

Evaluation of the Agronomic and Economic Characteristics of Garlic and Fenugreek Intercropping under Various Nutrition Systems

Mohammad Reza Naghavi* and Abolfazl Tavassoli

Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran

* Corresponding author, Email: mr_naghavi@pnu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: The use of organic fertilizers, in addition to reducing the use of chemical fertilizers, can also play an important role in environmental health. It is important to investigating the various ecological and economic aspects of intercropping plants using different fertilizers. This experiment was conducted to compare the agronomic and economic characteristics of pure and mixed cropping patterns of garlic and fenugreek under organic and chemical nutrition conditions.

Methods: This experiment was conducted out as a split-plot based on randomized complete blocks design with three replications at Research Farm of the Faculty of Agriculture of Shirvan, Iran, during 2021-22 growing season. The main factor was the control, chemical fertilizer and compost, and the secondary factor included pure cultivation of garlic and fenugreek, mixed cultivation of 25% garlic with 75% fenugreek, 50% garlic with 50% fenugreek, and 75% garlic with 75% fenugreek.

Results: The use of compost fertilizer resulted in the highest percentage of essential oil in garlic and fenugreek (2.53% and 1.19%), respectively, and plants that did not receive fertilizer showed the lowest percentage of essential oil in garlic and fenugreek with amounts of 1.99% and 0.89%, respectively. Plants fed with compost and chemical fertilizers under pure cultivation conditions had the highest dry forage yield, biological yield, and grain yield. On the other hand, the highest economic benefit was obtained from the intercropping pattern, so that the highest economic benefit belonged to the intercropping treatment of 75% garlic and 25% fenugreek (F_3C_5) under compost fertilization conditions.

Conclusion: The results of this study showed the agronomic and economic advantages of intercropping pattern over monocropping and organic nutrition system over chemical in garlic and fenugreek cultivation. Overall, implementing intercropping system with ratios of 75% garlic with 25% fenugreek and 50% garlic with 50% fenugreek with fertilization was more suitable.

Keywords: Chemical, Essential oil, Advantage, Land equivalent ratio, Organic.

بررسی ویژگی‌های زراعی و اقتصادی کشت مخلوط سیر و شنبلیله در سیستم‌های تغذیه مختلف

محمدرضا نقوی* و ابوالفضل توسلی

بخش کشاورزی دانشگاه پیام نور ایران
* نویسنده مسئول، پست الکترونیکی: mr_naghavi@pnu.ac.ir

چکیده

پیشینه پژوهش و هدف: استفاده از کودهای آلی علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی، می‌تواند نقش مهمی در سلامت محیط زیست نیز داشته باشد. بررسی ابعاد مختلف اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط گیاهان تحت استفاده از کودهای مختلف دارای اهمیت است. این آزمایش با هدف مقایسه ویژگی‌های زراعی و اقتصادی الگوهای کشت خالص و مخلوط دو گیاه سیر و شنبلیله، تحت شرایط تغذیه آلی و شیمیایی انجام شد. **روش‌ها:** این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شیروان اجرا شد. عامل اصلی به صورت شاهد، کود شیمیایی و کمپوست و عامل فرعی شامل کشت خالص سیر و شنبلیله، کشت مخلوط ۲۵ درصد سیر همراه با ۷۵ درصد شنبلیله، ۵۰ درصد سیر با ۵۰ درصد شنبلیله و ۷۵ درصد سیر با ۲۵ درصد شنبلیله بود. **نتایج:** استفاده از کمپوست منجر به بیشترین درصد اسانس سیر و شنبلیله به ترتیب (۲/۵۳٪) و (۱/۱۹٪) شد و گیاهانی که کود دریافت نکردند، کمترین درصد اسانس سیر و شنبلیله را به ترتیب با مقادیر ۱/۹۹ و ۰/۸۹ درصد نشان دادند. گیاهانی که در شرایط کشت خالص با کود کمپوست و شیمیایی تغذیه شده بودند، بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را داشتند. از طرف دیگر، بیشترین مزیت اقتصادی از الگوی کشت مخلوط حاصل شد، به طوری که بیشترین مزیت اقتصادی متعلق به کشت مخلوط ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله (F_3C_5) در شرایط تغذیه با کود کمپوست بود.

نتیجه‌گیری کلی: نتایج این پژوهش نشان‌دهنده مزیت زراعی و اقتصادی الگوی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی و سیستم تغذیه آلی نسبت به شیمیایی در کشت گیاهان سیر و شنبلیله بود. در مجموع، اجرای سیستم کشت مخلوط با نسبت‌های ۷۵ درصد سیر همراه با ۲۵ درصد شنبلیله و ۵۰ درصد سیر با ۵۰ درصد شنبلیله با کوددهی کمپوست مناسب‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: آلی، اسانس، سودمندی، شیمیایی، نسبت معادل (هم ارزی) زمین.

۱- مقدمه

سیر *Allium sativum* گیاهی چندساله علفی از خانواده *Liliaceae* بوده که از نظر تولید جهانی در بین گیاهان پیازی پس از پیاز خوراکی رتبه دوم را به خود اختصاص داده است. این گیاه یکی از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته شده‌ای که خاصیت ضدباکتریایی، ضدسرطانی، ضدالتهابی و آنتی‌اکسیدانی از جمله مواد غذایی، دارویی با خواص اعجاب‌انگیز شناخته شده در جهان است. سیر دارای طبیعت گرم و خشک بوده و مهمترین ترکیب سیر که خاصیت آنتی‌بیوتیکی دارد، آلیسین است که سبب تندی و طعم گزنده سیر می‌شود. این ترکیب حدود یک و نیم درصد از وزن گیاه را تشکیل می‌دهد و عامل اصلی بوی آن است. استفاده از این گیاه دارویی برای کاهش کلسترول خون، تنظیم فشار خون، درمان ناراحتی قلبی و عروقی، سرماخوردگی و آنفولانزا توصیه شده است (Alizad et al., 2018). همچنین گیاه شنبلیله با نام علمی *Trigonella foenum-graceum* به خانواده *Leguminosea* تعلق دارد. شنبلیله گیاهی علفی، یک ساله، ایستاده، تقریباً بدون کرک و دارای ساقه‌ی راست، تو خالی و برگدار است. نام این گیاه از کلمه یونانی *Trigonou* به معنای مثلث، که به مثلی بودن شکل برگچه‌ها اشاره دارد. برگ‌ها و دانه‌های شنبلیله علاوه بر کاربردهای دارویی (ضد دیابت، کاهنده کلسترول خون، ضد سرطان و ضد میکروب) برای اهداف متفاوتی از جمله در تهیه غذا و رنگ‌ها استفاده می‌شود. این گیاه دارای خاصیت گشادکنندگی عروق خونی می‌باشد و مانع از بروز سکته قلبی می‌شود و اسید نیکوتینیک یا نیاسین موجود در این گیاه از بیماری پلاگر جلوگیری می‌کند (Ghoroori, et al., 2023).

