابل‌استفاده برای گیاه طی فرآیندهای بیولوژیکی را داشته و سبب فراهم شدن شرایط مطلوب برای جوانه‌زنی بذور، توسعه سیستم ریشه‌ای و در نهایت رشد و نمو بهتر گیاه می‌شوند (Saia *et al*., 2012). آزوسپیریلوم (*Azospirillum*) و ازوتوباکتر (*Azotobacter*) از جمله گونه‌هایی هستند که دارای قابلیت تثبیت نیتروژن به روش همیاری با گیاهان هستند (Piromyou *et al*., 2011). ازوتوباکترها قادر به تولید ترکیبات ضد قارچی علیه بیماری‌های گیاهی بوده و همچنین سبب تقویت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه شده که در نهایت، بهبود رشد پایه گیاه را به دنبال دارند (Harley and Smith, 2000). آزوسپیریلوم علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد مؤثر است (Harley and Smith, 2000). باکتری تیوباسیلوس (*Thiobacillus*) مهم‌ترین اکسیدکننده گوگرد در خاک است. حضور این باکتری همراه با گوگرد از طریق اکسایش گوگرد باعث تعدیل pH خاک، بهبود حلالیت و جذب فسفر و ارتقای رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Oldeman, 1994). قارچ‌های میکوریزا به دلیل داشتن توانایی همزیستی با ریشه گیاهان، جذب آب و مواد مغذی (به‌ویژه عناصر کم‌تحرکی مانند فسفر) را افزایش داده و از طریق کاهش بیماری‌های گیاهی، شوری، خشکی و سمیت فلزات سنگین سبب افزایش رشد گیاه میزبان می‌شود (Saia *et al*., 2012).

خرفه (*Portulaca oleracea* L.) گیاهی یک‌ساله و چهار کربنه از خانواده Portulacaceae است که به تنش‌های محیطی ازجمله شوری و خشکی مقاوم می‌باشد (Kafi and Rahimi, 2010; Rahimi and Kafi, 2010 a; Rahimi *et al*., 2010; Rahimi *et al*., 2011; Rahimi and Kafi, 2010 b). این گیاه در بسیاری از کشورهای دنیا برای اهداف گوناگون ازجمله تغذیه انسان، صنایع تبدیلی و دارویی کاربرد دارد. از نظر خواص دارویی، این گیاه مدر، ضد کمبود ویتامین ث، معالج سرفه‌های مقاوم، تصفیه‌کننده‌ی خون، تب‌بر، مفید در ترمیم سوختگی‌ها، شل‌کننده ی عضلات، ضد تشنج، ضدالتهاب، کاهش‌دهنده‌ی خطر بیماری‌های قلبی و عروقی و رفع‌کننده‌ی تشنگی می‌باشد. در اندام‌های مختلف این گیاه مواد معدنی متعددی ازجمله آهن، مس، منگنز، پتاسیم، کلسیم و فسفر وجود دارد همچنین این گیاه دارای مواد لعابی، پکتین، پروتئین، کربوهیدرات، اسیدهای چرب به‌ویژه اسیدهای چرب امگا-۳ و امگا-۶، مواد آنتی‌اکسیدان و ویتامین‌هایی ازجمله ویتامین A، C و E می‌باشد (Aynanlvfr *et al*., 2014; Asadi *et al*., 2007; Ghorbani and Kiapoure, 2012; Kafi and Rahimi, 2010; Soltaninejhad *et al*., 2013).

ایران از اقلیم خشک و نیمه‌خشک برخوردار بوده و خاک‌های آن اغلب با کمبود مواد آلی مواجه هستند. از طرفی آهکی بودن این خاک‌ها مانع از جذب عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم‌تحرکی مانند فسفر می‌شوند (Rahimzadeh *et al*., 2013). لذا جایگزین نمودن کودهای آلی و زیستی با کودهای شیمیایی و یا کاربرد ترکیبی آن‌ها، ضمن آزادسازی تدریجی عناصر غذایی مطابق با نیاز گیاه (Talgre *et al*., 2009) و افزایش کارایی نهاده‌ها از طریق توسعه ریشه گیاه، جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (Koocheki *et al*., 2011) باعث پایداری نظام کشاورزی در درازمدت می‌شود. از طرفی، با توجه به اهمیت خرفه به‌عنوان یک گیاه دارویی و افزایش تولید آن در کشور، تاکنون اطلاعات دقیقی در خصوص نیاز کودی این محصول در دسترس نیست و کشاورزان برای تولید آن مقدار زیادی کود شیمیایی مصرف می‌کنند که این موضوع علاوه بر هدر رفت سرمایه، باعث آلودگی محیط‌زیست می‌گردد. بنابراین در راستای کاهش مصرف کود شیمیایی و کمک به ایجاد پایداری در تولید خرفه، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن خرفه در شهرستان بیرجند به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با مختصات جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. محل آزمایش از نظر اقلیمی بر اساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه جزء مناطق خشک است. میانگین ۱۵ ساله بارندگی این منطقه ۱۷۶ میلی‌متر، حداکثر دمای آن ۳۹/۱، حداقل دما ۱۷- و متوسط دمای روزانه ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. نتایج تجزیه خاک، منطقه مورد نظر در جدول ۱ آمده است.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از چهار منبع تأمین کننده نیتروژن شامل: کود دامی، ورمی‌کمپوست، کود شیمیایی (NPK) و شاهد (بدون اعمال هیچ گونه کودی) و نیز چهار نوع کود زیستی شامل: نیتروکسین (شامل ازوتوباکتر و آزوسپیریلیوم)، میکوریزا (گلوموس اینترradیسیس)، بیوسولفور (شامل تیوباسیلوس)+ گوگرد و شاهد (بدون اعمال هیچ‌گونه کودی) بودند. در این تحقیق

اندازه هر کرت ۴×۳ متر (۱۲ مترمربع)، فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۳ متر در نظر گرفته شد. به منظور پیشگیری از اختلاط تیمارهای مختلف کودی در زمان آبیاری، یک پشته نکاشت بین هر دو کرت در نظر گرفته شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در دو سال مورد مطالعه

Table 1- Results of soil analysis at 0-30 cm depth in two years studied

سال زراعی Cropping year	بافت خاک Texture	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	مواد آلی OM (%)	نیتروژن N (mg.kg^{-1})	فسفر قابل دسترس P ava (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل دسترس K ava (mg.kg^{-1})
۱۳۹۳-۱۳۹۴ 2013-2014	لوم رسی Loam-clay	2.89	7.14	0.46	0.147	5.4	276
۱۳۹۴-۱۳۹۵ 2015-2016	لوم Loam	7.30	7.60	0.70	0.073	12.4	297

عملیات کاشت خرفه در سال اول آزمایش، ۱۰ اردیبهشت ۱۳۹۴ و در سال دوم آزمایش، ۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۵ با دست و به صورت خشکه‌کاری در کرت‌های مذکور انجام شد. در این آزمایش فاصله بین ردیف ۴۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۵ سانتی‌متر (تراکم ۱۶۶۶۶۶/۶ بوته در هکتار) در نظر گرفته شد (Javadi *et al.*, 2008). جهت دستیابی به تراکم فوق، ابتدا بذرها با تراکم بالا کشت شد، سپس با عمل تنک کردن در دو مرحله شش و هشت برگی، تراکم مورد نظر حاصل شد. پس از کاشت، نسبت به آبیاری هر کرت به‌صورت جداگانه، توسط سیفون اقدام شد. آبیاری پس از سبز شدن، هر ۷ روز یک‌بار تا پایان فصل رشد ادامه یافت. در مراحل مختلف آبیاری، زمان صرف شده برای آبیاری کرت‌ها یکسان در نظر گرفته شد. در این تحقیق بر اساس نیاز گیاه خرفه و آزمون خاک، کود NPK با مقادیر خالص پتاسیم، فسفر و نیتروژن به‌ترتیب ۵۰، ۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اعمال شد. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم، یک روز قبل از کاشت در سطح کرت‌های مورد نظر پخش و با خاک مخلوط شد و کود شیمیایی نیتروژن (از منبع اوره) نیز به‌صورت سرک در دو مرحله، نیمی در ابتدای کاشت، هم‌زمان با کاربرد کودهای دیگر و نیمی دیگر پس از پایان چین اول خرفه و شروع چین دوم به‌صورت سرک به خاک اضافه شد. با توجه به این‌که هر یک از کرت‌های آزمایش باید از میزان نیتروژن مساوی از منابع آلی و شیمیایی برخوردار باشند لذا مقادیر کود دامی و ورمی‌کمپوست بر اساس مقدار نیتروژن توصیه شده (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) برآورد و اعمال شد. با توجه به این‌که از کل عناصر موجود در کود دامی مقدار ۵۰ درصد در سال اول آزاد می‌شود، مقدار به‌دست آمده برای کود دامی دو برابر مقادیر نیتروژن توصیه شده در نظر گرفته شد (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2014). نتایج حاصل از تجزیه کود دامی و ورمی‌کمپوست به تفکیک دو سال آزمایش در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه کود گاوی و ورمی‌کمپوست در دو سال زراعی مورد مطالعه

