

## بررسی جنبه‌های کمی، کیفی و اقتصادی کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.) در سیستم‌های تغذیه آلی و شیمیایی

یاسر اسماعیلیان<sup>۱\*</sup> و عباس جلالی<sup>۲</sup>

۱- نویسنده مسئول، استادیار، گروه کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد، خراسان رضوی، ایران

پست الکترونیک: y.esmaeilian@gonabad.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه اکروتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۴۰۰

تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۴۰۰

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۰

### چکیده

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گناباد اجرا شد. عامل اصلی شامل شاهد، کود شیمیایی (۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم) و ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار) و عامل فرعی شامل کشت مخلوط سیر (*Allium sativum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.) با نسبت‌های ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۱۰۰:۱۰۰ و کشت خالص دو گیاه بود. نتایج نشان داد تعداد و طول سوخک در تیمار کود شیمیایی بیشترین افزایش را نشان دادند، هر چند اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و ورمی‌کمپوست وجود نداشت. در حالی که تیمار ورمی‌کمپوست موجب بیشترین افزایش در قطر سوخک شد. بیشترین تعداد سوخک از کشت مخلوط ۵۰:۵۰ و طول و قطر سوخک از تیمار ۲۵:۷۵ بدست آمد. بیشترین عملکرد بیولوژیک و سوخ (به ترتیب ۳۸۶۷ و ۲۲۹۳ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص سیر و کود شیمیایی حاصل شد. بیشترین اسانس سیر از کاربرد ورمی‌کمپوست (۲/۳۳٪) و کشت مخلوط ۵۰:۵۰ (۲/۳۶٪) حاصل شد. ارتفاع بوته و تعداد غلاف در بوته شنبلیله در تیمار تغذیه شیمیایی بیشترین افزایش (به ترتیب ۳۰٪ و ۲۱٪) را داشتند. همچنین، بیشترین تعداد غلاف در بوته شنبلیله از کشت مخلوط ۲۵:۷۵ بدست آمد. بالاترین عملکرد علوفه و دانه شنبلیله (به ترتیب ۲۰۵۷ و ۶۸۲ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص و کود شیمیایی مشاهده شد. عملکرد بیولوژیک شنبلیله در تیمارهای کود شیمیایی (۲۸۰۰ کیلوگرم در هکتار) و آلی (۲۷۳۳ کیلوگرم در هکتار) تحت کشت خالص بالاتر بود. بیشترین اسانس بذر شنبلیله از تیمار کود شیمیایی (۱/۱۶٪) و کشت مخلوط ۲۵:۷۵ (۱/۱۲٪) بدست آمد. الگوهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از ۱ حاصل کردند و بهترین حالت از نسبت ۱۰۰:۱۰۰ بدست آمد. سیر در تیمارهای کشت مخلوط بجز ۱۰۰:۱۰۰ نسبت به شنبلیله غالبیت داشت. سودمندی کشت مخلوط نیز به جز تیمار ۱۰۰:۱۰۰ بیشتر از ۱ بود و بیشترین مزیت اقتصادی از کشت مخلوط ۷۵:۲۵ در شرایط تغذیه آلی بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، سودمندی اقتصادی، سیستم تغذیه، غالبیت، نسبت برابری زمین.

## مقدمه

در سیستم‌های تک‌کشتی که در آنها یک گونه گیاهی و معمولاً در یک دوره زمانی کوتاه کشت می‌شود، حداکثر استفاده از نهاده‌های خارج مزرعه برای افزایش بازدهی تولید انجام می‌شود. حفظ و گسترش چنین سیستم‌های کشتی علاوه بر کاهش تنوع زیستی، کاهش ماده آلی و کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک، مخاطرات زیست محیطی زیادی (به‌ویژه در نتیجه مصرف بیش از حد کودها و سموم شیمیایی) ایجاد کرده و از نظر اقتصادی نیز ثبات کافی را نداشته و خطرپذیری به شدت بالایی دارند (Bedoussac *et al.*, 2015). هدف اصلی سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی دارای تنوع زیستی، رسیدن به ثبات تولید به دلیل محافظت از گیاه در برابر انواع تنش‌های زیستی و غیر زیستی و افزایش بهره‌وری و سودمندی بوم‌نظام کشاورزی است که از طریق اجرای سیستم کشت مخلوط محقق می‌شود (Banik & Sharma, 2009). در این میان، اجرای سیستم کشت مخلوط گیاهان دارویی که یکی از گونه‌های گیاهی آن گیاهان تثبیت‌کننده بیولوژیکی عناصر باشد می‌تواند نقش مؤثری در بهره‌وری استفاده از منابع محیطی به‌ویژه عناصر غذایی داشته باشد و بهره‌وری کل سیستم تولید محصولات کشاورزی و درآمد مزرعه را افزایش دهد (Amani Machiani & Yaseen *et al.*, 2014). گیاهان دارویی نه تنها به عنوان منابع ارزشمندی برای تولید فرآورده‌های دارویی و تأمین سلامت جوامع شناخته شده هستند، بلکه دارای ظرفیت اشتغال و درآمدزایی بالایی نیز می‌باشند (Sujatha *et al.*, 2011).

گزارش شده است که سیستم کشت مخلوط می‌تواند از طریق افزایش حاصلخیزی خاک و همچنین پوشش بیشتر و حفاظت خاک در افزایش عملکرد مؤثر باشد (Lithourgidis *et al.*, 2011; Yu *et al.*, 2015). از دیگر مزایای تکنیک کشت مخلوط می‌توان به مدیریت بهتر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، کاهش هدرروی آب و کنترل فرسایش خاک و کم کردن ریسک اقتصادی تولید اشاره کرد که عملاً می‌تواند منجر به افزایش انعطاف‌پذیری و ثبات این

سیستم‌ها در برابر فشارهای محیطی و شرایط متغیر پیش روی سیستم تولید شود (Duchene *et al.*, 2017; Marastoni *et al.*, 2019).

استفاده از کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی هرچند در کوتاه‌مدت ممکن است منجر به افزایش عملکرد و درآمد مزرعه شود، اما در بلندمدت و در صورت عدم مدیریت مصرف این کودها با مخاطرات و مسائلی مانند تخریب خاک و تنزل کیفیت شیمیایی آن، کاهش جمعیت میکروبی و فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، آلودگی خاک و به خطر افتادن سلامت موجودات زنده و در نهایت برهم خوردن تعادل اکولوژیک بوم‌نظام کشاورزی منجر خواهد شد (Ahmadian *et al.*, 2011). افزایش نگرانی‌ها در ارتباط با اثرهای نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط‌زیست و هزینه‌های آشکار و نهان کشاورزی متداول در آینده، باعث تغییر گرایش به سمت کاربرد کودهای آلی در تولید محصولات زراعی شده است (Savci, 2012; Siddiqui *et al.*, 2011). امروزه کاربرد منابع کودی آلی برای حفظ سلامت و پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی به‌ویژه سیستم‌های کشت گیاهان دارویی که مواد مؤثره آنها مورد استفاده انسان قرار می‌گیرد اهمیت دوچندان دارد (Vafadar-Yengeje *et al.*, 2019). با توجه به اینکه کود کمپوست در نتیجه فرآوری ضایعات و پسماندهای آلی تولید می‌شود، می‌تواند علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی، در پاکسازی و حفظ سلامت محیط‌زیست نیز نقش مهمی داشته باشد (Suthar, 2009). گزارش شده است که کاربرد ورمی‌کمپوست اثرهای مثبت و معنی‌داری در رشد و عملکرد انواع محصولات زراعی و باغی دارد. البته محتوای عناصر غذایی این کود آلی با توجه به نوع مواد خام بکاررفته می‌تواند بسیار متغیر باشد و بر همین اساس تأثیر آن بر گیاهان مختلف می‌تواند متفاوت باشد (Shrimal & Khan, 2017). با توجه به ضرورت ارزیابی اصول مدیریتی کشاورزی پایدار در زراعت گیاهان دارویی و ابعاد مختلف اکولوژیک و اقتصادی کشت مخلوط، این آزمایش با هدف مقایسه زراعی و اقتصادی الگوهای کشت خالص و مخلوط

اقلیم گرم و خشک می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه آن ۱۴۲ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد است.