در روش تک کشتی 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 صورت می‌پذیرد. حفظ و گسترش چنین سیستم‌های کشتی علاوه بر کاهش تنوع زیستی، کاهش ماده آلی و کیفیت فیزیکی و شیمیایی خاک، مخاطرات زیست محیطی زیادی (بویژه 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 واسطه محافظت از گیاه در برابر انواع تنش‌های زیستی و غیر زیستی و افزایش بهره‌وری و سودمندی بوم نظام کشاورزی است که از طریق اجرای سیستم کشت مخلوط محقق می‌شود (Shafagh-Kolvanagh, 2025). در این میان، اجرای سیستم کشت مخلوط که یکی از گونه‌های گیاهی آن گیاهان تثبیت کننده بیولوژیکی عناصر باشد می‌تواند نقش مؤثری در بهره‌وری استفاده از منابع محیطی به-خصوص عناصر غذایی داشته و بهره‌وری کل سیستم تولید فراورده‌های کشاورزی و درآمد مزرعه را افزایش دهد (Amani Machiani et al., 2018). 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 کشت مخلوط می‌توان به مدیریت بهتر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، کاهش هدر روی آب و کنترل فرسایش خاک و پایداری 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 کوتاه مدت ممکن است منجر به افزایش عملکرد و درآمد مزرعه شود، اما در بلند مدت و در صورت عدم مدیریت مصرف این کودها با مخاطرات و مسائلی همچون 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 بوم نظام کشاورزی مواجه خواهیم شد (Ahmadian et al., 2011). افزایش نگرانی‌ها در ارتباط با اثرات نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط زیست و هزینه‌های آشکار و نهان کشاورزی متداول در

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی واکنش دو گیاه سیر و شنبلیله به شیوه کشت مخلوط و نوع تغذیه کودی، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی شیروان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام شد. محل آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۹۳ دقیقه با ارتفاع ۱۰۹۷ متری از سطح دریا قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالانه آن ۲۴۱/۳ میلی متر و میانگین درجه حرارت ۱۴/۵ درجه سانتی گراد است. عامل اصلی آزمایش شامل سه سطح تغذیه: شاهد (عدم کوددهی)، کود شیمیایی NPK و کمپوست، و عامل فرعی به- صورت: کشت خالص سیر، کشت خالص شنبلیله، کشت مخلوط ۲۵ درصد سیر و ۷۵ درصد شنبلیله، ۵۰ درصد سیر و ۵۰ درصد شنبلیله، ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله در سه تکرار بود. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش مربوط به عمق ۰-۳۰ سانتی متر و کمپوست مورد استفاده که از پنج نمونه تصادفی بدست آمد، در جدول های ۱ و ۲ آورده شده است.

با توجه به نتایج آزمایش کمپوست مورد استفاده و خاک به- ترتیب تیمار کود آلی براساس ۱۰ تن در هکتار کمپوست 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 سانتی متری در خاک کرت های مربوط به تیمارهای آزمایش اعمال شد. هر کرت شامل هشت ردیف کشت به طول دو متر و با فواصل ۵۰ سانتی متر بین ردیف بود. فاصله بین کرت ها یک متر و بین بلوک ها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. در نیمه آبان ۱۴۰۰، سوخ های سیر با فاصله ۱۰ سانتی-متر روی ردیف در عمق ۱۰ سانتی متری خاک و بذور شنبلیله با فاصله پنج سانتی متر روی ردیف با عمق کشت دو سانتی متر بر اساس الگوی کشت ارائه شده (شکل ۱) کشت شدند. آبیاری کرت ها به روش سطحی بلافاصله پس از کشت صورت گرفت. به منظور سهولت در سبز شدن گیاهان، عملیات آبیاری دوم با فاصله چهار روز انجام گرفت. تا اول فروردین پنج مرحله آبیاری

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 در جهت حفظ سلامت و پایداری اکوسیستم های کشاورزی اهمیت دوچندان یافته است و با توجه به اینکه کود کمپوست در نتیجه فراوری ضایعات و پسماندهای آلی تولید می شود، می تواند علاوه بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی، در پاکسازی و حفظ سلامت محیط زیست نیز نقش مهمی داشته باشد (Vafadar-Yengeje et al., 2019). گزارش شده است که کاربرد کمپوست آثار مثبت و معنی داری در رشد و عملکرد انواع فراورده های زراعی و باغی دارد. البته محتوای عناصر غذایی این کود آلی بسته به نوع مواد خام بکار رفته می تواند بسیار متغیر باشد و بر همین اساس تأثیر آن بر گیاهان مختلف می تواند متفاوت باشد (Shrimal and Khan, 2017).

در مجموع، به دلیل مشکلات ناشی از افزایش مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و خطرات زیست محیطی مرتبط با مصرف غیر اصولی این کودها زمینه های توجه بیشتر به مدیریت تلفیقی در کشاورزی پایدار را فراهم کرده است. یک کشاورزی موفق با تلفیقی از روش های نوین و سنتی می تواند از عوامل تولید حداکثر استفاده را نموده و نیازهای غذایی جمعیت در حال رشد را مرتفع سازد. استفاده از کودهای آلی در سیستم های کشت مخلوط احتمال موفقیت سیستم های تلفیقی را افزایش می دهد. چنین به نظر می رسد که با بهره گیری از کودهای آلی در کشت مخلوط ضمن افزایش حاصل خیزی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می توان انتظار افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان را نیز در این سیستم داشت (Mahdavi Maraj et al., 2015). با توجه به ضرورت ارزیابی اصول مدیریتی کشاورزی پایدار در زراعت گیاهان و ابعاد مختلف اکولوژیک و اقتصادی کشت مخلوط، این آزمایش با هدف مقایسه زراعی و اقتصادی الگوهای کشت خالص و مخلوط دو گیاه سیر و شنبلیله تحت شرایط تغذیه آلی و شیمیایی اجرا شد.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک کشت مخلوط سیر و شنبلیله در شیروان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