Table 2- Analysis of cow manure and vermicompost studied in two crop year

سال زراعی Crop year	نوع کود Type of fertilizer	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	مواد آلی OM (%)	نیتروژن N (mg.kg^{-1})	فسفر قابل دسترس P ava (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل دسترس K ava (mg.kg^{-1})	نسبت کربن به نیتروژن (C/N)
۱۳۹۳-۹۴ 2014-2015	ورمی‌کمپوست Vermicompost	6.70	7.52	17.7	1.54	0.71	0.28	11.49
	کود گاوی Cow manure	4.56	7.95	6.78	0.59	0.50	0.32	11.49
۱۳۹۴-۹۵ 2015-2016	ورمی‌کمپوست Vermicompost	7.78	7.70	7.70	0.78	0.32	0.38	9.87
	کود گاوی Cow manure	8.26	7.40	7.10	0.60	0.28	0.51	11.83

بر اساس محتوی نیتروژن کود دامی (گاوی) و ورمی‌کمپوست (جدول ۲) میزان کود مورد استفاده در سال اول آزمایش برای کود دامی و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب ۳۳۸۹۸/۳ و ۶۴۹۳/۵ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم آزمایش ۳۳۳۳۳/۳ و ۱۲۸۲۰/۵۱ کیلوگرم در

هکتار برآورد شد.

جهت تلقیح بذرهای خرفه با میکوریزا از خاک حاوی سویه گلوموس اینترادیسیس استفاده شد که هم‌زمان با کاشت به‌صورت دولایه در بالا و پایین بذرها و به میزان ۱/۵ کیلوگرم در هر کرت (۳۰۰ گرم در مترمربع) صورت پذیرفت. خاک حاوی میکوریزا سویه گلوموس اینترادیسیس (*Glomus intraradices*) از شرکت زیست‌فناوری توران واقع در پارک علم و فناوری شاهرود تهیه شد. اعمال کود نیتروکسین (حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) در یک مرحله به‌صورت تلقیح با بذور قبل از کاشت (بذر مال) به میزان ۰/۵ لیتر به ازای هر هشت کیلوگرم بذر در هکتار (بر اساس توصیه کودی شرکت زیستی مهر آسیا) انجام شد. البته با توجه به عدم درج نام خرفه در لیست توصیه‌های کودی این شرکت، از گیاهان نزدیک به آن (کلزا) استفاده شد. تلقیح بذور با نیتروکسین در سایه و دور از تابش مستقیم آفتاب انجام و کرت‌ها بلافاصله آبیاری شدند. هم‌چنین اعمال کود بیوسولفور (حاوی تیوباسیلوس) به همراه مصرف گوگرد بنتونیت‌دار در یک مرحله و به صورت تلقیح با بذور به میزان ۶ کیلوگرم بیوسولفور به ازای هر هکتار و ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد بنتونیت دار در هکتار (بر اساس توصیه کودی شرکت زیستی مهر آسیا) انجام شد.

عملیات مبارزه با علف‌های هرز طی سه نوبت با دست انجام پذیرفت. در طول فصل رشد در سال اول آزمایش و چین دوم، بیماری زنگ سفید (*Wilsoniana Portulacae*) مشاهده و جهت جلوگیری از خسارت از سم ریدومیل[1] به میزان ۱/۵ در هزار استفاده شد. در سال دوم آزمایش و در چین اول، آفت سرخرطومی بلند چغندرقند (*Lixus incanescens* Boh.) مشاهده و جهت جلوگیری از خسارت از سم تیودیکارب[2] (لاروین) به میزان ۱/۵ در هزار استفاده شد. در طی فصل رشد این گیاه دو چین برداشت (چین اول در سال اول آزمایش در تاریخ ۹۴/۴/۲۸ و در سال دوم آزمایش در تاریخ ۹۵/۵/۱۸، چین دوم در سال دوم آزمایش در تاریخ ۹۴/۶/۲۶ و در سال دوم آزمایش در تاریخ ۹۵/۷/۱۰) شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد مطالعه در هر چین به‌صورت جداگانه انجام گرفت. از هر کرت به‌صورت تصادفی ۱۰ بوته انتخاب و ارتفاع بوته و شاخص کلروفیل‌متر[3] اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین اجزای عملکرد پنج بوته به‌طور تصادفی از هر چین انتخاب و اجزای عملکرد شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت محاسبه شدند. جهت تعیین عملکرد دانه پس از حذف ردیف های کناری و ۰/۵ متر ابتدا و انتهای هر کرت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک (زرد شدن ۷۰ درصد کپسول ها) برداشت صورت پذیرفت. بوته‌ها پس از برداشت به مدت چند روز در هوای آزاد قرارگرفته سپس اقدام به جدا کردن دانه‌ها و جمع‌آوری و توزین آن‌ها شده و عملکرد دانه محاسبه شد. اندازه‌گیری درصد روغن به روش سوکسله (Shakeri *et al*., 2012) در آزمایشگاه بخش صنایع غذایی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انجام شد. عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن به‌دست آمد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم‌افزار Minitab 17 انجام پذیرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن و برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، اما اثر کود زیستی بر این صفت معنی‌دار نبود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از منابع کودی آلی و شیمیایی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) باعث افزایش ارتفاع بوته شد. بیشترین ارتفاع بوته ۴۹/۲ سانتی‌متر) از تیمار مصرف کود شیمیایی حاصل شد و تیمارهای کود گاوی و ورمی‌کمپوست در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). در تحقیقی محققان در گزارش خود بیان داشتند که افزایش نیتروژن باعث افزایش ارتفاع بوته در گیاه دارویی خرفه شد (Soltaninejhad *et al*., 2013; Yusefian Ghahfarokhi *et al*., 2015). در تحقیقی گزارش شد که کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم اوره تأثیری بر ارتفاع بوته تأثیری نداشت (Inanloofar *et al*., 2013). استفاده از کود شیمیایی باعث تسریع در آزاد شدن عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و رفع نیاز گیاه شده (Yang *et al*., 2011) و از طریق افزایش فتوسنتز و وزن خشک گیاه (Ashraf *et al*., 2005) موجب افزایش ارتفاع بوته می‌شود. نتایج مقایسه میانگین دوساله، نشان داد که ارتفاع بوته تحت تأثیر کود زیستی واقع نشد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی بر ارتفاع بوته نشان داد که در تیمار شاهد (عدم مصرف کود آلی و شیمیایی) استفاده از کود زیستی بیوسولفور باعث کاهش و استفاده از میکوریزا باعث افزایش ارتفاع بوته شد.

در تیمار کاربرد کود گاوی و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب بیشترین و کمترین ارتفاع بوته از میکوریزا به‌دست آمد. همچنین، استفاده از کود شیمیایی (NPK) به همراه کودهای زیستی مورد مطالعه باعث افزایش ارتفاع بوته نشد (جدول ۵).