عامل اصلی آزمایش شامل سه سطح تغذیه: شاهد (عدم کاربرد کود)، کود شیمیایی NPK و ورمی‌کمپوست و عامل فرعی به صورت: کشت خالص سیر، کشت خالص شنبلیله، کشت مخلوط جایگزینی ۲۵٪ سیر و ۷۵٪ شنبلیله، ۵۰٪ سیر و ۵۰٪ شنبلیله، ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله و کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ سیر و ۱۰۰٪ شنبلیله بود. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش مربوط به عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر و ورمی‌کمپوست مورد استفاده در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

دو گیاه دارویی سیر و شنبلیله تحت شرایط تغذیه آلی و شیمیایی اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

برای ارزیابی واکنش دو گیاه دارویی سیر و شنبلیله به نظام‌های کشت مخلوط و نوع تغذیه کودی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گناباد در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. محل آزمایش دارای طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۰۸۵ متر از سطح دریاست. منطقه بر اساس تقسیم‌بندی کوبین دارای

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the experimental soil

Texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	O.C (%)	Total N (%)	Available P (mg.kg <sup>-1</sup> )	Available K (mg.kg <sup>-1</sup> )	EC (dS.m <sup>-1</sup> )	pH
Sandy loam	53.4	41.2	5.4	0.19	0.019	8	103	3.4	8.2

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست

Table 2. Chemical properties of vermicompost

O.C (%)	Total N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	EC (dS.m <sup>-1</sup> )	pH
29.73	1.36	2.98	1.01	3.40	1.14	2195	144	37	8.12	8.53

۱۰ سانتی‌متری خاک و بذرهای شنبلیله با فاصله ۵ سانتی‌متر روی ردیف با عمق کشت ۲ سانتی‌متر براساس الگوهای کشت خالص و مخلوط کشت شدند. آبیاری کرت‌ها به روش سطحی بلافاصله پس از کشت انجام شد. برای سهولت در سبز شدن گیاهان، عملیات آبیاری دوم با فاصله چهار روز انجام گردید. به طوری که تا اول فروردین ۵ مرحله آبیاری انجام و پس از آن آبیاری با دور ۷ روز تا قبل از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گونه‌های گیاهی انجام شد. در طول دوره رشد گیاهان دو مرحله وجین دستی انجام شد. با توجه به اینکه هیچ آفت و بیماری خاصی در مزرعه

براساس نتایج آزمایش خاک، تیمار کود آلی براساس ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تیمار کود شیمیایی براساس ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منابع به ترتیب اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به صورت دستی و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری در خاک کرت‌های مربوط به تیمارهای آزمایش اعمال شد. هر کرت شامل ۸ ردیف کشت به طول ۲ متر و با فواصل ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف بود. فاصله بین کرت‌ها ۱ متر و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. در نیمه آبان ۱۳۹۶، سوخ‌های سیر با فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف در عمق

$$A_{gf} = \left[ \frac{Y_{gi}}{Y_g \times Z_{gi}} - \frac{Y_{fi}}{Y_f \times Z_{fi}} \right]$$

$$A_{fg} = \left[ \frac{Y_{fi}}{Y_f \times Z_{fi}} - \frac{Y_{gi}}{Y_g \times Z_{gi}} \right]$$

که در روابط بالا،  $A_{gf}$ ،  $A_{fg}$ ،  $Z_{gi}$  و  $Z_{fi}$  به ترتیب غالبیت سیر نسبت به شنبلیله، غالبیت شنبلیله نسبت به سیر، نسبت کاشت سیر و نسبت کاشت شنبلیله در کشت مخلوط است. برای ارزیابی مزیت اقتصادی سیستم کشت مخلوط از شاخص مزیت پولی براساس روابط زیر استفاده شد (Ghosh, 2004).

$$MAI = VCI \times \left[ \frac{LER - 1}{LER} \right]$$

$$VCI = (Y_{gi} \times P_g) + (Y_{fi} \times P_f)$$

که در روابط بالا MAI و VCI به ترتیب شاخص مزیت پولی و ارزش پولی گیاهان مخلوط و  $P_g$  و  $P_f$  به ترتیب ارزش تجاری (قیمت روز) سیر و شنبلیله است. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

## نتایج

عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای اسانس سیر

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بوته و شاخص برداشت سیر مشخص کرد که تیمارهای کودی و الگوی کشت اثر معنی‌داری بر این صفات نداشتند. اثر متقابل سطوح عوامل اصلی و فرعی آزمایش نیز بر صفات مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۳).

تیمارهای سطوح کودی و الگوی کشت اثر معنی‌داری بر تعداد سوخک در سوخ و طول و قطر سوخک داشتند، هرچند اثر متقابل تیمارهای مذکور بر این صفات معنی‌دار نبود

مشاهده نشد عملیات مبارزه با آفات و بیماری‌ها انجام نشد. برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک شنبلیله، در مرحله گلدهی گیاهان، برداشت کل اندام هوایی گیاه از سطح ۰/۵ مترمربع هر کرت انجام شد. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک شده و بعد وزن علوفه خشک هر کرت توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و در نهایت به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. در پایان دوره رشد، برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد، برداشت از ۲ مترمربع وسط هر کرت انجام شد.

برای تعیین درصد اسانس بذر شنبلیله و سوخک سیر، ۲۵ گرم نمونه بذر شنبلیله و ۵۰ گرم نمونه خشک سوخک سیر انتخاب و پس از آسیاب کردن نمونه‌ها، استخراج اسانس به روش تقطیر با آب طی مدت ۴ ساعت توسط دستگاه کلونجر انجام شد (Kumar & Tripathi, 2011).

برای ارزیابی سودمندی و مزیت زراعی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین طبق روابط زیر استفاده شد (Gliessman, 1998).

$$LER = LER_g + LER_f$$

$$LER_g = \frac{Y_{gi}}{Y_g}$$

$$LER_f = \frac{Y_{fi}}{Y_f}$$

در روابط بالا  $LER$ ،  $LER_g$  و  $LER_f$  به ترتیب نسبت برابری زمین کل، نسبت برابری زمین سیر و نسبت برابری زمین شنبلیله می‌باشد.  $Y_g$ ،  $Y_{gi}$ ،  $Y_f$  و  $Y_{fi}$  به ترتیب عملکرد سیر در کشت مخلوط، عملکرد سیر در کشت خالص، عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط و عملکرد شنبلیله در کشت خالص است.

میزان رقابت نسبی بین دو محصول با استفاده از شاخص غالبیت از طریق روابط زیر محاسبه شد (Dhima *et al.*, 2007).

مشاهده شد.

همان طور که در جدول ۶ مشخص است، بیشترین مقادیر عملکرد سوخ (۵۸۰۸ کیلوگرم در هکتار) در شرایطی حاصل شد که گیاه سیر در شرایط تک کشتی به وسیله کود شیمیایی تغذیه شده بود. اگرچه تیمار کشت خالص سیر و کاربرد کود کمپوست با عملکرد سوخ ۵۶۹۵ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی داری با تیمار مذکور نشان نداد. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بالاترین مقادیر عملکرد سوخ (۴۴۷۴ و ۴۳۱۹ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از کشت مخلوط ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله در سیستم تغذیه آلی و شیمیایی بدست آمد. از سوی دیگر، کمترین عملکرد سوخ (۱۵۹۱ کیلوگرم در هکتار) از گیاهانی حاصل شد که به صورت الگوی کشت مخلوط ۲۵٪ سیر و ۷۵٪ شنبلیله قرار داشتند و کودی دریافت نکرده بودند. تجزیه واریانس داده‌های آزمایش مشخص کرد که درصد اسانس سیر به طور معنی داری تحت تأثیر کودهای آلی و شیمیایی و همچنین الگوهای کشت قرار گرفت، هر چند اثر متقابل عوامل آزمایش بر صفت مذکور معنی دار نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مصرف ورمی کمپوست موجب حصول بیشترین درصد اسانس سیر (۲/۳۳٪) شد. تیمار کود شیمیایی در رتبه بعدی از نظر تأثیر بر بهبود این صفت (۲/۱۷٪) قرار گرفت. گیاهانی که کودی دریافت نکرده بودند کمترین درصد اسانس (۲/۰۶٪) را نشان دادند. اجرای الگوی کشت با نسبت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ سیر و شنبلیله موجب حصول بیشترین اسانس سیر (به ترتیب ۲/۳۶ و ۲/۳۵٪) شد. کمترین درصد اسانس (۱/۹۸٪) از تک کشتی گیاه سیر بدست آمد (جدول ۵).

عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای اسانس بذر شنبلیله

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های ارتفاع بوته شنبلیله، بین تیمارهای کودی از نظر تأثیر بر این صفت اختلاف معنی داری وجود داشت. هرچند، اثر تیمارهای الگوی کشت و اثر متقابل کود در الگوی کشت بر صفت

(جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵)، بیشترین مقادیر تعداد سوخک در سوخ (۶/۴۹) از کاربرد کود شیمیایی حاصل شد، اگرچه اختلاف معنی داری بین این تیمار و تیمار کود ورمی کمپوست وجود نداشت. در بین تیمارهای الگوی کشت، بیشترین تعداد سوخک در سوخ (۷/۱۳) از الگوی کشت مخلوط ۵۰٪ سیر به همراه ۵۰٪ شنبلیله حاصل شد و پس از این تیمار، الگوی کشت مخلوط ۲۵٪ سیر و ۷۵٪ شنبلیله (۶/۳۶ سوخک در سوخ) قرار گرفت. کمترین تعداد سوخک (۵/۶۰) در نتیجه اجرای کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰٪ سیر و ۱۰۰٪ شنبلیله بدست آمد. بیشترین طول سوخک (۱۸ میلی‌متر) در اثر کاربرد کود شیمیایی حاصل شد، اگرچه اختلاف معنی داری با تیمار ورمی کمپوست نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کشت مخلوط ۷۵٪ سیر به همراه ۲۵٪ شنبلیله بیشترین طول سوخک (۱۹/۹ میلی‌متر) را نشان داد و بعد از این تیمار، کشت خالص سیر با طول سوخک ۱۸/۱ میلی‌متر قرار گرفت. کمترین طول سوخک (۱۵/۵ میلی‌متر) در کشت مخلوط افزایشی مشاهده شد (جدول ۵). در بین تیمارهای کودی، تیمار ورمی کمپوست موجب حصول بیشترین قطر سوخک (۸/۳۱ میلی‌متر) شد. تیمارهای کشت مخلوط ۷۵٪ سیر به همراه ۲۵٪ شنبلیله و کشت خالص سیر بیشترین افزایش قطر سوخک (به ترتیب ۸/۲۴ و ۸/۱۵ میلی‌متر) را حاصل کردند و کمترین قطر سوخک (۷/۰۰ میلی‌متر) در تیمار ۵۰٪ سیر به همراه ۵۰٪ شنبلیله مشاهده شد (جدول ۵).

اثر عوامل اصلی و فرعی آزمایش و همچنین برهم‌کنش آنها بر عملکرد بیولوژیک سیر و عملکرد سوخ معنی دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) مشخص کرد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۹۲۲۶ کیلوگرم در هکتار) از کشت خالص سیر و مصرف کود شیمیایی بدست آمد که تفاوت معنی داری با تیمار کاربرد ورمی کمپوست در شرایط کشت خالص (۹۰۲۳ کیلوگرم در هکتار) نشان نداد. کمترین عملکرد بیولوژیک (۲۹۶۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم کوددهی در کشت مخلوط ۲۵٪ سیر و ۷۵٪ شنبلیله

عدم مصرف کود حاصل شد.

جدول ۶ نشان می‌دهد که بالاترین مقادیر عملکرد بیولوژیک (به ترتیب با ۳۳۶۰ و ۳۲۸۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمارهای کشت خالص در شرایط تغذیه شیمیایی و آلی بدست آمد. کمترین عملکرد بیولوژیک (۷۳۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کشت مخلوط ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله در شرایط عدم تغذیه کودی بود. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) مشخص کرد گیاهانی که در شرایط کشت خالص با کود شیمیایی تغذیه شده بودند بیشترین عملکرد دانه (۸۹۰ کیلوگرم در هکتار) را داشتند، اگرچه اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و کشت مخلوط سیر و شنبلیله در شرایط کوددهی با ورمی کمپوست (عملکرد دانه ۸۷۸ کیلوگرم در هکتار) وجود نداشت. کمترین عملکرد دانه (۲۰۲ کیلوگرم در هکتار) از کمترین نسبت شنبلیله در کشت مخلوط (۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله) در شرایطی که گیاهان مورد تغذیه کودی قرار نگرفته بودند بدست آمد.

تجزیه واریانس داده‌های شاخص برداشت شنبلیله نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار سطوح عوامل کود و الگوی کشت و همچنین اثر متقابل عوامل مذکور در مورد این صفت است (جدول ۴).

البته، اختلاف بین تیمارهای کودی و الگوی کشت از نظر تأثیر بر درصد اسانس بذر شنبلیله معنی‌دار بود. اما برهم‌کنش تیمارهای مذکور اثر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). داده‌های جدول ۵ نشان می‌دهند گیاهانی که تحت سیستم‌های تغذیه شیمیایی و آلی قرار داشتند با محتوای اسانس به ترتیب ۱/۱۶٪ و ۱/۱۲٪ اختلاف معنی‌داری با گیاهانی که هیچ‌گونه کودی دریافت نکرده بودند (با محتوای اسانس ۰/۸۶٪) داشتند. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بیشترین درصد اسانس بذر شنبلیله (۱۲٪) از ترکیب ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله حاصل شد و پس از آن تیمار ۵۰٪ سیر و ۵۰٪ شنبلیله (۱۰٪ اسانس بذر) قرار داشت. در حالی که کمترین درصد اسانس بدست آمده (۰/۹۵٪) تحت شرایط کشت مخلوط افزایشی حاصل شد.

مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۴). همان‌طور که جدول ۵ نشان می‌دهد، بیشترین ارتفاع بوته (۳۸/۱ سانتی‌متر) در نتیجه اعمال کود شیمیایی حاصل شد و تیمار ورمی‌کمپوست در رتبه بعد (ارتفاع بوته ۳۴ سانتی‌متر) از نظر تأثیر بر این صفت قرار گرفت.

عوامل کودی و الگوی کشت اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته شنبلیله داشتند، اما اثر متقابل آنها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). در بین تیمارهای کودی بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۶/۹) متعلق به تیمار کود شیمیایی بود و پس از این تیمار، کود ورمی‌کمپوست (۱۶/۰ غلاف در بوته) قرار گرفت. کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۴/۰) مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بود (جدول ۵). در بین تیمارهای الگوی کشت بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۸/۳) در تیمار ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله مشاهده شد و پس از آن، تیمار ۲۵٪ سیر و ۷۵٪ شنبلیله (۱۶/۵ غلاف در بوته) قرار گرفت. کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۴/۲) نیز از گیاهانی بدست آمد که در شرایط کشت مخلوط ۱۰۰٪ سیر و ۱۰۰٪ شنبلیله قرار داشتند (جدول ۵).

تجزیه واریانس داده‌های تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه شنبلیله مشخص کرد که هیچ‌یک از عوامل آزمایش و اثر متقابل آنها اختلاف معنی‌داری از نظر تأثیر بر صفات مذکور نداشتند (جدول ۴).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده اثر معنی‌دار عوامل اصلی و فرعی و همچنین برهم‌کنش آنها بر صفات عملکرد علوفه خشک، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه شنبلیله است (جدول ۴). همان‌طور که داده‌های جدول ۶ نشان می‌دهند، گیاهانی که در شرایط کشت خالص با کود شیمیایی تغذیه شده بودند بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک (۲۰۵۷ کیلوگرم در هکتار) را نشان دادند. تیمار کشت خالص شنبلیله و مصرف ورمی‌کمپوست با اختلاف کمی (عملکرد علوفه خشک ۱۹۶۷ کیلوگرم در هکتار) در رده دوم قرار داشت و کمترین عملکرد (۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۷۵٪ سیر به همراه ۲۵٪ شنبلیله و

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای اسانس سیر تحت تأثیر سیستم تغذیه و الگوی کشت

**Table 3. Analysis of variance of yield, yield components, and garlic (*Allium sativum* L.) essential oil content affected by nutrition system and cropping pattern**