Table 1. Soil analysis results of garlic and fenugreek intercropping in Shirvan, Iran in the crop year of 2011-2012

بافت	اسیدیته	شوری	پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	نیترژن کل	کربن آلی	رس	سیلت	شن
Texture	Acidity	Salinity	Absorptive Potassium	Absorptive phosphorus	Total nitrogen	Organic carbon	clay	silt	sandy
		(dS m ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)			(%)			
لومی-شنی Loamy sand	7.6	3.1	99	8.1	0.022	0.23	4.5	45.7	49.8

جدول ۲. نتایج تجزیه کود کمپوست استفاده شده در کشت مخلوط سیر و شنبلیله در شیروان در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱

Table 2. Results of compost analysis used in mixed cultivation of garlic and fenugreek in Shirvan, Iran in the crop year of 2011-2012

کربن آلی	آمونیم	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	آهن	روی	مس	شوری	اسیدیته
Organic carbon	NH ₄ ⁺	phosphorus	potassium	calcium	magnesium	Fe	Zn	Cu	salinity	Acidity
		(%)			(mg kg ⁻¹)				(dS m ⁻¹)	
30.12	0.04	2.89	1.05	3.38	1.16	2189	142	35	8.01	7.99

F3					F1					F2				
C2	C3	C1	C5	C4	C1	C2	C3	C4	C5	C5	C1	C4	C3	C2
F2					F3					F1				
C2	C5	C4	C1	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C3	C4	C5	C1	C2
F1					F2					F3				
C5	C1	C2	C3	C4	C2	C3	C4	C5	C1	C1	C5	C3	C2	C4

شکل ۱. نقشه کشت در آزمایش کشت سیر و شنبلیله

F1, F2 و F3 به ترتیب: شاهد (عدم مصرف کود)، کود شیمیایی، کمپوست؛ C1, C2, C3, C4 و C5 به ترتیب: کشت خالص سیر، کشت خالص

شنبلیله، کشت مخلوط با نسبت ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سیر و شنبلیله

Figure 1-culture plan in garlic and fenugreek intercropping

F1, F2 and F3, respectively: control (no fertilizer application), chemical fertilizer, compost; C1, C2, C3, C4 and C5 respectively: pure garlic cultivation, pure fenugreek cultivation, mixed cultivation with a ratio of 75:25, 50:50 and 25:75 garlic and fenugreek

شد. در پایان دوره رشد و به منظور اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد، برداشت از دو متر مربع (هر کدام نیم متر مربع) وسط هر کرت صورت گرفت.

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 and Tripathi, 2011).

انجام گرفت و پس از آن با توجه به نیاز آبی گیاهان و شرایط منطقه، آبیاری با دور هفت روز تا قبل از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک گونه‌های گیاهی انجام شد.

جهت اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک شنبلیله، در مرحله گلدهی گیاهان، برداشت کل اندام هوایی گیاه از سطح نیم متر مربع هر کرت انجام گرفت. نمونه‌ها در هوای آزاد خشک شده و سپس وزن علوفه خشک هر کرت توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد و در نهایت به واحد کیلوگرم در هکتار تبدیل

و ارزش پولی گیاهان مخلوط، و P_g و P_f به ترتیب ارزش تجاری سیر و شنبلیله می باشد.

$$MAI = VCI \times \left[\frac{LER - 1}{LER} \right] \quad (6)$$

$$VCI = (Y_{gi} \times P_g) + (Y_{fi} \times P_f) \quad (7)$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بوته و شاخص برداشت سیر مشخص کرد 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). در حالی که اثر تیمار کودی بر روی ارتفاع گیاه شنبلیله اثر معنی‌داری نشان داد و بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کود آلی (F3) (۳۷/۹) و الگوی کشت مخلوط ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله (C5) (۳۳/۸) بود.

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 (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵)، بیشترین مقادیر تعداد سوخک در سوخ (۶/۵۲) از کاربرد کود آلی حاصل شد، اگرچه اختلاف معنی‌داری بین این تیمار و تیمار کود شیمیایی وجود نداشت. در بین تیمارهای الگوی کشت، بیشترین تعداد سوخک در سوخ (۷/۵۰) از الگوی کشت مخلوط ۷۵٪ سیر به همراه ۲۵٪ شنبلیله حاصل شد و پس از این تیمار، الگوی کشت مخلوط ۵۰٪ سیر و ۵۰٪ شنبلیله (۷/۴۴) سوخک در سوخ قرار گرفت. کمترین تعداد سوخک (۵/۹۳) در نتیجه اجرای کشت خالص سیر بدست آمد. بیشترین طول سوخک (۱۷/۸۸ میلی‌متر)

جهت ارزیابی سودمندی و مزیت زراعی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت معادل (هم ارزی) زمین طبق فرمول زیر استفاده شد (Gliessman, 1998). در فرمول زیر LER_g و LER_f به ترتیب نسبت معادل (هم ارزی) کل زمین، نسبت معادل (هم ارزی) زمین سیر و نسبت معادل (هم ارزی) زمین شنبلیله می‌باشد. همچنین 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.

$$LER = LER_g + LER_f \quad (1)$$

$$LER_g = \frac{Y_{gi}}{Y_g} \quad (2)$$

$$LER_f = \frac{Y_{fi}}{Y_f} \quad (3)$$

میزان رقابت نسبی بین دو محصول با استفاده از شاخص غالبیت (A^1) از طریق معادله زیر محاسبه شد (Dhima et al., 2007):

$$A_{gf} = \left[\frac{Y_{gi}}{Y_g \times Z_{gi}} - \frac{Y_{fi}}{Y_f \times Z_{fi}} \right] \quad (4)$$

$$A_{fg} = \left[\frac{Y_{fi}}{Y_f \times Z_{fi}} - \frac{Y_{gi}}{Y_g \times Z_{gi}} \right] \quad (5)$$

که در معادله فوق، A_{fg} ، A_{gf} ، 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 می‌باشد. در مجموع شاخص غالبیت برای بررسی رابطه رقابتی میان دو گونه طراحی شده است و این شاخص نشان می‌دهد که افزایش نسبی عملکرد یک محصول تا چه اندازه بیشتر از دیگری است. بنابراین این شاخص متمرکز بر این است که مشخص کند کدام محصول «تهاجمی» (غالب) و کدام محصول «مغلوب» است.