1- Ridomil- MZ, 72 WP
2- Thiodicarb
3- SPAD Index

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کودهای آلی و شیمیایی بر ارتفاع بوته، عدد کلروفیل‌متر، عملکرد کمی و کیفی خرفه

Table 3- Comparison of the average effect of organic and chemical fertilizers on plant height, chlorophyll meter number, quantitative and qualitative yield of Purslane

منابع تأمین نیتروژن Nitrogen fertilizer sources	ارتفاع بوته Height plant (cm)	عدد کلروفیل‌متر SPAD index	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیست‌توده Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
شاهد (عدم کاربرد کود) Control	46.53 c	33.12 b	305.25 b	41.18 b	0.406 ab	1644.88 b	7981.01 b	22.11 a	14.2 b	233.89 b
کود گاوی Cow manure	48.24 ab	34.27 a	309.44 b	45.40 a	0.402 b	1835.36 ab	8480.17 ab	22.47 a	14.1 b	259.97 ab
کود ورمی‌کمپوست Vermicompost	47.26 bc	33.31 b	336.71 a	40.29 b	0.409 ab	1690.50 b	8257.07 b	21.54 a	14.6 a	247.22 b
کود شیمیایی NPK	49.24 a	33.41 b	351.23 a	42.24 b	0.413 a	1959.29 a	9782.43 a	21.51 a	14.1 b	277.68 a
$LSD_{5\%}$	1.65	0.77	35.81	3.63	0.008	193.8	837.8	2.25	0.2	28.3
سطح معنی‌داری Significance level	**	**	**	**	*	**	**	ns	**	*

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P \leq ۰/۰۵$).

In each column, with at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

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

در تحقیقی مشخص شد که بین گوگرد و نیتروژن رابطه آنتاگونیستی وجود دارد به‌طوری‌که با افزایش مصرف گوگرد و افزایش غلظت آن میزان جذب نیتروژن کاهش می‌یابد (Gholami *et al*., 2015). در این پژوهش، با توجه به استفاده از ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد بنتونیت‌دار در هکتار (طبق توصیه شرکت سازنده) همراه با بیوسولفور به‌نظر می‌رسد که استفاده از گوگرد جذب نیتروژن و ارتفاع بوته را افزایش نداد. از طرف دیگر، ممکن است استفاده از گوگرد در منطقه ریشه باعث ایجاد تنش در گیاه شده باشد. استفاده از میکوریزا به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر کم‌مصرف (Saia *et al*., 2012)، افزایش جذب آب (Song, 2005) و تولید هورمون‌های گیاهی (Hajibolandi *et al*., 2005) اثرات مثبتی بر رشد گیاه دارد. در برخی آزمایش‌ها مشاهده شد که تقویت خاک با کودهای آلی، سیستم میکوریزایی را به‌شدت توسعه می‌دهد، درحالی‌که استفاده از کودهای شیمیایی تأثیر منفی بر این سیستم داشت (Gryndler *et al*., 2006). با توجه به این‌که تیمار ورمی‌کمپوست در مقایسه با کود گاوی از هدایت الکتریکی بالاتری برخوردار بود (جدول ۲) لذا مصرف ورمی‌کمپوست سبب بهبود همزیستی میکوریزا و افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش ارتفاع بوته نشد.

عدد کلروفیل‌متر

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن در سطح یک درصد و برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر عدد کلروفیل‌متر معنی‌دار بود. اما اثر کود زیستی بر این صفت معنی‌دار نبود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر کود گاوی و شیمیایی بر عدد کلروفیل‌متر نشان داد که بیشترین میزان عدد کلروفیل‌متر از تیمار کود گاوی (۳۴/۲) به‌دست آمد و بین سایر تیمار تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). در تحقیقی در خصوص گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum*) به عدم تأثیر کود شیمیایی بر عدد کلروفیل‌متر اشاره شده است (Hosseinpour *et al*., 2012).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه منابع کودی نیتروژن (آلی و شیمیایی) و کود زیستی بر عدد کلروفیل‌متر نشان داد که در تیمار عدم مصرف کودهای آلی و شیمیایی (شاهد)، استفاده از کودهای زیستی عدد کلروفیل‌متر را کاهش داد. در تیمار شاهد (عدم مصرف کودهای آلی و شیمیایی) کمترین عدد کلروفیل‌متر متعلق به کود زیستی نیتروکسین (۳۲/۲) بود. در تیمار کاربرد کود گاوی استفاده از کودهای زیستی عدد کلروفیل‌متر را افزایش داد. بیشترین میزان عدد کلروفیل‌متر در تیمار ترکیب کود گاوی و نیتروکسین (۳۵/۲) حاصل شد. در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست استفاده از کودهای زیستی میکوریزا و بیوسولفور نسبت به شاهد تفاوتی در عدد کلروفیل‌متر ایجاد نکرد، اما استفاده از کود زیستی نیتروکسین باعث افزایش این صفت شد.

در تیمار کاربرد کود شیمیایی (NPK) استفاده از کود زیستی بیوسولفور و میکوریزا به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش عدد کلروفیل‌متر شد (جدول ۵). لذا به نظر می‌رسد علت کاهش عدد کلروفیل‌متر در اثر مصرف کودهای زیستی، رقابت میکروارگانیسم‌ها برای نیتروژن به‌ویژه در اوایل دوره رشد باشد. با مصرف کودهای شیمیایی (NPK) تا حدی این مشکل (به‌خصوص باکتری‌ها) برطرف شد، اما استفاده از کود شیمیایی از طریق تأثیر منفی بر روابط همزیستی بین میکوریزا و گیاه (Gryndler *et al*., 2006) عدد کلروفیل‌متر را کاهش داد. در تحقیقی گزارش شد که در سطوح کودی ترکیبی نقش کود شیمیایی جبران بخشی از نیتروژن تثبیت‌شده در پیکره میکروارگانیسم‌ها و فراهم نمودن آن به‌ویژه در اوایل دوره رشد است (Cheema *et al*., 2010). استفاده از تیمارهای ترکیبی کودهای آلی (گاوی و ورمی‌کمپوست) با کودهای زیستی از طریق توسعه ریشه، تولید برخی هورمون‌های رشد، افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (Arancon *et al*., 2007) و در نهایت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، آهن و منیزیم (Gryndler *et al*., 2006) باعث افزایش عدد کلروفیل‌متر شد.

عملکرد و اجزای عملکرد دانه

تعداد کپسول در بوته

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن، کود زیستی و برهمکنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر تعداد کپسول در بوته معنی‌دار بود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر کود آلی و شیمیایی بر تعداد کپسول در بوته نشان داد که کاربرد کودهای ورمی‌کمپوست و شیمیایی (NPK) نسبت به تیمارهای کود گاوی و شاهد (عدم مصرف کود) برتری داشتند (جدول ۳). در پژوهش‌های موسوی و همکاران (Moosavi *et al*., 2013) و غلامی و همکاران (Gholami *et al*., 2015) بر رازیانه (*Foeniculum vulgare*) (تعداد چتر در بوته)، اسدی و همکاران (Asadi *et al*., 2007) بر اسفرزه (*Plantago psyllium*) (تعداد سنبله در بوته) به اثر مثبت کودهای شیمیایی و آلی اشاره شده است. علت افزایش تعداد کپسول در بوته در نتیجه کاربرد کود شیمیایی، افزایش نیتروژن خاک، تحریک رشد رویشی و افزایش تعداد شاخه‌های جانبی گیاه (Ashraf *et al*., 2005) و در مورد ورمی‌کمپوست تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت (Atiyeh *et al*., 2001)، افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (Arancon *et al*., 2007) و افزایش نگهداری ظرفیت آب در محیط کشت (Mc Ginnis *et al*., 2003) می‌باشد. در ارتباط با کود دامی در تحقیقی مشخص شد که عناصر غذایی موجود در کود دامی بلافاصله بعد از مصرف توسط گیاه قابل‌دسترسی نمی‌باشد (Pimentel, 1993).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر کود زیستی بر ارتفاع بوته، عدد کلروفیل‌متر، عملکرد کمی و کیفی خرفه