Source of variation	d.f.	Plant height	Bulblet per bulb	Bulblet length	Bulblet diameter	Bulb yield	Biological yield	Harvest index	Bulblet essential oil
Repetition (R)	2	8.75ns	0.19ns	3.07ns	0.61ns	15.346ns	330771ns	16.9ns	0.001ns
Fertilizer (F)	2	9.02ns	6.50**	16.57*	4.32**	1082751**	1911078**	45.5ns	0.37*
Error a	4	6.85	0.03	0.79	0.73	81090	92839	13.0	0.088
Cropping pattern (CP)	4	2.55ns	3.66*	29.50**	2.27*	16300031**	37403632**	58.5ns	0.24*
F × CP	8	6.04ns	1.15ns	5.12ns	1.65ns	436136*	1221788*	22.4ns	0.06ns
Error b	24	5.53	1.17	4.64	0.81	183396	400208	40.5	0.06
C.V. (%)	-	10.3	17.7	12.5	11.6	11.8	10.5	10.6	11.8

ns, \*, and \*\*: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای اسانس بذر شنبلیله تحت تأثیر سیستم تغذیه و الگوی کشت

**Table 4. Analysis of variance of yield, yield components, and fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) seed essential oil content affected by nutrition system and cropping pattern**

Source of variation	d.f.	Plant height	Pod per plant	Seed per pod	1000-seed weight	Dry forage yield	Seed yield	Biological yield	Harvest index	Seed essential oil
Repetition (R)	2	54.37*	20.54*	0.074ns	17.8**	33167ns	12802ns	154515ns	58.3**	0.03ns
Fertilizer (F)	2	288.9**	33.5*	3.154ns	0.34ns	326000**	93429**	681075* *	22.5ns	0.39**
Error a	4	60.5	7.74	1.269	0.54	21167	8943	179385	2.72	0.009
Cropping pattern (CP)	4	9.74ns	27.5**	1.088ns	0.85ns	1394528**	414822* *	5813924 **	6.96ns	0.05*
F × CP	8	18.7ns	4.20ns	0.625ns	0.93ns	45236*	15067*	128231*	18.6ns	0.01ns
Error b	24	13.89	6.07	1.152	0.89	18708	5670	50829	9.43	0.02
C.V. (%)	-	11.0	15.7	14.5	9.0	9.7	14.3	11.2	11.7	12.6

ns, \*, and \*\*: non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات سیر و شنبلیله تحت تأثیر سیستم تغذیه و الگوی کشت

**Table 5. Means comparison of garlic (*Allium sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) traits affected by nutrition system and cropping pattern**

Treatment	Garlic				Fenugreek		
	Bulblet number per bulb	Bulblet length (mm)	Bulblet diameter (mm)	Bulblet essential oil (%)	Plant height (cm)	Pod number per plant	Seed essential oil (%)
Nutrition system							
F <sub>1</sub>	5.36b*	16.0b	7.24b	2.06b	29.3b	14.0b	0.86b
F <sub>2</sub>	6.51a	18.0a	7.76ab	2.17ab	38.1a	16.9a	1.16a
F <sub>3</sub>	6.49a	17.6a	8.31a	2.33a	34.0ab	16.0ab	1.12a
Cropping pattern							
P <sub>1</sub>	5.82b	18.1ab	8.15a	1.98b	-	-	-
P <sub>2</sub>	-	-	-	-	33.8a	14.3b	0.98bc
P <sub>3</sub>	6.36ab	16.3bc	7.62ab	2.35a	32.8a	16.5ab	1.06bc
P <sub>4</sub>	7.13a	16.3bc	7.00b	2.36a	32.7a	14.9b	1.10ab
P <sub>5</sub>	5.69b	19.9a	8.24a	2.15b	34.8a	18.3a	1.12a
P <sub>6</sub>	5.60b	15.5c	7.84ab	2.08b	34.9a	14.2b	0.95c

\*In each column, similar letters indicate non-significant differences at 5% probability level (Duncan test).

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, and F<sub>3</sub>: Control (no fertilizer application), chemical fertilizer, and vermicompost, respectively; P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, and P<sub>6</sub>: Sole cropping of garlic, or fenugreek, intercropping with 25:75, 50:50, 75:25, and 100:100 proportions of garlic and fenugreek, respectively.

#### شاخص‌های ارزیابی مزیت کشت مخلوط

##### نسبت برابری زمین

نتایج بررسی نسبت برابری زمین جزئی محصول سیر نشان می‌دهد به طور کلی با افزایش نسبت کاشت سیر در سیستم کشت مخلوط این نسبت روند افزایشی داشت. بالاترین میزان این شاخص (۰/۸۰) از تیمار کشت مخلوط ۲۵:۷۵ سیر و شنبلیله در شرایط عدم کوددهی حاصل شد. این در حالیست که کمترین شاخص بدست آمده (۰/۳۱) از الگوی کشت مخلوط ۷۵:۲۵ سیر و شنبلیله در شرایط عدم کوددهی بدست آمد. در مورد شنبلیله نیز روند مشابهی مشاهده شد و محدوده اعداد بدست آمده بین ۰/۲۷ و ۰/۸۰ متغیر بود. بالاترین نسبت برابری زمین شنبلیله (۰/۸۰) از کشت مخلوط افزایشی

سیر و شنبلیله همراه با تغذیه شیمیایی حاصل شد (جدول ۷). بررسی نسبت برابری زمین کل مشخص کرد که تمامی الگوهای کشت مخلوط اعداد بالاتر از ۱ را حاصل کردند که نشان‌دهنده مزیت زراعی و بهبود کارایی استفاده از زمین کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. سیستم کشت مخلوط افزایشی در تمامی سطوح کودی بیشترین تأثیر را در افزایش این شاخص داشت و بالاترین عدد بدست آمده (۱/۴۹) متعلق به تیمار مصرف کود شیمیایی در سیستم کشت مخلوط افزایشی بود. تیمار کشت مخلوط افزایشی همراه با کاربرد ورمی‌کمپوست نیز با نسبت برابری زمین برابر با ۱/۳۲ در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۷).



جدول ۶- مقایسه میانگین صفات سیر و شنبلیله تحت تأثیر اثرات متقابل سیستم تغذیه و الگوی کشت

**Table 6. Means comparison of garlic (*Allium sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) traits affected by interaction of nutrition system and cropping pattern**

Treatment	Garlic		Fenugreek		
	Biological yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	Bulb yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	Dry forage yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	Biological yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	Seed yield (kg.ha <sup>-1</sup> )
F <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	7545b*	4644b	-	-	-
F <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	-	-	1600cde	2480b	681bc
F <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	2962f	1591h	1433def	2200bcd	541cde
F <sub>1</sub> P <sub>4</sub>	4528e	2480fg	1067f	1760de	415ef
F <sub>1</sub> P <sub>5</sub>	6578bc	4196bcd	600h	730f	202g
F <sub>1</sub> P <sub>6</sub>	6325c	3708cde	1233f	1690e	347g
F <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	9226a	5808a	-	-	-
F <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	-	-	2057a	3360a	890a
F <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	3262f	1900gh	1633cd	2360bc	616bcd
F <sub>2</sub> P <sub>4</sub>	5162de	3078ef	1317bcd	1880cde	471def
F <sub>2</sub> P <sub>5</sub>	6967bc	4319bc	867g	923f	253g
F <sub>2</sub> P <sub>6</sub>	6808bc	4030bcd	1450def	2277bc	709b
F <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	9023a	5695a	-	-	-
F <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	-	-	1967ab	3280a	878a
F <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	2975f	1949gh	1767bc	2480b	649bc
F <sub>3</sub> P <sub>4</sub>	6133cd	3476de	1283f	1646e	453ef
F <sub>3</sub> P <sub>5</sub>	7015bc	4474b	983g	900f	234g
F <sub>3</sub> P <sub>6</sub>	5197de	3901cd	1633cd	2286bc	555cde

\*In each column, similar letters indicate non-significant differences at 5% probability level (Duncan test).

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, and F<sub>3</sub>: Control (no fertilizer application), chemical fertilizer, and vermicompost, respectively; P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, and P<sub>6</sub>: Sole cropping of garlic, or fenugreek, intercropping with 25:75, 50:50, 75:25, and 100:100 proportions of garlic and fenugreek, respectively.**شاخص غالبیت**

غالبیت بیشتری داشت و بیشترین میزان غالبیت شنبلیله (۰/۱۵) از این تیمار در شرایط تغذیه شیمیایی حاصل شد.