شاخص مزیت پولی به منظور ارزیابی مزیت اقتصادی سیستم کشت مخلوط با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Ghosh, 2004) که در آن MAI^2 و VCI^3 به ترتیب شاخص مزیت پولی

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

Table 3. Results of variance analysis of yield, yield components and garlic essential oil content under the influence of nutrition system and cropping pattern

میانگین مربعات (Mean of squares)								درجه آزادی	منابع تغییرات
اسانس سوخک	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک	عملکرد سوخ	قطر سوخک	طول سوخک	سوخک در سوخ	ارتفاع بوته		
Bulblet essential oil	harvest index	Biological yield	Bulb yield	diameter Bulblet	length Bulb	Bulblet in bulb	Plant height	Degree of freedom	Sources of variation
0.0009 ^{ns}	19.2 ^{ns}	78771 ^{ns}	81957 ^{ns}	0.87 ^{ns}	0.98 ^{ns}	0.08 ^{ns}	7.98 ^{ns}	2	تکرار Replication
0.41 ^{**}	28.4 ^{ns}	211087 ^{**}	199954 [*]	20.10 ^{**}	11.36 ^{**}	9.97 ^{**}	8.89 ^{ns}	2	کود Fertilizer
0.079	15.1	89048	78073	0.91	0.87	0.06	5.96	4	خطای اصلی main error
0.27 [*]	49.3 ^{ns}	48230958 ^{**}	20984569 ^{**}	2.14 [*]	31.79 ^{**}	6.09 [*]	2.43 ^{ns}	4	الگوی کشت Cultivation pattern
0.08 ^{ns}	28.2 ^{ns}	1190947 [*]	498731 [*]	0.93 ^{ns}	4.01 ^{ns}	2.01 ^{ns}	4.99 ^{ns}	8	اثر متقابل Interaction
0.07	37.1	389050	19478	0.70	3.77	2.13	6.01	24	خطای فرعی Sub main error
14.1	14.7	8.9	10.6	9.5	11.9	8.9	9.78	-	ضریب تغییرات (%)
									Coefficient of variation

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** are not significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

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

Table 5. Comparison of average traits of garlic and fenugreek plants under the influence of nutrition system and cropping pattern

شنبلیله fenugreek			سیر Garlic				
اسانس بذر (%) Seed essential oil (%)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	اسانس سوخک (%) Sokhk Essential Oil (%)	قطر سوخک (میلی متر) Bore diameter (mm)	طول سوخک (میلی متر) Bulb length (mm)	تعداد سوخک در سوخ Number of tubers in the tuber	تیمار Treatment
سیستم تغذیه Feeding system							
0.89 ^b	13.8 ^b	28.7 ^b	1.99 ^b	6.98 ^b	15.95 ^b	5.70 ^b	F ₁
1.05 ^a	15.9 ^{ab}	33.5 ^{ab}	2.21 ^{ab}	7.51 ^a	17.80 ^a	6.39 ^a	F ₂
1.19 ^a	17.2 ^a	37.9 ^a	2.53 ^a	8.29 ^a	17.88 ^a	6.52 ^a	F ₃
الگوی کشت Cultivation pattern							
-	-	-	2.01 ^b	7.80 ^b	17.2 ^c	5.93 ^c	C ₁
1.01 ^c	13.8 ^c	33.2 ^a	-	-	-	-	C ₂
1.04 ^{bc}	16.1 ^b	33.6 ^a	2.37 ^a	7.85 ^{ab}	17.0 ^c	6.98 ^{ab}	C ₃
1.15 ^b	16.8 ^b	33.7 ^a	2.39 ^a	8.09 ^a	18.3 ^b	7.44 ^a	C ₄
1.25 ^a	17.9 ^a	33.8 ^a	2.41 ^a	8.08 ^a	19.5 ^a	7.50 ^a	C ₅

تفاوت دو میانگین که حداقل در یک حرف مشترک هستند بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد (آزمون LSD)

F₁, F₂ و F₃ به ترتیب: شاهد (عدم مصرف کود)، کود شیمیایی، کمپوست؛ C₁, C₂, C₃ و C₄ و C₅ به ترتیب: کشت خالص سیر، کشت خالص شنبلیله، کشت مخلوط با نسبت ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سیر و شنبلیله

The difference between two means that common at least one letter indicates no significant difference at the 5% probability level (LSD test).

F₁, F₂ and F₃ respectively: control (no fertilizer application), chemical fertilizer, compost; C₁, C₂, C₃, C₄ and C₅ respectively: pure garlic cultivation, pure fenugreek cultivation, mixed cultivation with a ratio of 25:75, 50:50 and 75:25 garlic and fenugreek

ماده

در اثر کاربرد کود کمپوست حاصل شد، اگرچه اختلاف معنی - داری با تیمار کود شیمیایی نداشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد کشت مخلوط ۷۵٪ سیر به همراه ۲۵٪ شنبلیله بیشترین طول سوخک (۱۹/۵ میلی‌متر) را نشان داد و بعد از این تیمار، کشت خلوط ۵۰٪ سیر به همراه ۵۰٪ شنبلیله با طول سوخک ۱۸/۳ میلی‌متر قرار گرفت. کمترین طول سوخک (۱۷/۲ میلی‌متر) در کشت خالص سیر مشاهده شد (جدول ۵). در بین تیمارهای کودی، تیمار کمپوست موجب حصول بیشترین قطر سوخک (۸/۲۹ میلی‌متر) شد. تیمارهای کشت مخلوط ۵۰٪ سیر به همراه ۵۰٪ شنبلیله و کشت مخلوط ۷۵٪ سیر و ۲۵٪ شنبلیله بیشترین افزایش قطر سوخک (به ترتیب ۸/۰۹ و ۸/۰۸ میلی‌متر) را حاصل کردند و کمترین قطر سوخک (۷/۸۰ میلی‌متر) در تیمار کشت خالص سیر بدست آمد (جدول ۵).