Table 4- Comparison of the average effect of biofertilizer on plant height, chlorophyll meter number, quantitative and qualitative yield of purslane

کود زیستی Biofertilizer	ارتفاع بوته Height plant (cm)	عدد کلروفیل‌متر SPAD index	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	تعداد دانه در کپسول Number of seeds per capsule	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد زیست‌توده Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
شاهد (عدم کاربرد کود) Control	48.02 a	33.67 a	295.40 c	44.25 a	0.410 a	1749.34 a	8524.84 a	22.07 a	14.1 b	247.92 a
نیتروکسین Nitroxin	47.87 a	33.60 a	325.36 b	41.73 ab	0.401 b	1746.58 a	8874.70 a	20.91 a	14.2 b	249.39 a
میکوریزا Mycorrhiza	48.28 a	33.32 a	355.38 a	40.13 b	0.412 a	1842.31 a	8623.91 a	22.36 a	14.0 b	259.09 a
بیوسولفور Biosulfur	47.10 a	33.53 a	326.49 b	43.00 a	0.406 ab	1791.79 a	8478.23 a	22.28 a	14.6 a	262.36 a
$LSD_{5\%}$	1.65	0.77	35.81	3.63	0.008	193.8	837.8	2.25	0.2	28.3
سطح معنی‌داری Significance level	ns	ns	**	*	*	ns	ns	ns	**	ns

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($P \leq ۰/۰۵$).

In each column, with at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

**,* and ^{ns} are significant at 1 and 5% probability levels and non-significant, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش کودهای آلی، شیمیایی و کود زیستی بر برخی صفات زراعی مورد مطالعه خرفه

Table 5- Comparison of the average interaction of organic, chemical and biofertilizers on some studied traits of purslane

منابع کودی نیتروژن × کود زیستی Nitrogen fertilizer sources × Biofertilizer			ارتفاع بوته Plant height (cm)	عدد کلروفیل‌متر SPAD index	تعداد کپسول در بوته Number of capsules per plant	عملکرد زیست‌توده Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	درصد روغن Oil percentage
شاهد (عدم کاربرد کود) Control	شاهد (عدم کاربرد کود)	Control	46.40 e-g	34.16 abc	278.71 ef	7497.5 ef	21.28 bc	14.6 cd
	نیتروکسین	Nitroxin	46.89 d-g	32.26 e	307.60 cde	8189.1 c-f	23.21 ab	13.9 fgh
	میکوریزا	Mycorrhiza	47.87 c-f	32.96 cde	321.81 bc	8605.5 b-f	20.81 bcd	12.9 j
	بیوسولفور	Biosulfur	44.95 g	33.10 cde	312.90 bcd	7631.9 ef	23.13 ab	15.4 a
کود گاوی Cow manure	شاهد (عدم کاربرد کود)	Control	48.56 a-d	33.36 cde	303.63 cde	9010.6 a-e	23.07 ab	14.3 def
	نیتروکسین	Nitroxin	46.77 d-g	35.19 a	261.46 f	7219.2 f	21.79 abc	14.3 def
	میکوریزا	Mycorrhiza	50.44 a	35.00 ab	389.66 a	9558.7 abc	22.85 ab	14.1 efg
	بیوسولفور	Biosulfur	47.21 d-f	33.54 b-e	283.04 def	8132.3 c-f	22.15 abc	13.8 gh
کود ورمی‌کمپوست Vermicompost	شاهد (عدم کاربرد کود)	Control	47.04 d-f	33.31 cde	279.57 ef	7664.4 ef	22.59 abc	14.4 de
	نیتروکسین	Nitroxin	48.33 b-e	33.71 a-e	343.04 b	9420.4 a-d	20.27 cd	15.0 ab
	میکوریزا	Mycorrhiza	46.05 fg	32.94 cde	401.48 a	8101.4 c-f	21.99 abc	14.4 de
	بیوسولفور	Biosulfur	47.61 c-f	33.28 cde	322.74 bc	7842.0 def	21.32 bc	14.3 def
کود شیمیایی (NPK)	شاهد (عدم کاربرد کود)	Control	50.07 ab	33.82 a-d	319.68 bc	9926.9 ab	21.35 abc	13.3 ij
	نیتروکسین	Nitroxin	49.48 abc	33.24 cde	389.36 a	10670.1 a	18.36 d	13.6 hi
	میکوریزا	Mycorrhiza	48.76 a-d	32.38 de	308.57 cde	8226.0 c-f	23.79 a	14.7 bcd
	بیوسولفور	Biosulfur	48.64 a-d	34.21 abc	387.29 a	10306.7 a	22.54 abc	14.9 bc
$LSD_{5\%}$			3.303	1.554	71.61	1676	4.504	0.4
سطح معنی‌داری Significance level			**	*	**	**	**	**

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (P ≤۰/۰۵).

In each column, with at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Test

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱، ۵٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

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

نتایج مقایسه میانگین اثر کود زیستی بر تعداد کپسول در بوته حاکی از آن بود که استفاده از کود زیستی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود زیستی) باعث افزایش تعداد کپسول در بوته شد. به‌طوری که استفاده از میکوریزا، بیوسولفور و نیتروکسین به‌ترتیب باعث افزایش ۱۶/۸، ۹/۵ و ۹/۲ درصدی تعداد کپسول در بوته شد (جدول ۴). در مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2015) بر رازیانه و زنیان (*Trachyspermum ammi*) (تعداد چتر در بوته)، رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam *et al.*, 2014) بر سیاهدانه (*Nigella sativa*) (تعداد فولیکول در بوته) و اقحوانی شجری و همکاران (Aghhavani Shajari *et al.*, 2016) بر گشنیز (*Coriandrum sativum*) (تعداد چتر در بوته) به اثر مثبت کودهای زیستی اشاره شده است.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی بر تعداد کپسول در بوته حاکی از آن بود که کاربرد میکوریزا در ترکیب با کود گاوی و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب باعث افزایش ۲۸/۴ و ۳۰/۵ درصدی تعداد کپسول در بوته نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) شد، اما کاربرد کود شیمیایی (NPK) در ترکیب با میکوریزا باعث کاهش ۹/۶ درصدی و در ترکیب با نیتروکسین و بیوسولفور به‌ترتیب باعث افزایش ۲۸/۴ و ۲۸ درصدی تعداد کپسول در بوته نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) شد (جدول ۵). ثابت شده است که بین گسترش و فعالیت میکوریزا و مواد آلی خاک همبستگی مثبت وجود دارد (Gryndler *et al.*, 2006). کاربرد کودهای آلی باعث استقرار بهتر میکوریزا بر روی گیاه میزبان شده و سیستم میکوریزایی را توسعه می‌دهد (Oehl *et al.*, 2004). این در حالی است که در برخی گزارش‌ها به اثر منفی کودهای شیمیایی بر ایجاد همزیستی اشاره شده است (Gryndler *et al.*, 2006). واکنش کودهای زیستی نیتروکسین و بیوسولفور به کودهای شیمیایی (NPK) مثبت بود. در تحقیقی گزارش شد که در سطوح کودی ترکیبی نقش کود شیمیایی جبران و عرضه بخشی از نیتروژن تثبیت‌شده در پیکره میکروارگانیسم‌ها و افزایش فراهمی آن به‌ویژه در اوایل دوره رشد است (Cheema *et al.*, 2010).