**شاخص مزیت پولی**

نتایج ارزیابی اقتصادی سیستم‌های کشت مخلوط نشان‌دهنده مزیت پولی تمامی الگوهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است. همان‌طور که از داده‌های جدول ۷ مشخص است بیشترین مزیت اقتصادی از الگوی کشت مخلوط افزایشی حاصل شد، به‌طوری که بیشترین مزیت پولی (۰/۳۶۵۳۴۱۰) متعلق به تیمار کشت مخلوط افزایشی

محاسبه شاخص غالبیت (چیرگی) گونه‌های گیاهی در این آزمایش نشان‌دهنده قدرت رقابتی بیشتر و غالبیت گیاه سیر نسبت به شنبلیله در اغلب الگوهای کشت مخلوط بود. بیشترین غالبیت گیاه سیر در تیمارهای کشت مخلوط ۲۵٪ سیر و ۷۵٪ شنبلیله مشاهده شد، به‌طوری که بالاترین شاخص (۰/۳۹) از این سیستم کشت در شرایط تغذیه با کود شیمیایی بدست آمد و پس از آن، همین الگوی کشت در شرایط تغذیه آلی (۰/۳۸) قرار گرفت (جدول ۷). از سوی دیگر، گیاه شنبلیله در تیمار ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله

سیر و شنبلیله در شرایط تغذیه با کود شیمیایی بود. رتبه دوم مزیت اقتصادی (۴۳۷۶۹۷۲۰) از همین الگوی کشت در شرایط کوددهی با ورمی‌کمپوست حاصل شد. این در حالیست که کمترین مقادیر شاخص مزیت پولی (۱۹۳۰۹۴۴۰) از نسبت کشت ۲۵٪ سیر و ۷۵٪ شنبلیله در شرایط عدم تغذیه کودی بدست آمد.

جدول ۷- مقایسه شاخص‌های نسبت برابری زمین، غالبیت و مزیت پولی در الگوهای کشت مخلوط سیر و شنبلیله

**Table 7. Comparison of land equivalent ratio, aggressivity, and monetary advantage indices in intercropping patterns of garlic (*Allium sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.)**

Treatment	Land equivalent ratio			Aggressivity		Monetary advantage index
	Garlic	Fenugreek	Total	Garlic	Fenugreek	
F <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	0.34	0.79	1.13	0.31	-0.31	19309440
F <sub>1</sub> P <sub>4</sub>	0.53	0.61	1.14	-0.15	0.15	24994500
F <sub>1</sub> P <sub>5</sub>	0.90	0.30	1.20	0.02	-0.02	37912800
F <sub>1</sub> P <sub>6</sub>	0.80	0.51	1.31	0.29	-0.29	39002630
F <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	0.33	0.69	1.02	0.39	-0.39	20477520
F <sub>2</sub> P <sub>4</sub>	0.53	0.54	1.07	0.00	0.00	28597890
F <sub>2</sub> P <sub>5</sub>	0.74	0.28	1.02	-0.15	0.15	33676320
F <sub>2</sub> P <sub>6</sub>	0.69	0.80	1.49	-0.10	0.10	53653410
F <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	0.34	0.74	1.08	0.38	-0.38	22444560
F <sub>3</sub> P <sub>4</sub>	0.61	0.52	1.13	0.19	-0.19	33125950
F <sub>3</sub> P <sub>5</sub>	0.79	0.27	1.06	-0.12	-0.12	35925520
F <sub>3</sub> P <sub>6</sub>	0.68	0.63	1.31	0.05	-0.05	43769720

F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, and F<sub>3</sub>: Control (no fertilizer application), chemical fertilizer, and vermicompost, respectively; P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, and P<sub>6</sub>: Intercropping with 25:75, 50:50, 75:25, and 100:100 proportions of garlic and fenugreek, respectively.

## بحث

فتوسنتزی بیشتر و انتقال آنها به اندام اقتصادی گیاه و در نتیجه افزایش تعداد سوخک شده است (Arancon *et al.*, 2004). در نتیجه یک آزمایش گزارش شد که استفاده از کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست به ترتیب موجب افزایش ۹ و ۱۱ درصدی تعداد سوخک در سیر نسبت به تیمار شاهد شده است (Esmaelian *et al.*, 2018). طول و قطر سوخک نیز واکنش معنی‌داری به کاربرد ورمی‌کمپوست داشت که دلایل این موضوع را نیز می‌توان به اثرهای مثبت این کود در بهبود ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب در

نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر بود. تعداد سوخک در سوخ گیاه سیر افزایش ۲۰ درصدی در تیمار کود آلی داشت که احتمالاً مؤید این است که اعمال ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک محیط مناسبی برای رشد ریشه و جذب عناصر غذایی فراهم کرده که در نهایت به دلیل بهبود رشد رویشی و ظرفیت فتوسنتزی گیاه، موجب تولید فرآورده‌های

گونه‌ای و استفاده از روابط مکملی گونه همراه موجب بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی به‌ویژه نور، آب و عناصر غذایی و بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه شده که در نهایت با توجه به رابطه مثبت میزان فتوسنتز و تولید متابولیت‌های ثانویه، درصد اسانس گیاه در این شرایط بهبود یافته است (Rezaei-chiyaneh *et al.*, 2016).

براساس نتایج بدست آمده، عملکرد و اجزای عملکرد شنبلیله تحت تأثیر عوامل کودی و الگوی کشت قرار گرفت. ارتفاع بوته شنبلیله در تیمار کود شیمیایی بیشترین افزایش را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. کود شیمیایی (به‌ویژه کود نیتروژن‌دار) با فراهم کردن سریع و امکان دسترسی بوته شنبلیله به محتوای بالای نیتروژن، از طریق افزایش سطح سبز گیاه، افزایش ظرفیت فتوسنتزی، تحریک رشد رویشی و افزایش طول میانگره‌ها، افزایش بیشتر ارتفاع بوته را نسبت به کود ورمی‌کمپوست حاصل کرده است (Pez-Bellido *et al.*, 2004). البته، بالاتر بودن ارتفاع بوته در تیمار شیمیایی نسبت به زیستی توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2014). الگوهای کشت اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته نداشتند که با نتایج تحقیقاتی که در مورد کشت مخلوط شنبلیله و انیسون در یاسوج انجام شده است مطابقت دارد (Mardani *et al.*, 2015).

تعداد غلاف در بوته شنبلیله از اجزای عملکرد مهم و تأثیرگذار در عملکرد نهایی گیاه می‌باشد، زیرا غلاف از یکسو دربردارنده تعداد دانه بوده و از سوی دیگر در تأمین فرآورده‌های فتوسنتزی برای دانه‌ها نقش اساسی دارد (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2014). کود شیمیایی NPK بیشترین تأثیر را در بهبود این صفت داشت که به‌نظر می‌رسد عناصر پرمصرف که به‌راحتی از طریق کود شیمیایی در اختیار گیاه قرار گرفته است، توانسته است به‌دلیل افزایش طول دوره رشد رویشی و تجمع ماده خشک بیشتر از طریق افزایش سرعت رشد محصول موجب تولید گل بیشتر و در نهایت تولید غلاف بیشتر در بوته شود (Zandi *et al.*, 2013). نتایج آزمایش نشان می‌دهد که کمترین اعداد این

خاک، فرایندهای فیزیولوژیک گیاه، تغذیه متعادل گیاه و در نهایت ارتقاء اجزای عملکرد گیاه مرتبط دانست (Gangwar *et al.*, 2006).