اثر عوامل اصلی و فرعی آزمایش و همچنین برهمکنش آنها بر عملکرد سوخ و عملکرد بیولوژیک سیر معنی‌دار شد (جدول ۳). همان‌طور که در جدول ۶ مشخص است، بیشترین مقادیر عملکرد سوخ و عملکرد بیولوژیک در تیمار F_2C_1 و F_3C_1 حاصل شد. در حالی که کمترین عملکرد سوخ از تیمارهای عدم کوددهی و کود شیمیایی و کشت مخلوط ۲۵٪ سیر به همراه ۷۵٪ شنبلیله (F_2C_3 و F_1C_3) و برای عملکرد بیولوژیک از تیمارهای کودی مختلف و کشت مخلوط ۲۵٪ سیر به همراه ۷۵٪ شنبلیله (F_1C_3 ، F_2C_3 و F_3C_3) بدست آمد (جدول ۶).

تجزیه واریانس داده‌های آزمایش مشخص کرد درصد اسانس سوخک سیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کودهای آلی و شیمیایی و همچنین الگوهای کشت قرار گرفت، هرچند اثر متقابل عوامل آزمایش بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تیمار مصرف کمپوست بیشترین درصد اسانس سوخک سیر (۲/۵۳ درصد) را نشان داد و کود شیمیایی از نظر تأثیر بر بهبود این صفت (۲/۲۱ درصد) در رتبه بعدی قرار گرفت. با این وجود تنها مصرف کود کمپوست با تیمار عدم کوددهی (۱/۹۹) اختلاف معنی‌دار نشان داد. اجرای الگوی کشت با نسبت ۲۵:۷۵ سیر و شنبلیله موجب حصول بیشترین اسانس

سیر (۲/۴۱ درصد) شد و کمترین اسانس (۲/۰۱ درصد) از کشت خالص گیاه سیر بدست آمد (جدول ۵).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های ارتفاع بوته شنبلیله، بین تیمارهای کودی از نظر تأثیر بر این صفت اختلاف معنی‌داری وجود داشت. هرچند، اثر تیمارهای الگوی کشت و اثر متقابل کود در الگوی کشت بر صفت مذکور معنی‌دار نشد (جدول ۴). بیشترین ارتفاع بوته (۳۷/۹ سانتی‌متر) در نتیجه اعمال کود آلی حاصل شد و تیمار شیمیایی در رتبه بعد (ارتفاع بوته ۳۳/۵ سانتی‌متر) از نظر تأثیر بر این صفت قرار گرفت. همچنین در بین الگوهای کشت بیشترین ارتفاع شنبلیله (۳۳/۸ سانتی‌متر) از ترکیب ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله حاصل شد (جدول ۵). از طرف دیگر، 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 مورد تعداد غلاف در بوته، بین تیمارهای کودی بیشترین مقدار این صفت (۱۷/۲) متعلق به تیمار کود کمپوست بود و پس از این تیمار، کود شیمیایی (۱۵/۹ غلاف در بوته) قرار گرفت. کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۳/۸) مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) بود (جدول ۵). در بین تیمارهای الگوی کشت بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۷/۹) در تیمار ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله مشاهده شد و پس از آن، تیمار ۵۰ درصد سیر و ۵۰ درصد شنبلیله (۱۶/۸ غلاف در بوته) قرار گرفت. کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۳/۸) نیز از گیاهانی بدست آمد که در کشت خالص شنبلیله بدست آمد (جدول ۵).

تجزیه واریانس داده‌های تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه و شاخص برداشت شنبلیله مشخص کرد هیچ کدام از عوامل آزمایش و اثر متقابل آنها اختلاف معنی‌داری از نظر تأثیر بر صفات مذکور نشان ندادند (جدول ۴). همچنین 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 بود (جدول ۴). همان‌طور که داده‌های جدول ۶ نشان می‌دهند، گیاهانی که در شرایط کشت

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

Table 6. Comparison of average traits of garlic and fenugreek plants under the influence of the interaction effects of nutrition system and cropping pattern

شنبلیله Fenugreek			سیر Garlic		
عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	عملکرد سوخ Bulb yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تیمار Treatment
(کیلوگرم در هکتار) (kg h ⁻¹)			(کیلوگرم در هکتار) (kg h ⁻¹)		
–	–	–	5082 ^{bc}	6985 ^c	F ₁ C ₁
704 ^b	2520 ^b	1849 ^d	–	–	F ₁ C ₂
611 ^c	2190 ^c	1605 ^{de}	2111 ^{gh}	3011 ^f	F ₁ C ₃
408 ^f	1507 ^f	1394 ^f	2508 ^{fg}	3990 ^e	F ₁ C ₄
308 ^h	1169 ^h	904 ^h	3997 ^d	6984 ^c	F ₁ C ₅
–	–	–	6014 ^a	8967 ^a	F ₂ C ₁
903 ^a	3083 ^a	2408 ^a	–	–	F ₂ C ₂
589 ^d	2598 ^b	1973 ^c	2027 ^{gh}	2995 ^f	F ₂ C ₃
507 ^e	1763 ^e	1580 ^{ef}	3695 ^d	4896 ^d	F ₂ C ₄
319 ^h	1380 ^g	997 ^{gh}	4862 ^c	7011 ^b	F ₂ C ₅
–	–	–	5904 ^a	8875 ^a	F ₃ C ₁
908 ^a	3307 ^a	2414 ^a	–	–	F ₃ C ₂
712 ^b	3148 ^a	2011 ^b	2105 ^{gh}	5085 ^d	F ₃ C ₃
513 ^e	1970 ^d	1559 ^{ef}	2963 ^e	6790 ^c	F ₃ C ₄
365 ^g	1408 ^g	1148 ^g	4793 ^c	6801 ^c	F ₃ C ₅

تفاوت دو میانگین که حداقل در یک حرف مشترک هستند بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد (آزمون LSD)

F₁, F₂ و F₃ به ترتیب: شاهد (عدم مصرف کود)، کود شیمیایی، کمپوست؛ C₁, C₂, C₃, C₄ و C₅ به ترتیب: کشت خالص سیر، کشت خالص شنبلیله، کشت

مخلوط با نسبت ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سیر و شنبلیله

The difference between two means that common at least one letter indicates no significant difference at the 5% probability level (LSD test). F₁, F₂ and F₃ respectively: control (no fertilizer application), chemical fertilizer, compost; C₁, C₂, C₃, C₄ and C₅ respectively: pure garlic cultivation, pure fenugreek cultivation, mixed cultivation with a ratio of 25:75, 50:50 and 75:25 garlic and fenugreek