تعداد دانه در کپسول

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر کود آلی و شیمیایی نشان داد که استفاده از کود گاوی موجب افزایش ۹/۳ درصدی تعداد دانه در کپسول نسبت به شاهد شد. اما تفاوت آماری معنی‌داری بین شاهد و تیمارهای ورمی‌کمپوست و شیمیایی وجود نداشت (جدول ۳). در پژوهش رئیسی و همکاران (Raesee *et al.*, 2015) بر روی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) (تعداد دانه در چتر) به تأثیر مثبت کود دامی اشاره شده است. با توجه به کاهش تعداد کپسول در بوته در تیمار کود گاوی نسبت به ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی، احتمالاً گیاهان تحت تیمار کود گاوی مواد فتوسنتزی بیشتری را به تشکیل دانه اختصاص دادند.

نتایج مقایسه میانگین اثر کود زیستی بر تعداد دانه در کپسول نشان داد که استفاده از میکوریزا باعث کاهش ۹/۳ درصدی تعداد دانه در کپسول شد، اما تفاوت آماری معنی‌داری بین سایر تیمارهای مورد مطالعه وجود نداشت (جدول ۴). نتیجه به‌دست آمده با نتایج سایر محققان مطابقت نداشت (Koocheki *et al.*, 2015; Aghhavani Shajari *et al.*, 2016). به نظر می‌رسد که افزایش تعداد کپسول در تیمار میکوریزا، باعث کاهش انتقال مواد فتوسنتزی لازم جهت تشکیل دانه و سقط‌جنین تعدادی از آن‌ها شد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن و اثر کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، اما اثر متقابل آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین در خصوص استفاده از کودهای آلی و شیمیایی نشان داد که کاربرد کود شیمیایی (NPK) باعث افزایش ۱/۷ درصدی و کود گاوی باعث کاهش ۰/۹ درصدی وزن هزار دانه نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود) شد، اما تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمار ورمی‌کمپوست و شاهد وجود نداشت (جدول ۳). نتایج برخی مطالعات بیانگر اثر مثبت استفاده از کود شیمیایی بر وزن هزار دانه است (Asadi *et al.*, 2007). در تیمار کود شیمیایی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه نیتروژن به‌سرعت آزاد شده و از طریق افزایش سطح برگ، تولید مواد فتوسنتزی لازم برای انتقال به دانه‌ها فراهم می‌شود (Ashraf *et al.*, 2005). از طرف دیگر، به نظر می‌رسد در تیمار کود گاوی به دلیل تأخیر در آزادسازی عناصر غذایی (Pimentel, 1993) و افزایش تعداد دانه در کپسول (جدول ۳) مواد فتوسنتزی لازم جهت پر کردن دانه‌ها فراهم نشده لذا دانه‌ها با کاهش وزن مواجه شدند.

نتایج مقایسه میانگین اثر کود زیستی بر وزن هزار دانه حاکی از آن بود که کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بیوسولفور موجب کاهش به‌ترتیب ۲/۲ و ۰/۹۷ درصدی وزن هزار دانه نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) شد، اما تفاوت آماری معنی‌داری بین میکوریزا و شاهد نبود (جدول ۴). نتایج برخی مطالعات حاکی از تأثیر معنی‌دار کودهای زیستی بر وزن هزار دانه است (Darzi and Akhani, 2015). با توجه به این‌که استفاده از تیمارهای نیتروکسین و بیوسولفور باعث افزایش تعداد دانه در کپسول شد (جدول ۴) لذا ممکن است که

این تیمارها مواد فتوسنتزی لازم جهت پر کردن دانه‌ها را فراهم نکرده باشند.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. اما اثر کود زیستی و اثر منابع کودی نیتروژن و کود زیستی بر این صفت معنی‌دار نبود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد کود گاوی و شیمیایی (NPK) نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) به‌ترتیب باعث افزایش ۱۶/۰۴ و ۱۰/۳۷ درصدی عملکرد دانه شد، اما تفاوت آماری معنی‌داری بین کود ورمی‌کمپوست و شاهد وجود نداشت (جدول ۳). در تحقیقی کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) باعث افزایش عملکرد دانه خرفه شد (Inanloofar *et al*., 2013). برخی محققان نیز به اثرات مثبت کودهای شیمیایی (Asadi *et al*., 2007; Ghamari *et al*., 2016) و کودهای آلی (Nasirzade *et al*., 2015) بر عملکرد دانه اشاره نموده‌اند. استفاده از کودهای شیمیایی به دلیل آزادسازی سریع نیتروژن (Yang *et al*., 2011) و در دسترس بودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در مراحل مختلف رشدی و استفاده از کودهای آلی به دلیل افزایش ماده آلی خاک، بهبود ساختمان خاک و افزایش میزان نگهداری آب در خاک (Sharpley *et al*., 2004) باعث افزایش عملکرد دانه شد. با توجه به این‌که تفاوت فاحشی بین عملکرد دانه حاصل از کود گاوی و شیمیایی وجود ندارد، لذا جهت جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست جایگزینی کود گاوی با شیمیایی ارجحیت دارد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که استفاده از کودهای زیستی تأثیری بر عملکرد دانه خرفه نداشت (جدول ۴). در گزارش برخی محققان به عدم تأثیر معنی‌دار کودهای زیستی بر عملکرد دانه خرفه اشاره شده است (Jahan *et al*., 2013). در تحقیقی گزارش شد که در شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک، تلقیح بذرهای سیاهدانه با باکتری‌های محرک رشد زمانی می‌تواند مؤثر باشد که علاوه بر به‌کارگیری نژادهای مؤثری از باکتری‌ها، شرایط خاک نیز جهت استقرار و تکثیر آن‌ها مناسب باشد (Rodríguez Cáceres *et al*., 1996).

عملکرد زیست‌توده

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن و برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی بر عملکرد زیست‌توده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر کود زیستی بر این صفت معنی‌دار نبود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد زیست‌توده نشان داد که استفاده از کود شیمیایی (NPK) نسبت به شاهد باعث افزایش ۱۸/۴ درصدی عملکرد زیست‌توده شد. تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای کود آلی (کود گاوی و ورمی‌کمپوست) و شاهد وجود نداشت (جدول ۳). نتیجه به‌دست آمده با نتایج قمری و همکاران (Ghamari *et al*., 2016) و اینانلوفر و همکاران (Inanloofar *et al*., 2013) در خصوص گیاه خرفه مطابقت داشت. در تحقیقی که بر روی گیاه اسفرزه انجام گرفت مشخص شد که تأثیر کود شیمیایی بر عملکرد زیست‌توده بیشتر از کود گاوی بود (Nasirzade *et al*., 2015). دلیل افزایش عملکرد زیست‌توده در تیمار کود شیمیایی احتمالاً آزاد شدن سریع نیتروژن نسبت به کودهای آلی، افزایش سطح برگ و فتوسنتز و در نهایت رشد اندام‌های هوایی خرفه باشد.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی بر عملکرد زیست‌توده نشان داد که در تیمار عدم مصرف کود آلی و شیمیایی (شاهد) استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین و میکوریزا به‌ترتیب باعث افزایش ۸/۴ و ۱۲/۸ درصدی عملکرد زیست‌توده شد، اما تفاوت آماری معنی‌داری بین بیوسولفور و شاهد نبود. کاربرد ترکیبی کود گاوی و نیتروکسین تأثیر مثبتی بر عملکرد زیست‌توده داشت. هم‌چنین، ترکیب ورمی‌کمپوست با کودهای زیستی مورد مطالعه باعث افزایش عملکرد زیست‌توده شد. ترکیب کود شیمیایی (NPK) با نیتروکسین و بیوسولفور به‌ترتیب باعث افزایش ۲۹/۷ و ۲۷/۲ درصدی و ترکیب آن با میکوریزا باعث کاهش ۸/۸ درصدی عملکرد زیست‌توده نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) شد (جدول ۵). در این پژوهش، بیشترین عملکرد زیست‌توده به‌طور مشترک از تیمار ترکیبی کود شیمیایی و نیتروکسین و تیمار کود شیمیایی و بیوسولفور حاصل شد و کمترین آن متعلق به تیمار ترکیب کود گاوی و نیتروکسین بود (جدول ۵). در برخی آزمایش‌ها مشاهده شد که تقویت خاک با کودهای آلی، سیستم میکوریزایی را به شدت توسعه می‌دهد، درحالی‌که کودهای معدنی بر ایجاد همزیستی اثر منفی دارد (Gryndler *et al*., 2006). در تحقیقی ضمن انجام پژوهشی روی گیاه دارویی رازیانه گزارش کردند که کاربرد کود شیمیایی (NPK) مانع همزیستی میکوریزایی شد، اما بین تیمار ورمی‌کمپوست و میکوریزا اثر هم‌افزایی مثبتی مشاهده شد (Darzi and Akhani, 2015). اثر نیتروکسین نیز بر توسعه سیستم ریشه‌ای مورد تأیید قرار گرفته است (Kolb and Martin, 1985). بهبود سیستم ریشه‌ای علاوه بر افزایش جذب نیتروژن موجب افزایش جذب آب و سایر مواد مغذی از خاک می‌شود (Fitter, 2000). دلیل افزایش عملکرد زیست‌توده در تیمارهای ترکیبی کود شیمیایی با نیتروکسین و بیوسولفور احتمالاً می‌تواند ناشی از نقش کود شیمیایی در جبران کردن رقابت باکتری‌ها برای نیتروژن در اوایل دوره رشد باشد. از طرف دیگر استفاده از کودهای شیمیایی و باکتری‌های تثبت‌کننده نیتروژن (نیتروکسین و بیوسولفور) از طریق کاهش اسیدیته خاک (Oldeman, 1994) باعث افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد زیست‌توده شده است.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر شاخص برداشت معنی‌دار بود، اما سایر اثرات بر این صفت معنی‌دار نبود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی بر شاخص برداشت نشان داد که استفاده از کودهای آلی (گاوی و ورمی‌کمپوست) در ترکیب با کودهای زیستی باعث کاهش شاخص برداشت شد. درحالی‌که استفاده از تیمار کود شیمیایی (NPK) در ترکیب با نیتروکسین باعث کاهش ۱۳/۷ درصدی و در ترکیب با میکوریزا باعث افزایش ۱۰/۵ درصدی شاخص برداشت نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) شد (جدول ۵). در این پژوهش بیشترین شاخص برداشت (۲۳/۸ درصد) از ترکیب کود شیمیایی (NPK) و میکوریزا حاصل شد. علت افزایش شاخص برداشت در تیمار اخیر، کاهش عملکرد زیست‌توده نسبت به سایر تیمارهای مورد مطالعه است (جدول ۵) به عبارت دیگر، نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده افزایش یافت و در نهایت سبب افزایش شاخص برداشت شد.