عملکرد بیولوژیک سیر در سیستم کشت خالص و تحت شرایط کوددهی شیمیایی بیشترین مقادیر را نشان داد و ورمی‌کمپوست با اختلاف کمی (حدود ۴٪) در رتبه دوم قرار داشت. تراکم بوته بالا در واحد سطح می‌تواند علت اصلی افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمار کشت خالص باشد. بهبود عملکرد بیولوژیک سیر در نتیجه مصرف کود شیمیایی در زراعت سیر را باید به آزادسازی سریع عناصر غذایی پرمصرف، افزایش رشد رویشی و گسترش اندام‌های هوایی گیاه نسبت داد (Alizad *et al.*, 2018). از سوی دیگر، کود ورمی‌کمپوست علاوه بر تأمین مقادیر کافی از عناصر پرمصرف، حاوی عناصر کم‌مصرف متنوعی بوده که می‌تواند با تغذیه متعادل گیاه و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید زیست‌توده بیشتر گردد. علاوه بر این، ورمی‌کمپوست با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، افزایش جذب و ذخیره‌سازی آب و توسعه بیشتر ریشه را سبب می‌شود. جنبه مثبت دیگر این کود آلی، تحریک و تقویت جمعیت میکروبی خاک و افزایش هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهیست (Rahimi & Hashemi, 2016; Darzi *et al.*, 2010).

البته، کاربرد کود ورمی‌کمپوست تأثیر بیشتری در افزایش درصد اسانس سیر نسبت به تیمار کود شیمیایی داشت. محققان دیگری ضمن گزارش نتایج مشابه، اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست از طریق بهبود فعالیت باکتری‌ها و سایر ریزموجودات خاک، حلالیت عناصر معدنی و دسترسی گیاه به آنها را تسهیل کرده و در نهایت با ایجاد تعادل در تولید متابولیت‌های اولیه و ثانویه، باعث افزایش میزان اسانس تولیدی گیاه می‌شود (Safikhani Nasimi *et al.*, 2019). با توجه به اینکه درصد اسانس سیر در الگوهای کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از الگوی کشت خالص این گیاه بیشتر بود، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ایجاد تنوع زیستی در مزرعه از طریق اجرای کشت مخلوط با کاهش رقابت درون

عملکرد بیولوژیک در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط گیاهان تیره بقولات در آزمایش‌های زیادی گزارش شده است (Farid & Navabi, 2015). در آزمایشی که در زمینه کشت مخلوط سنبليله و گشنیز انجام شد، این گونه بیان شد که در هر دو گیاه، افزایش نسبت کاشت هر محصول موجب افزایش میزان عملکرد بیولوژیک شد و بعکس، رشد و عملکرد بیولوژیک هر گونه با افزایش تراکم گونه دیگر کاهش پیدا کرد (Bigonah, 2011). دستیابی به عملکرد بیولوژیک سنبليله توسط اعمال ورمی‌کمپوست در مقادیر برابر با کود شیمیایی در این آزمایش می‌تواند اهمیت ویژه‌ای داشته باشد، زیرا این کود از مزیت‌هایی مانند بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، افزایش ماده آلی، بهبود قدرت جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی، تهویه و زهکشی مناسب و افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک برخوردار بوده و می‌تواند مواد غذایی را در مقادیر کافی به محلول خاک اضافه کرده که به راحتی توسط گیاه قابل جذب می‌باشند (Sangwan et al., 2008; Atiyeh et al., 2000). از سوی دیگر، کودهای آلی از طریق افزایش ظرفیت بافری و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و همچنین کاهش تثبیت عناصر غذایی اصلی به ویژه فسفر، شرایط بهتری را برای توسعه ریشه و رشد اندام هوایی گیاه ایجاد می‌کنند (Yu et al., 2015).

بالاترین مقادیر عملکرد دانه سنبليله از کرت‌هایی بدست آمد که تحت سیستم کشت خالص قرار داشته و با کود شیمیایی تغذیه شده بودند. نیتروژن از طریق افزایش رشد رویشی، افزایش سطح برگ و تجمع ماده خشک و فسفر با تسریع در رشد و رسیدگی و همچنین ارتقاء اجزای عملکرد گیاه حصول عملکرد دانه بالاتری را موجب شده‌اند (Akbarinia et al., 2003). براساس نتایج بدست آمده، تیمار ورمی‌کمپوست در سیستم کشت خالص عملکرد دانه برابر و بدون اختلاف معنی‌دار در مقایسه با کود شیمیایی حاصل کرد. محققان دیگری نیز به تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست بر افزایش عملکرد گیاه سنبليله اشاره کرده و چنین بیان کرده‌اند که نیتروژن موجود در این کود بیشتر به

صفت در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و کشت خالص بدست آمد که بیانگر این مطلب است که در کشت مخلوط افزایشی شدت یافتن رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای و در کشت خالص تشدید رقابت درون گونه‌ای موجب فشار بر گیاه برای تولید اندام‌های زایشی شده که گیاه برای تطابق با شرایط موجود، تعداد غلاف خود را کاهش داده است (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014).

تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه و شاخص برداشت سنبليله واکنش معنی‌داری به تیمارهای کودی و الگوی کشت نشان نداد. این نتایج می‌تواند تأییدکننده این موضوع باشد که این صفات بیشتر تحت تأثیر صفات ژنتیکی گیاه هستند و کمتر تحت تأثیر محیط و عوامل مدیریتی کشت گیاه قرار می‌گیرند (Azarnia et al., 2015).

بیشترین عملکرد علوفه خشک سنبليله در نتیجه کشت خالص آن در شرایط کوددهی شیمیایی حاصل شد که علت اصلی آن بالاتر بودن تعداد بوته در واحد سطح و بالطبع زیست‌توده بیشتر گیاه در واحد سطح و اثرهای مثبت کود شیمیایی در افزایش سطح برگ، جذب عناصر غذایی، افزایش سرعت رشد رویشی و در نهایت افزایش تجمع ماده خشک در این گیاه است (Kiani et al., 2014). کمترین عملکرد علوفه نیز از الگوی کشت ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ سنبليله در شرایط عدم کوددهی حاصل شد که علت پایین بودن قابل توجه عملکرد علوفه خشک سنبليله در این تیمار در درجه اول کاهش تراکم و سطح برداشت و در درجه دوم افزایش اثرهای رقابتی گونه دیگر بر سنبليله و کاهش رشد و تولید زیست‌توده آن در شرایط کمبود عناصر غذایی می‌باشد (Bigonah, 2011). در طی پژوهش دیگری نیز که به مقایسه کشت خالص و مخلوط سنبليله با گیاه جو پرداخته شد، گزارش گردید که بیشترین عملکرد علوفه خشک سنبليله از تک‌کشتی این محصول و کمترین عملکرد از کشت مخلوط ۷۵٪ جو و ۲۵٪ سنبليله بدست آمد (Ghanbari et al., 2017).

تغذیه آلی و شیمیایی بیشترین عملکرد بیولوژیک را در الگوی کشت خالص برای سنبليله حاصل کرد. بالاتر بودن

فیزیولوژیک اجزای مخلوط و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف، کارایی استفاده از زمین و منابع محیطی افزایش می‌یابد. همچنین، برتری کشت مخلوط افزایشی نشان‌دهنده این موضوع است که رقابت برون گونه‌ای هریک از گونه‌های گیاهی این آزمایش به مراتب از رقابت درون گونه‌ای کمتر بوده است (Javanmard *et al.*, 2015; Dehghanian *et al.*, 2020). شاخص غالب بودن در بیشتر تیمارها برای گیاه سیر مثبت بود که دلیل آن را می‌توان به ویژگی‌های خاص مورفولوژیکی گیاه سیر و توانایی اشغال فضا، سایه‌اندازی و بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی، استقرار و رشد اولیه سریع‌تر آن نسبت به شنبلیله مرتبط دانست (Sharifi *et al.*, 2006; Jamshidi *et al.*, 2008; Nakhzari Moghaddam, 2016). در اغلب پژوهش‌های کشت مخلوط بقولات و غیربقولات، بقولات گونه مغلوب و گونه دیگری غالب بوده است (Hamzeie, 2012).