صفت نداشت (جدول ۴). داده های جدول ۵ نشان می دهند گیاهانی که تحت سیستم های تغذیه شیمیایی و آلی قرار داشتند با محتوای اسانس به ترتیب ۱/۰۵ و ۱/۱۹ درصد اختلاف معنی داری با گیاهانی که هیچ گونه کودی دریافت نکرده بودند (با محتوای اسانس ۰/۸۹ درصد) داشتند. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بیشترین درصد اسانس بذر شنبلیله (۱/۲۵ درصد) از ترکیب ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله حاصل شد و پس از آن تیمار ۵۰ درصد سیر و ۵۰ درصد شنبلیله (۱/۱۵ درصد اسانس بذر) قرار داشت. درحالی که کمترین درصد اسانس بدست آمده

خالص شنبلیله با کود کمپوست و شیمیایی تغذیه شده بودند بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را داشتند و کمترین عملکرد برای این صفات از تیمار ۷۵ درصد سیر به همراه ۲۵ درصد شنبلیله و عدم مصرف کود حاصل شد به ترتیب به مقدار ۹۰۴، ۱۱۶۹ و ۳۰۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (جدول ۶).

تجزیه واریانس اختلاف بین تیمارهای کودی و الگوی کشت از نظر تأثیر بر درصد اسانس بذر شنبلیله را معنی دار نشان داد. با این وجود برهمکنش تیمارهای مذکور اثر معنی داری بر این

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

Table 4. Results of variance analysis of yield, yield components and essential oil content of fenugreek seeds under the influence of nutrition system and cultivation pattern

میانگین مربعات (Mean of squares)									درجه آزادی	منابع تغییرات
اسانس بذر Seed essential oil	شاخص برداشت harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	وزن هزار دانه weight of 1000 seeds	دانه در غلاف Seeds in pods	غلاف در بوته Pods on the plant	ارتفاع بوته Plant height	Degree of freedom	Source of variation
0.07 ^{ns}	6.0 ^{ns}	149873 ^{ns}	9847 ^{ns}	21095 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.074 ^{ns}	5.96 ^{ns}	6.78 ^{ns}	2	تکرار Replication
0.95 ^{**}	5.2 ^{ns}	950738 ^{**}	89428 ^{**}	445098 ^{**}	0.87 ^{ns}	0.054 ^{ns}	30.8 [*]	155.6 ^{**}	2	کود fertilizer
0.06	3.02	158765	7094	19985	0.75	0.099	6.39	5.9	4	خطای اصلی Main error
0.25 ^{**}	8.95 ^{ns}	480965 ^{**}	318976 ^{**}	897064 ^{**}	0.94 ^{ns}	0.984 ^{ns}	32.9 ^{**}	10.01 ^{ns}	4	الگوی کشت Cultivation pattern
0.08 ^{ns}	15.9 ^{ns}	476803 ^{**}	212098 ^{**}	950982 ^{**}	0.91 ^{ns}	0.875 ^{ns}	5.88 ^{ns}	14.8 ^{ns}	8	اثر متقابل interaction
0.09	11.90	48012	6839	15609	0.99	0.998	5.95	10.02	24	خطای فرعی Submain error
15.8	14.1	8.9	10.6	15.3	13.8	12.9	9.8	9.8	–	ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, * and ** are not significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

(۱/۰۱ درصد) تحت شرایط کشت خالص شنبلیله (C_2) حاصل شد.

شاخص‌های ارزیابی مزیت کشت مخلوط

نتایج بررسی نسبت معادل (هم ارزی) زمین جزئی محصول سیر نشان می‌دهد به‌طور کلی با افزایش نسبت کاشت سیر در سیستم کشت مخلوط این نسبت روند افزایشی داشت. بالاترین میزان این شاخص ($0/81$) از تیمار کشت مخلوط 75 درصد سیر به 25 درصد شنبلیله در شرایط کمپوست حاصل شد. این در حالی است که کمترین شاخص بدست آمده ($0/41$) از الگوی کشت مخلوط 25 درصد سیر به همراه 75 درصد شنبلیله در شرایط عدم کوددهی حاصل شد. در حالی که در مورد گیاه شنبلیله محدوده اعداد بدست آمده برای نسبت معادل (هم ارزی) زمین جزئی محصول بین $0/33$ و $0/66$ متغیر بود (جدول ۷). بررسی نسبت معادل (هم ارزی) کل زمین مشخص کرد تمامی الگوهای کشت مخلوط اعداد بالاتر از یک را حاصل کردند که نشان‌دهنده مزیت زراعی و بهبود کارایی استفاده از زمین کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. سیستم کشت مخلوط در تمامی سطوح کودی بیشترین تأثیر را در افزایش این شاخص داشت و بالاترین عدد بدست آمده ($1/15$) متعلق به تیمار مصرف کود شیمیایی در سیستم کشت مخلوط 75% سیر و 25% شنبلیله بود. تیمار کشت مخلوط 75% سیر و 25% شنبلیله همراه با کاربرد کود شیمیایی نیز با نسبت معادل (هم‌ارزی) زمین معادل با $1/14$ در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۷). محاسبه شاخص غالبیت (چیرگی) گونه-های 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 25 درصد سیر و 75 درصد شنبلیله مشاهده شد به‌طوری که بالاترین شاخص ($0/41$) از این سیستم کشت در شرایط تغذیه با کود شیمیایی بدست آمد و پس از آن، همین الگوی کشت در شرایط تغذیه آلی ($0/40$) قرار گرفت (جدول ۷). از طرف دیگر، گیاه شنبلیله در تیمار F_1C_3 و F_1C_4 یعنی در شرایط کشت مخلوط

25 درصد سیر و 75 درصد شنبلیله و 50 درصد سیر و 50 درصد شنبلیله بدون استفاده از کود، غالبیت بیشتری داشت و بیشترین میزان غالبیت شنبلیله ($0/29$) از تیمار F_1C_3 بدست آمد. نتایج ارزیابی اقتصادی سیستم‌های کشت مخلوط نشان‌دهنده مزیت اقتصادی تمامی الگوهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی است. همان‌طور که از داده‌های جدول ۷ مشخص است بیشترین مزیت اقتصادی از الگوی کشت مخلوط حاصل شد، به‌طوری که بیشترین مزیت اقتصادی (55684556) متعلق به تیمار کشت مخلوط 75 درصد سیر و 25 درصد شنبلیله (F_3C_5) در شرایط تغذیه با کود کمپوست بود. رتبه دوم مزیت اقتصادی (52198296) از همین الگوی کشت در شرایط کوددهی با شیمیایی (F_2C_5) حاصل شد. این در حالی است که کمترین مقادیر شاخص مزیت اقتصادی (29929632) از نسبت کشت 25 درصد سیر و 75 درصد شنبلیله در شرایط عدم تغذیه کودی (F_1C_3) بدست آمد.