درصد روغن

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن، اثر کود زیستی و برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی در سطح احتمال یک درصد بر میزان روغن معنی‌دار بود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین اثر کود آلی و شیمیایی بر درصد روغن دانه نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست باعث افزایش ۲/۸ درصدی روغن نسبت به شاهد شد. این در حالی بود که تفاوت آماری معنی‌داری بین شاهد (عدم مصرف کود آلی و شیمیایی)، کود گاوی و شیمیایی وجود نداشت (جدول ۳). مطالعه عزیزی و همکاران (Azizi *et al*., 2013) در خصوص گیاه دارویی گل مغربی (*Oenothera glazioviana*) و صادقی و همکاران (Sadeghi *et al*., 2014) در خصوص ختمی (*Altheae officinalis*) بیانگر اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر درصد روغن بود. این در حالی بود که نتایج مطالعه محققان متعددی حاکی از کاهش درصد روغن در اثر استفاده از کودهای آلی و شیمیایی می‌باشد (Rathke *et al*., 2005; Inanloofar *et al*., 2013; Yusefian Ghahfarokhi *et al*., 2015). در تحقیقی گزارش شد که استفاده از تیمارهای کود آلی و شیمیایی تأثیری بر درصد روغن سیاهدانه نداشت (Rezvani Moghaddam *et al*., 2014). کاهش نیتروژن از طریق کاهش سنتز پروتئین و افزایش دسترسی به کربوهیدرات‌ها جهت سنتز اسیدهای چرب موجب افزایش درصد روغن می‌شود (Rathke *et al*., 2005).

نتایج مقایسه میانگین اثر کود زیستی بر درصد روغن حاکی از آن بود که استفاده از بیوسولفور باعث افزایش ۳/۵ درصدی روغن نسبت به شاهد شد. این در حالی بود که بین تیمارهای نیتروکسین و میکوریزا با شاهد تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). در تحقیقی مشخص شد که بین گوگرد و نیتروژن رابطه آنتاگونیستی وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش مصرف گوگرد میزان جذب نیتروژن توسط گیاه کاهش می‌یابد (Gholami *et al*., 2015).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی بر درصد روغن نشان داد که در تیمار عدم مصرف کود آلی و شیمیایی استفاده از کود زیستی بیوسولفور درصد روغن را به میزان ۵/۲ درصد افزایش داد، این درحالی بود که مصرف کودهای زیستی نیتروکسین و میکوریزا باعث کاهش به‌ترتیب ۴/۸ و ۱۱/۶ درصدی روغن شد. ترکیب کودهای آلی و زیستی اثر منفی بر درصد روغن داشت (به‌جز ترکیب ورمی‌کمپوست و نیتروکسین). درحالی‌که استفاده از ترکیب کود شیمیایی (NPK) و زیستی باعث افزایش درصد روغن شد (جدول ۵).

عملکرد روغن

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر منابع کودی نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد بر عملکرد روغن معنی‌دار بود، اما اثر کود زیستی و برهمکنش منابع کودی نیتروژن و کود زیستی بر این صفت معنی‌دار نبود (جداول ۳، ۴ و ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد کود شیمیایی (NPK) و گاوی نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) باعث افزایش ۱۸/۸ و ۱۱/۱ درصدی عملکرد روغن شد، اما تفاوت آماری معنی‌داری بین کود ورمی‌کمپوست و شاهد وجود نداشت (جدول ۳). در تحقیقی گزارش شد که کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) باعث افزایش عملکرد روغن خرفه می‌شود (Inanloofar *et al*., 2013). با توجه به این‌که عملکرد روغن نتیجه حاصل‌ضرب درصد روغن و عملکرد دانه می‌باشد، لذا افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود شیمیایی و گاوی (جدول ۳) می‌تواند علت افزایش عملکرد روغن باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج دوساله حاصل از این مطالعه نشان داد که استفاده از کود شیمیایی (NPK) در رتبه اول و استفاده از کود گاوی در رتبه دوم توانست حداکثر عملکرد دانه و روغن خرفه را به خود اختصاص دهد. لذا از آن‌جایی که یکی از شرط‌های اصلی تولید گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار عدم مصرف و یا کاهش نهاده‌های شیمیایی می‌باشد. بنابراین می‌توان جایگزین نمودن کود گاوی را با کود شیمیایی (NPK) جهت تولید پایدار خرفه به‌منظور تولید دانه و روغن توصیه کرد. استفاده از کودهای زیستی نتوانست تأثیر مثبتی بر تولید دانه و روغن ایجاد کند.