ارزیابی شاخص مزیت پولی نشان‌دهنده مزیت اقتصادی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص دو گیاه سیر و شنبلیله بود که مشخص‌کننده استفاده مطلوب‌تر از منابع محیطی موجود به‌ویژه نور، آب و مواد غذایی و همچنین کنترل بهتر علف‌های هرز در سیستم کشت مخلوط است (Ahmadi *et al.*, 2009; Agegnehu *et al.*, 2006). اعداد این شاخص در الگوی کشت مخلوط افزایشی و تحت انواع سیستم‌های تغذیه منفی بود که نشان‌دهنده اُفت کارایی استفاده از منابع محیطی و افزایش رقابت بین دو گونه بوده است (Ahmadi *et al.*, 2009). به‌طور کلی، مثبت و منفی شدن سودمندی اقتصادی سیستم‌های کشت مخلوط اغلب به دلیل اثر عوامل مورفولوژیک و فیزیولوژیک، نیازهای غذایی و نحوه استفاده هر گونه از منابع محیطی و همچنین اختلاف قیمت تجاری گونه‌های گیاهی می‌باشد (Dhima *et al.*, 2007; Bagheri Shirvan *et al.*, 2012). نتایج این پژوهش نشان‌دهنده بالاتر بودن میزان سودمندی اقتصادی کشت مخلوط در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی نسبت به تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی است که با نتایج آزمایشی که در مورد الگوهای مختلف کشت مخلوط

صورت شکل نیترا تی بوده که در مقایسه با شکل آمونیومی با کارایی بیشتری توسط گیاه جذب می‌شود. نویسندگان اثرهای مثبت کاربرد ورمی‌کمپوست در بهبود ساختمان خاک و قابلیت نگهداری آب در خاک و همچنین هورمون‌های گیاهی موجود در آن مانند اکسین، سیتوکینین و جیبرلین که باعث بهبود متابولیسم گیاه می‌شوند را از دلایل عمده افزایش عملکرد شنبلیله در اثر مصرف ورمی‌کمپوست بیان کردند (Kargar & Mortazaeinejhad, 2016).

درصد اسانس بذر شنبلیله در نتیجه استفاده از کودهای آلی و شیمیایی نسبت به عدم مصرف کود افزایش معنی‌داری داشت که نشان می‌دهد تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از طریق این کودها با بهبود بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه و افزایش تقسیم سلولی و تولید سلول‌های ذخیره‌ای اسانس، افزایش محتوای مواد مؤثره را در پی داشته است (Omidbeygi, 2006). اجرای سیستم کشت مخلوط جایگزینی نسبت به کشت خالص بهبود تولید اسانس در بذر شنبلیله را دربر داشت که در این میان، گیاهان کشت شده با نسبت کاشت کمتر شنبلیله درصد اسانس بیشتری را نشان دادند که احتمالاً دلیل آن کاهش تراکم گیاه و در نتیجه کاهش رقابت درون گونه‌ای بوده است. در حالی که کمترین درصد اسانس بذر شنبلیله از تیمار کشت مخلوط افزایشی بدست آمد که نشان می‌دهد افزایش تراکم گیاه در این الگوی کشت در نتیجه تشدید رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای اثرهای منفی در تولید اسانس داشته است. البته، نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققان گزارش شده است (Mosapour *et al.*, 2015).

بررسی نتایج نسبت برابری زمین جزئی هر گونه نشان‌دهنده بالاتر بودن متوسط این شاخص برای سیر نسبت به شنبلیله در اغلب تیمارها است که مشخص می‌کند گیاه سیر در کشت مخلوط اثر مثبت بیشتری در مقایسه با شنبلیله دریافت کرده است که تأییدکننده مزیت گیاه شنبلیله به‌عنوان یک گونه حاصلخیزکننده خاک برای گیاه سیر است. شاخص کل نیز در تمامی تیمارها بیشتر از ۱ شد که بیانگر آن است که در این الگوهای کشت به علت اختلافات مورفولوژیک و

- Vermicomposts on field strawberries: Part 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*, 93(2): 145-153.
- Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D. and Shuster, W., 2000. Effect of vermicomposts and composts in horticultural container media and soil. *Pedo Biologia*, 44: 579-590.
  - Azarnia, M., Safikhani, S. and Biabani, A., 2015. The effect of bio-fertilizer on crops yield, sustainable agriculture and organic farming. *Journal of Biosafety*, 8(2): 85-97.
  - Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Akbarpour, V. and Asadi, G.A., 2012. Evaluation of yield advantage and economic productivity of soybean (*Glycine max* L.) intercropping with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Agroecology*, 2(2): 42-57.
  - Banik, P. and Sharma, R.C., 2009. Yield and resource utilization efficiency in baby corn-legume-intercropping system in the eastern plateau of India. *Journal of Sustainable Agriculture*, 33: 379-395.
  - Bedoussac, L., Journet, E.P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E.S., Prieur, L. and Justes, E., 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35: 911-935.
  - Bigonah, R., 2011. Effect of fenugreek and cardamom on quality and quantity forage in intercropping system. M.Sc. thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
  - Darzi, M.T., Hadjseyed Hadi, M.R. and Rejali, F., 2010. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 26(4): 452-467.
  - Dehghanian, H., Barmaki, M., Dabbagh Mohammadi Nassab, A. and Seifdavati, J., 2020. Forage yield and relay intercropping advantage of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) and annual cereals at different cropping patterns. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(1): 41-56.
  - Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B. and Dordas, C.A., 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research*, 100: 249-256.
  - Duchene, O., Vian, J.F. and Celette, F., 2017. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 240: 148-161.
  - Esmaeelian, Y., Amiri, M.B., Askari Naeni, S., Moradi Sadr, J. and Heidari Amale, F., 2018. Effect

جایگزینی و افزایشی جو و ماشک گل خوشه‌ای انجام شده است، مطابقت دارد (Ahmadi *et al.*, 2009).

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان‌دهنده مزیت زراعی و اقتصادی الگوی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی و همچنین ارجح بودن سیستم تغذیه آلی نسبت به شیمیایی در زراعت گیاهان سیر و شنبلیله است. بنابراین، اگرچه نسبت اجزای کشت مخلوط با توجه به هدف کشاورز از انتخاب گیاه اصلی و ارزش تجاری محصولات می‌تواند متفاوت باشد؛ اما اجرای سیستم کشت مخلوط با نسبت‌های ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ سیر و شنبلیله با کوددهی توسط ورمی‌کمپوست در شرایط اقلیمی و خاکی مشابه با محل آزمایش، قابل توصیه است.

## References

- Agegnehu, G., Ghizaw, A. and Sinebo, W., 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*, 25: 202-207.
- Ahmadi, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R. and Janmohammadi, H., 2009. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 20(4): 77-87.
- Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahshar, B., Haydari, M., Ramroodi, M. and Mousavinik, S.M., 2011. Study of chamomiles yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers usage and their residue. *Journal of Microbiology and Antimicrobials*, 3(2): 23-28.
- Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidcon, F., Rezaee, M.B. and Sharifi, A., 2003. Study on the effect of different rates of chemical fertilizer, manure and mixture of them on seed yield and main, compositions of essential oil of ajowan (*Trachyspermum copticum*). *Pajouhesh and Sazandegi*, 61: 32-41.
- Alizad, L., Aghaei, A. and Mostafavirad, M., 2018. Effect of chemical, organic and biological fertilizers on growth and physiological characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) in Guilan province. *Journal of Plant Production Research*, 25(3): 55-68.
- Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R. and Maggi, F., 2018. Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. *Industrial Crops and Products*, 111: 743-754.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D., 2004. Influences of