بحث

بر اساس نتایج این تحقیق تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایش بر صفات مورد مطالعه گیاهان سیر و شنبلیله مشاهده شد. تعداد سوخک در سوخ گیاه سیر افزایش 14 درصدی در تیمار کود آلی داشت که احتمالاً مؤید این است که اعمال کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی خاک محیط مناسبی برای رشد ریشه و جذب عناصر غذایی فراهم کرده که نهایتاً به‌واسطه بهبود رشد رویشی و ظرفیت فتوسنتزی گیاه، موجب تولید فراورده‌های فتوسنتزی بیشتر و انتقال آنها به اندام اقتصادی گیاه و در نتیجه افزایش تعداد سوخک شده است (Shafagh¹، Kolvanagh et al., 2025; Alizad et al., 2018). در نتیجه آزمایشی گزارش شد که استفاده از کود شیمیایی و کمپوست به‌ترتیب موجب افزایش 9 و 11 درصدی تعداد سوخک در سیر نسبت به تیمار شاهد شده است (Esmaeelian et al., 2017). طول و قطر سوخک نیز واکنش معنی‌داری به کاربرد کمپوست داشت که دلایل این امر را نیز می‌توان به اثرات مثبت این کود در

جدول ۷. مقایسه شاخص‌های نسبت معادل (هم ارزی) زمین، غالبیت و شاخص مزیت اقتصادی در الگوهای کشت مخلوط

Table 7. Comparison of land equality ratio, dominance and monetary advantage indices in mixed cropping patterns

شاخص مزیت اقتصادی Monetary advantage index	غالبیت		نسبت معادل (هم ارزی) زمین			تیمار Treatment
	Dominance		Land equality ratio			
	شنبلیله fenugreek	سیر garlic	کل total	شنبلیله fenugreek	سیر garlic	
29929632	0.29	-0.29	1.07	0.66	0.41	F ₁ C ₃
38741475	0.17	-0.17	1.07	0.59	0.48	F ₁ C ₄
48764840	-0.03	0.03	1.11	0.41	0.70	F ₁ C ₅
31740156	-0.41	0.41	1.08	0.65	0.43	F ₂ C ₃
44326730	0.00	0.00	1.10	0.55	0.55	F ₂ C ₄
52198296	-0.13	0.13	1.15	0.37	0.78	F ₂ C ₅
34789068	-0.40	0.40	1.06	0.54	0.42	F ₃ C ₃
51345223	-0.22	0.22	1.07	0.48	0.59	F ₃ C ₄
55684556	0.11	-0.11	1.14	0.33	0.81	F ₃ C ₅

F₁, F₂ and F₃ به ترتیب: شاهد (عدم مصرف کود)، کود شیمیایی، کمپوست و C₃، C₄ و C₅ به ترتیب: کشت مخلوط با نسبت ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ سیر و شنبلیله

F₁, F₂ and F₃ respectively: control (no fertilizer), chemical fertilizer, compost and C₃, C₄ and C₅ respectively: mixed cropping with a ratio of 75:25, and 25:75 garlic and fenugreek 50:50

شنبلیله (F₁C₃ و F₂C₃) و برای عملکرد بیولوژیک از تیمارهای کودی مختلف و کشت مخلوط ۲۵٪ سیر به همراه ۷۵٪ شنبلیله (F₁C₃، F₂C₃ و F₃C₃) بدست آمد. 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 (Ranjbar et al., 2016; Alizad et al., 2018). از طرف دیگر، کود کمپوست علاوه بر تأمین مقادیر کافی از عناصر پرمصرف، حاوی عناصر کم مصرف متنوعی بوده که می‌تواند با تغذیه متعادل گیاه و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی موجب افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و تولید زیست توده بیشتر گردد (Darzi et al., 2010; Rahimi and Hashemi, 2016).

مصرف کمپوست بیشترین درصد اسانس سوخک سیر (۲/۵۳ درصد) را نشان داد و تیمار کود شیمیایی از نظر تأثیر بر بهبود

بهبود ساختمان خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک، فرایندهای فیزیولوژیک گیاه، تغذیه متعادل گیاه و در نهایت ارتقاء اجزای عملکرد گیاه مرتبط دانست (Gangwar et al., 2006). تحقیقات نشان داده است که استفاده مداوم از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را به علت اسیدی شدن خاک، افت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نبود ریزمغذی‌ها در این کودها کاهش می‌دهد. این در حالی است که توسعه کاربرد کمپوست به جای منابع شیمیایی می‌تواند نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های زیستی، مواد آلی خاک، سلامت بوم نظام زراعی و افزایش کیفیت محصولات زراعی داشته باشد (Vafadar-Yengeje et al., 2019).

بیشترین مقادیر عملکرد سوخ و عملکرد بیولوژیک در تیمار کشت خالص و تحت شرایط کوددهی شیمیایی و کمپوست حاصل شد. در حالی که کمترین عملکرد سوخ از تیمارهای عدم کوددهی و کود شیمیایی و کشت مخلوط ۲۵٪ سیر به همراه ۷۵٪

این صفت (۲/۲۱ درصد) در رتبه بعدی قرار گرفت. با این وجود تنها تیمار مصرف کود کمپوست با تیمار عدم کوددهی (۱/۹۹) اختلاف معنی‌دار نشان داد. محققین دیگری ضمن گزارش نتایج مشابه اظهار داشتند کمپوست از طریق بهبود فعالیت باکتری‌ها و سایر ریزموجودات خاک، حلالیت عناصر معدنی و دسترسی گیاه به آنها را تسهیل کرده و نهایتاً 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 کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از کشت خالص این گیاه بیشتر بود می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ایجاد تنوع زیستی از طریق اجرای کشت مخلوط با کاهش رقابت درون گونه‌ای موجب بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی بخصوص نور، آب و عناصر غذایی و بهبود ظرفیت فتوسنتزی شده که نهایتاً 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).