سپاسگزاری

از زحمات جناب آقای دکتر مهدی نصیری محلاتی استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به جهت راهنمایی‌های ارزنده ایشان در تجزیه آماری این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghadam, P., Ghorbani, R., and Nasiri Mahallati, M. 2016. Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). Journal of Horticultural Science 29 (4): 486-500. (in Persian with English abstract).
2. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., and Metzeger, J. D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.
3. Asadi, A. R., Hassandaught, M. R., and Dashti, F. 2007. Comparison of fatty acids, oxalic acid, and mineral varieties of seeds and leaves of Purslane. Iranian foreign examples. Journal of Food Science 3 (3): 49-54. (in Persian with English abstract).
4. Ashraf, M., Ali, Q., and Rha, E. S. 2005. The effect of applied nitrogen on the growth and nutrient concentration of Kalonji (*Nigella sativa* L.). Australian Journal of Experimental Agriculture 45 (4): 459-463.
5. Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., and Metzger, J. D. 2001. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology 78: 11-20.
6. Aynanlvfr, M., Omidi, H., and Pazky, A. R. 2014. Morphological changes, agricultural and oil content Purslane (*Portulaca oleracea* L.) Effect of water and fertilizer, bio/chemical nitrogen. Herb Quarterly 12 (4): 170-184. (in Persian with English abstract).
7. Azeez, J. O., Van Averbeke, A. B., and Okorogbona, A. O. M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology 101: 2499-2505.
8. Azizi, M., Neamati, H., and Aroiee, H. 2013. The study on the effect of different levels of vermicompost and plant density on oil content and components of evening primrose (*Oenothera biennis* L). Journal of Iranian Field Crop Research 11 (4): 607-617. (in Persian with English abstract).
9. Babajide, P. A., and Fagbola, O. 2014. Growth, yield and nutrient uptakes of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by biofertilizer inoculants. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 3: 859-879.
10. Cheema, M. A., Farhad, W., Saleem, M. F., Khan, H. Z., Vahid, M. A., Rasul, F., and Hammad, H. M. 2010. Nitrogen management strategies for sustainable maize production. Crop and Environment 1 (1): 49-52.
11. Darzi, M. T., and Akhani, A. 2015. Effects of biofertilizer and plant density on yield and essential oil of *Coriandrum sativum* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31 (6): 1086-1095. (in Persian with English abstract).
12. Den Hollander, N. G., Bastiaans, L., and Kropff, M. J. 2007. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design. II. Competitive ability of several clover species. European Journal of Agronomy 26: 104-112.
13. Fitter, A. 2000. Characteristics and Functions of Root Systems. Marcel Dekker, New York.
14. Gabriel, J. L., and Quemada, M. 2011. Replacing bare fallow with cover crops in a maize cropping system: Yield, N uptake and fertilizer fate. European Journal of Agronomy 34: 133-143.
15. Ghamari, H., Shafaghkolvagh, J., Sabaghpoure, S. H., and Dabbagh Mohamadi Nassba, A. 2016. Effects of chemical and biological fertilizers on some morpho-physiological traits of purslane (*Portulaca oleracea* L.) and dragon’s head (*Lallemantia iberica* Fisch. and C.A. Mey) cultivated under intercropping system. Notulae Scientia Biologicae 8 (1): 112-117.
16. Gholami, A., Akbari, I., and Abbas DoKht, H. 2015. Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of Fennel (*Foeniculum vulgar*). Agroecology 7 (2): 215-224. (in Persian with English abstract).
17. Ghorbanli, M., and Kiapour, A. 2012. Copper-induced changes on pigments and activity of non-enzimatic and enzymatic defense systems in *Portulaca oleracea* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28 (2): 235-247. (in Persian with English abstract).
18. Grover, M., Ali, S. K., Sandhya, Z., Abdul Rasul, V., and Venkateswarlu, B. 2010. Role of microorganisms in adaption of agriculture crops to abiotic stresses. World Journal Microgiology Biotechnology 27 (5): 1231-1240.
19. Gryndler, M., Larsen, J., Hrselova, H., Rezacova, V., Gryndlerova, H., and Kubat, J. 2006. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. Mycorrhiz 16 (3): 159-166.
20. Hajibolandi, R., Barzegar, R., and Asgharzadeh, N. A. 2005. Studying the effect of mycorrhiza on root

morphology and rhizosphere's pH in rice with rizobox system. The Proceeding of 9th Iranian Soil Science Congress, Tehran, 28- 31 August.

21. Harley, J. L., and Smith, S. E. 2000. Azotobacter Symbiosis. Academic Press, London.
22. Hiltbrunner, J., Streit, B., and Liedgens, M. 2007. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover. Field Crops Research 102: 163-171.
23. Hosseinpour, M., Habibi, M., and Fotokian, M. H. 2012. Effect of chemical and biological nitrogen on quality and quantity of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28 (3): 551-566. (in Persian with English abstract).
24. Inanloofar, M., Omidi, H., and Pazoki, A. R. 2013. Morphological, Agronomical Changes and Oil Content in Purslane (*Portulaca oleracea* L.) under Drought Stress and Biological /Chemical Fertilizer of Nitrogen. Journal of Medicinal Plant 48: 170-184. (in Persian with English abstract).
25. Jahan, M., Aryaee, M., Amiri, M. B, and Ehyaee, H. R. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of *Sesamum indicum* L. with application of cover crops of *Lathyrus* sp. and Persian clover (*Trifolium resopinatum* L.). Journal of Agroecology 5 (1): 1-15. (in Persian with English abstract).
26. Javadi, H., Azari Nasrabad, A., and Zamani, G. R. 2008. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of common purslane (*Protulaca oleracea* L.).10th National Meeting of Plant Scientists, 21-24 April, Faisalabad, Pakistan.
27. Kafi, M., and Rahimi, Z. 2010. Effect of salinity on germination characteristics of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8 (4): 615-621. (in Persian with English abstract).
28. Kolb, W., and Martin, P. 1985. Response of Plant Roots to Inoculation with Azospirillum brasilense and to Application of Indole Acetic Acid. Springer, Berlin Heidelberg, New York.
29. Koocheki, A., Nassiri Mhalati, M., Mondani, F., and Khorramdel, S. 2011. Ecophysiology of field crops: A new perspective. Ferdowsi university of Mashhhad press. Iran.
30. Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Najafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Agroecology 7 (1): 20- 37. (in Persian with English abstract).
31. Mc Ginnis, M., Cooke, A., Bilderback, T., and Lorscheider, M. 2003. Organic fertilizers for basil treatment production. Acta Horticulturea 491: 213-218.
32. Moosavi, S. G. R., Seghatoleslami, M. J., and Moosavi, S. M. 2013. Effect of drought stress and nitrogen rates on yield and water use efficiency of fennel (*Foenicolum vulgare* Mill.). Environmental Stresses in Crop Sciences 5 (2): 135-145. (in Persian with English abstract).
33. Nasirzade, S., Fallah, S., Kiani, Sh., and Mohammadkhani, A. 2015. Effect of different levels of cow manure and urea on quantitative and qualitative characteristics of isabgol (*Plantago ovata* Forssk.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31 (1): 41-51. (in Persian with English abstract).
34. Oehl, F., Sieverding, E., Mader, P., Dubois, D., Ineichen, K., Boller, T., and Wiemken, A. 2004. Impact of longterm conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. Oecologia 138: 574-583.
35. Oldeman, L. R. 1994. The global extent of soil degradation. In D. J. Greenland and I. Szaboles, eds. Soil resilience and sustainable land use pp. 99-118: Wallingfrd, UK, CAB International.
36. Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. Journal of Agricultural Ethics 6: 53-60.
37. Piromyou, P., Buranabanyat, B., Tantasawat, P., Tittabutr, P., Boonkerd, N., and Teaumroong, N. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. European Journal of Soil Biology 47: 44-54.
38. Raesee, N., Vakili, S. M. A., Sarthady, F., and Torkynegad, F. 2015. Effects of manure, iron and zinc fertilizers on yield and yield components of Cumin (*Cuminum cyminum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 31 (1): 138-149. (in Persian with English abstract).
39. Rahimi, Z., and Kafi, M. 2010 a. Effects of salinity and silicon application on biomass accumulation, sodium and potassium content of leaves and roots of purslane (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Water and Soil 24 (2): 367-374. (in Persian with English abstract).
40. Rahimi, Z., and Kafi, M. 2010 b. Estimating cardinal temperatures and effect of different levels of temperature on germination indices of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Plant Protection 24 (1): 80-86. (in Persian with English abstract).
41. Rahimi, Z., Kafi, M., Nezami, A., and Khozaie, H. R. 2010. Effect of salinity and silicon on yield and yield components of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8 (3): 481-488. (in Persian with English abstract).
42. Rahimi, Z., Kafi, M., Nezami, A., and Khozaie, H. R. 2011. Effect of salinity and silicon on some

morphophysiologic characters of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27 (3): 359- 374. (in Persian with English abstract).

43. Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, Gh. R., Eivazi, A. R., and Hoseini, S. M. T. 2013. Effect of biofertilizers on macro and micro nutrients uptake and essential oil content in *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (1): 179-190. (in Persian with English abstract).
44. Rathke, G. W., Christen, O., and Diepenbrock, W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Research 94: 103-113.
45. Rezvani Moghaddam, P., and Seyyedi, S. M. 2014. The Effects of organic and biological fertilizers on phosphorus and potassium uptake by black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Horticultural Science 28 (1): 43-53. (in Persian with English abstract).
46. Rezvani Moghaddam, P., Seyedi, S. M., and Azad, M. 2014. Effects of organic, chemical and biological sources of nitrogen on nitrogen use efficiency in black seed (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30 (2): 260-274. (in Persian with English abstract).
47. Rodríguez Cáceres, E. A., González Anta, G., López, J. R., Di Ciocco, C. A., Pacheco Basurco, J. C., and Parada, J. L. 1996. Response of field-grown wheat to inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Bacillus polymyxa* in the semiarid region of Argentina. Arid Soil Research and Rehabilitation 10 (1): 13-20.
48. Sadeghi, A. A., Bakhsh Kelarestaghi, K., Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2014. The effects of vermicompost and chemical fertilizers on yield and yield components of marshmallow (*Altheae officinalis* L.). Agroecology 6 (1): 42-50. (in Persian with English abstract).
49. Saia, S., Ruisi, P., Garcia-Garrido, J. M., Benitez, E., Amato, G., and Giambalvo, D. 2012. Can arbuscular mycorrhizal fungi enhance plant nitrogen capture from organic matter added to soil? 17th Nitrogen Workshop. 26-29 Jun, Wexford, Ireland.
50. Shakeri, E., Amini Dehaghi, M., Tabatabaei, S. A., and Modares Sanavi, S. A. M. 2012. Effect of nitrogen and biological fertilizers on seed yield and fatty acid composition of sesame cultivars under Yazd conditions. Journal of Iranian Field Crop Research 10 (4): 742-750. (in Persian with English abstract).
51. Sharpley, A. N., McDowell, R., and Kleinman, P. J. A. 2004. Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. Soil Science Society of America Journal 68: 2048-2057.
52. Soltaninejhad, F., Fallah, S., and Heidari, M. 2013. Effect of different sources and rates of nitrogen fertilizer on the growth and biomass production of purslane (*Portulaca oleracea*). Journal of Crop Production 6 (3): 125-143. (in Persian with English abstract).
53. Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanism. Electronic Journal Biological 1 (3): 44-48.
54. Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H., and Astover, A. 2009. The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat. Agronomy Research 7 (1): 125-132.
55. Yang, Y. C., Zhang, M., Zheng, L., Cheng, D. D., Liu, M., and Geng, Y. Q. 2011. Controlled release urea improved nitrogen use efficiency, yield, and quality of wheat. Agronomy Journal 103 (2): 479-485.
56. Yusefian Ghahfarokhi, H., Abdali Mashhadi, A., Bakhshandeh, A., Lotfi, A., and Abadi, J. 2015. Evaluation of effect attract moisture substances and organic fertilizers on quality and quantity yield of Purslane (*portulaca oleracea* L.) in Ahwaz region. Journal of Plant Process and Function 4 (13): 87-96. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 19, No. 1, Spring. 2021, p. 17-32

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، ص. ۳۲-۱۷

Effect of Organic, Biological and Chemical Fertilizers on Yield, Yield Components and Oil Percent of Common Purslane (*Portulaca oleracea* L.)

H. Javadi[1], P. Rezvani Moghaddam[2*], M. H. Rashed Mohasel[3], M. J. Seghatoleslami[4]

Received: 23-12-2019
Accepted: 09-03-2020

Introduction: Purslane (*Portulaca oleracea* L.) is an annual and C4 plant that belongs to the family of Portulacaceae that is tolerant to drought and salt stresses which contains high amounts of beneficial omega-3 fatty acids and antioxidant vitamins. Adaptation to both dry and saline conditions makes Purslane a prime candidate as a vegetable in areas with dry conditions and salty soils, often present together where land is irrigated. Purslane seeds provide nutritional value and have beneficial health effects on the body, especially in preventing cardiovascular, cancer, and hypertension (high blood pressure) diseases, because it contains omega-3 and omega-6 fatty acids and other nutrients like antioxidants, tocopherols, and dietary fiber. Nitrogen is a key element in soil fertility and crop production. Recently, attention to the soil quality and health has increased, especially for sustainable production of medicinal crops. Thus, using natural and on-farm inputs has been considered, to produce healthy food especially in developed countries. Achieve this goal needs organic fertilizers. Given the importance of Purslane as a medicinal plant and the fact that there is no detailed information about the nitrogen requirement for this plant, this study was conducted to evaluate the effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and percent oil of common Purslane (*Portulaca oleracea* L.) in Birjand, Iran.

Materials and Methods: This research was carried out during two growing seasons (2014/2015 and 2015/2016) at the research farm of Birjand University. In this experiment, the treatments were a combination of four sources of nitrogen supply, including cow manure, vermicompost, chemical fertilizer (NPK) and control (without any fertilizer), as well as four types of biofertilizers including nitroxin (including *Azotobacter* and *Azospirilum*), Mycorrhiza (*Glomus intraradices*), Biosulfur (including *Thiobacillus* with sulfur) and control (without any fertilizer) on Purslane in a factorial design based on randomized complete blocks design with three replications. The studied characteristics were performed separately in each harvest. From each plot, ten plants were randomly selected, and plant height and SPAD index were measured. Five plants were randomly selected from each plot, and yield components, including the number of capsules per plant, number of seeds per capsule, 1000-seed weight, biological yield, and harvest index, were calculated. The grain yield was performed when yellowing of 70% of the capsules. The oil percentage was measured by Soxhlet method. Oil yield was calculated by multiplying grain yield by oil percentage. Statistical analysis was performed using Minitab 17 software. LSD test was used at the 5% probability level to compare the means.

Results and Discussion: The results showed that the effect of organic and chemical fertilizers on all studied traits (except harvest index) was significant. The highest plant height (49.24 cm), number of capsules per plant (351.23 capsules) and 1000- seed weight (0.41 g) was related to NPK treatment. The highest chlorophyll index (34.27), seed number per capsule (45.4) and seed oil percentage (14.6) was related to vermicompost treatment. Also, the highest grain yield (1959.29 $kg.ha^{-1}$), biomass yield (9782.43 $kg.ha^{-1}$) and oil yield (277.68 $kg.ha^{-1}$) were obtained from NPK treatment, while no significant differences were observed between NPK fertilizer and cow manure. The effect of biofertilizer on number of capsules per plant, number of seeds per capsule, 1000-grain weight and oil content was significant, but the effect on the other traits was not significant. The highest number of capsules per plant (355.38 capsules) and 1000 seed weight (0.41 g) was related to mycorrhiza treatment, but the highest number of seeds per capsule (43) and oil percentage (14.6) were related to biosulfur treatment. The interaction of two studied factors (different nitrogen sources and biofertilizers) on plant height, chlorophyll index, capsule number per plant, biomass yield, harvest index and oil percentage were significant. The maximum biomass yield was obtained of the interaction between NPK and Nitroxin (10670.1 $kg.ha^{-1}$), and the interaction between NPK and biosolfur (10306.7 $kg.ha^{-1}$). The maximum percentage of oil was obtained of control and biosolfur treatments (15.4%).

1- Graduated Ph.D, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
2- Professor, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Professor, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
4- Associate Professor, Department of Agriculture, Birjand branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

Conclusions: Based on the results of this study, it is recommended to replace cow manure with NPK fertilizer to minimize the application of chemical inputs and maximize production of purslane seed and oil in Birjand.

Keywords: Biosulfur, Mycorrhiza, Nitroxin, Purslane, Vermicompost