- Lithourgidis, A., Dordas, C., Damalas, C. and Vlachostergios, D., 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal of Crop Science*, 5: 396-410.
- Marastoni, L., Sandri, M., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Brunetto, G., Cesco, S. and Mimmo, T., 2019. Synergism and antagonisms between nutrients induced by copper toxicity in grapevine rootstocks: monocropping vs. intercropping. *Chemosphere*, 214: 563-578.
- Mardani, F., Balouchi, H., Yadavi, A. and Salehi, A., 2015. Effect of row intercropping patterns on yield, yield components, and weed control of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(3): 623-636.
- Mosapour, H., Ghanbari, A. and Asgharipour, M., 2015. Effects of intercropping proportion on the quantity and quality of essential oil in isabgol and ajwain. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(3): 1-13.
- Nakhzari Moghaddam, A., 2016. The effects of nitrogen levels and intercropping pattern on forage yield and competition indices of barley (*Hordeum vulgare*) and pea (*Pisum sativum*). *Journal of Crop production*, 9(1): 199-214.
- Omidbeygi, R., 2006. *Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. 1)*. Behnashr Publication, Mashhad, 397p.
- Pez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R.J., Castillo, J.E. and Lopez-Bellido, F.J., 2004. Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat: I. Biomass and seed yield. *Field Crops Research*, 88: 191-200.
- Rahimi, M.M. and Hashemi, A.R., 2016. Yield and yield components of vetch (*Vigna radiata*) as affected by the use of vermicompost and phosphate bio-fertilizer. *Journal of Crop Ecophysiology*, 10(2): 529-540.
- Rezaei-Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M. and Fotuhi Chiyaneh, S., 2014. Yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 24(4): 1-15.
- Rezaei-Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Jamali, M. and Ghiyasi, M., 2016. Evaluation of yield and indices advantages at different intercropping patterns of dill (*Anethum graveolens* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Agricultural Crop Management*, 8(1): 15-27.
- Safikhani Nasimi, N., Adavi, Z. and Mansourifar, C., 2019. Effects of different urea and vermicompost rates on yield and essential oil contents of two dill of plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of garlic medicinal plant (*Allium sativum* L.) under the conditions of different organic and chemical fertilizers application. *Journal of Horticultural Science*, 31(4): 722-738.
- Farid, M. and Navabi, A., 2015. N<sub>2</sub> fixation ability of different dry bean genotypes. *Canadian Journal of Plant Science*, 95: 1243-1257.
- Gangwar, K.S., Singh, K.K., Sharma, S.K. and Tomar, O.K., 2006. Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. *Soil and Tillage Research*, 88: 242-252.
- Ghanbari, S., Moradi Telavat, M. and Siadat, S.A., 2017. Evaluation of competitive indices in barley intercropped with fenugreek under manure applications. *Journal of Crops Improvement*, 18(4): 821-834.
- Ghosh, P.K., 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping system in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*, 88: 227-237.
- Gliessman, S.R., 1998. *Agroecology: Ecological Process in Sustainable Agriculture*. Ann Arbor Press, Michigan, 252p.
- Hamzeie, J., 2012. Performance evaluation index SPAD, land use efficiency and productivity index barley (*Hordeum vulgare*) and bitter vetch (*Vicia errilia*) intercropping system. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(4): 79-91.
- Jamshidi, K.H., Mazaheri, D., Majnoun Hosseini, N., Rahimian, H. and Peyghambari, S.A., 2008. Evaluation of yield in intercropping of maize and cowpea. *Pajouhesh and Sazandehi*, 80: 110-118.
- Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Nasiri, Y. and Shekari, F., 2015. Evaluation of forage yield and some advantage indices in maize-legume intercropping as double cropping. *Journal of Crop Production and Processing*, 12: 39-52.
- Kargar, N. and Mortazaeinejad, F., 2016. Evaluating the amount of trigonelline and growth factors on the medium reinforced with vermicompost and chemical fertilizer in Iranian fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 32(5): 868-879.
- Kiani, S., Siadat, S.A., Moradi Telavat, M.R., Abdali Mashhadi, A.R. and Sare, M., 2014. Effect of nitrogen rates on yield and quality of forage in intercropping of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fennel (*Foeniculum vulgare* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(2): 77-90.
- Kumar, R. and Tripathi, Y.C., 2011. *Training manual on extraction technology of natural dyes & aroma therapy and cultivation value addition of medicinal plants*. Chemistry Division, Forest Research Institute, Dehra Dun, India, 51p.

- resource use efficiency in arecanut (*Areca catechu* L.) plantation in India. *Industrial Crops and Products*, 33: 78-83.
- Suthar, S., 2009. Vermicomposting of vegetable market solid waste using *Eisenia foetida*: Impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. *Ecological Engineering*, 35: 914-920.
  - Vafadar-Yengeje, L., Amini, R. and Dabbagh Mohammadi Nasab, A., 2019. Chemical compositions and yield of essential oil of Moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.) under different fertilizers application. *Journal of Cleaner Production*, 239: 1-10.
  - Yaseen, M., Singh, M. and Ram, D., 2014. Growth, yield and economics of vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash) under intercropping system. *Industrial Crops and Products*, 61: 417-421.
  - Yu, Y., Stomph, T.J., Makowski, D. and van der Werf, W., 2015. Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 184: 133-144.
  - Zandi, P., Shirani Rad, A.H., Daneshian, J. and Bazrkar Khatibani, L., 2013. Evaluation of nitrogen fertilizer and plant density effects on yield and yield components of fenugreek in double cropping. *Journal of Plant Productions*, 35(4): 91-91.
  - (*Anethum graveolens* L.) cultivars. *Journal of Plant Ecophysiology*, 11(39): 21-33.
  - Sangwan, P., Kaushik, C.P. and Garg, V.K., 2008. Vermiconversion of industrial sludge for recycling the nutrients. *Bioresource Technology*, 99: 8699-8704.
  - Savci, S., 2012. Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. *APCBEE Procedia*, 1: 287-292.
  - Sharifi, Y., Aghaalikhani, M., Modares Sanavi, A.M. and Sorooshzadeh, A., 2006. Effect of interference proportion and density on foliage production in intercropping of sorghum (*Sorghum bicolor*) with cowpea (*Vigna unguiculata*). *Iranian Journal of Agronomy Sciences*, 37(2): 363-370.
  - Shrimal, P. and Khan, T.I., 2017. Studies on the effects of vermicompost on growth parameters and chlorophyll content of bengal gram (*Cicer arietinum* L.) var. RSG-896. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 11: 12-16.
  - Siddiqui, Y., Islam, T.M., Naidu, Y. and Meon, S., 2011. The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica* (L.) urban. *Scientia Horticulture*, 130: 289-295.
  - Sujatha, S., Bhat, R., Kannan, C. and Balasimha, D., 2011. Impact of intercropping of medicinal and aromatic plants with organic farming approach on



## Evaluation of quantitative, qualitative, and economic aspects of garlic (*Allium sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) intercropping under organic and chemical nutrition systems

Y. Esmailian<sup>1\*</sup> and A. Jalali<sup>2</sup>

1\*- Corresponding author, Department of Agriculture, University of Gonabad, Gonabad, Iran

E-mail: y.esmailian@gonabad.ac.ir

2- Ph.D. student, Department of Agronomy, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University (SANRU), Sari, Iran

Received: June 2021

Revised: February 2022

Accepted: February 2022

### Abstract

This experiment was conducted as split-plot in a randomized complete block design with three replications at the research farm of University of Gonabad in the 2017-18 crop year. The main plot included control, chemical fertilizer (100, 120, and 150 kg.ha<sup>-1</sup> urea, triple superphosphate, and potassium sulphate, respectively), and vermicompost (10 t.ha<sup>-1</sup>) and sub-plot consisted of garlic (*Allium sativum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) intercropping in 25:75, 50:50, 75:25, and 100:100 proportions and sole cropping of two crops. The results showed that the highest number and bulblet length was obtained in the chemical fertilizer treatment, however there was no significant difference between this treatment and vermicompost. While, the vermicompost treatment resulted in the highest bulblet diameter. The highest bulblet number was obtained in the 50:50 intercropping treatment and the highest length and bulblet diameter was obtained in the 25:75 one. The highest biological yield and bulb yield (3867 and 2293 kg.ha<sup>-1</sup>) was obtained in the sole cropping of garlic and chemical fertilizer treatment. The highest garlic essential oil was obtained in the vermicompost (2.33%) and 50:50 intercropping (2.36%) treatments. The plant height and number of pods per plant in fenugreek had the highest increase (30 and 21%, respectively) in the chemical nutrition treatment. Also, the highest number of pods per plant was obtained in the 25:75 intercropping treatment. The highest forage and seed yield of fenugreek (2057 and 682 kg.ha<sup>-1</sup>, respectively) was observed in the sole cropping and chemical fertilizer treatment. The biological yield was higher in the chemical (2800 kg.ha<sup>-1</sup>) and organic (2733 kg.ha<sup>-1</sup>) fertilizer treatments under sole cropping. The highest essential oil of fenugreek seeds was observed in the chemical fertilizer (1.16%) and 75:25 intercropping (1.12%) treatments. The intercropping patterns recorded the land equivalent ratios above 1 and the best situation was obtained from 100:100 intercropping. Garlic was superior to fenugreek in the intercropping treatments except for 100:100 pattern. The intercropping advantage was greater than 1 except for the 100:100 treatment and the highest economic advantage was obtained in the 25:75 pattern and organic fertilizer treatment.

**Keywords:** Cropping pattern, economic advantage, nutrition system, aggressivity, land equivalent ratio.