گیاهانی که در شرایط کشت خالص شنبلیله با کود کمپوست و شیمیایی تغذیه شده بودند بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را داشتند و کمترین عملکرد برای این صفات از تیمار ۷۵ درصد سیر به همراه ۲۵ درصد شنبلیله و عدم مصرف کود حاصل شد. بیشترین ارتفاع بوته در نتیجه اعمال کود آلی حاصل شد و تیمار شیمیایی در رتبه بعد از نظر تأثیر بر این صفت قرار گرفت. همچنین در بین الگوهای کشت بیشترین ارتفاع شنبلیله از ترکیب ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله حاصل شد. نتیجه برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که اختلاف ارتفاع گیاه در کشت خالص در مقایسه با کشت مخلوط می‌تواند به دلیل رقابت برای نور، آب و مواد غذایی باشد در حالی که گیاهان به خاطر رقابت برون گونه‌ای اغلب از ارتفاع کمتری برخوردار هستند (Koocheki et al., 2021; Shafagh-Kolvanagh, 2025). زمانی که گیاه در مرحله قبل از گلدهی بوده، مواد حاصل از فتوسنتز به ریشه‌ها انتقال یافته و کودهای آلی با توسعه ریشه، شرایط را برای جذب بیشتر عناصر

معدنی فراهم می‌کنند. این امر به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز می‌شود. مازاد مواد فتوسنتزی نیز قبل از گلدهی در ساقه ذخیره می‌گردد و پس از گلدهی و با نزدیک شدن به رسیدگی، با انتقال مجدد این مواد به دانه‌ها منتقل می‌شوند (Koocheki et al., 2021). کمپوست و کود شیمیایی 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 را فراهم می‌کند (Pez-Bellido et al., 2004; Mardani et al., 2015). در این راستا، تأثیر مثبت کمپوست بر افزایش عملکرد گیاه شنبلیله گزارش شده است (Kargar and Mortazaeinejhad, 2016).

عوامل کودی و الگوی کشت اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته شنبلیله داشتند و از بین تیمارهای کودی بیشترین مقدار این صفت متعلق به تیمار کود کمپوست بود و پس از این تیمار، کود شیمیایی قرار گرفت. در حالی که در بین تیمارهای الگوی کشت بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله مشاهده شد. تعداد غلاف در بوته شنبلیله از اجزای عملکرد مهم و تأثیرگذار در عملکرد نهایی گیاه می‌باشد، زیرا غلاف از یک طرف در بردارنده تعداد دانه بوده و از طرف دیگر در تأمین فراورده‌های فتوسنتزی برای دانه‌ها نقش اساسی دارد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014). کمپوست و کود شیمیایی بیشترین تأثیر را در بهبود این صفت داشت که به‌نظر می‌رسد عناصر پرمصرف که به‌راحتی از طریق این کودها در اختیار گیاه قرار گرفته است توانسته است به‌واسطه 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 (Marastoni et al., 2019).

تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و شاخص برداشت شنبلیله واکنش معنی‌داری به تیمارهای کودی و الگوی کشت نشان نداد. این نتایج می‌تواند تأیید کننده این موضوع باشد که این صفات بیشتر تحت تأثیر صفات ژنتیکی گیاه بوده و کمتر تحت تأثیر محیط و عوامل مدیریتی کشت گیاه قرار می‌گیرند

گیاهانی که تحت تغذیه شیمیایی و آلی قرار داشتند از نظر محتوای اسانس، اختلاف معنی‌داری با گیاهانی که هیچ گونه کودی دریافت نکرده بودند داشتند. در بین تیمارهای کشت مخلوط، بیشترین درصد اسانس بذر شنبلیله از ترکیب ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله حاصل شد، در حالی که کمترین درصد اسانس بدست آمده از کشت خالص شنبلیله (C_2) حاصل شد. گزارش شده است که تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از طریق کودهای آلی و شیمیایی، بهبود بیوستز متابولیت‌های ثانویه و افزایش تقسیم سلولی و تولید سلول‌های ذخیره‌ای اسانس، افزایش محتوای مواد مؤثره آن را در پی داشته است (Ghanbari et al., 2017). اجرای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بهبود تولید اسانس در بذر شنبلیله را در بر 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. نتایج مشابهی توسط دیگر محققین گزارش شده است (Mosapour et al., 2015).

نتایج بررسی نسبت معادل (هم ارزی) زمین جزئی محصول سیر نشان می‌دهد به‌طور کلی با افزایش نسبت کاشت سیر در سیستم کشت مخلوط این نسبت روند افزایشی داشت و بالاترین میزان این شاخص از تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد سیر به ۲۵ درصد شنبلیله در شرایط کمپوست حاصل شد که مشخص می‌کند گیاه سیر در کشت مخلوط اثر مثبت بیشتری در مقایسه با شنبلیله دریافت کرده است که تأیید کننده مزیت گیاه شنبلیله به عنوان یک گونه حاصلخیز کننده خاک برای گیاه سیر است.

شاخص کل نیز در تمامی تیمارها بیشتر از یک شد که بیانگر آن است که در این الگوهای کشت به علت اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک اجزای مخلوط و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف، کارایی استفاده از زمین و منابع محیطی افزایش می‌یابد. همچنین، برتری کشت مخلوط نشان‌دهنده این موضوع است که رقابت برون گونه‌ای هر یک از گونه‌های گیاهی

این آزمایش به مراتب از رقابت درون گونه‌ای کمتر بوده است (Dehghanian et al., 2020). شاخص غالبیت در اکثر تیمارها برای گیاه سیر مثبت بود و بیشترین غالبیت گیاه سیر در کشت مخلوط ۲۵ درصد سیر و ۷۵ درصد شنبلیله مشاهده شد 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 (Nakhzari Moghaddam, 2016).

ارزیابی شاخص مزیت اقتصادی نشان‌دهنده مزیت اقتصادی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص دو گیاه سیر و شنبلیله بود که مشخص‌کننده استفاده مطلوب‌تر از منابع محیطی موجود بخصوص نور، آب و مواد غذایی و همچنین کنترل بهتر علف‌های هرز در کشت مخلوط است (Bagheri Shirvan et al., 2012). اعداد این شاخص در کشت مخلوط و تحت انواع سیستم‌های تغذیه منفی بود که نشان‌دهنده افت کارایی استفاده از منابع محیطی و افزایش رقابت بین دو گونه بوده است (Bagheri Shirvan et al., 2012). 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 (Bagheri Shirvan et al., 2012).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان‌دهنده مزیت زراعی و اقتصادی الگوی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی و سیستم تغذیه آلی نسبت به شیمیایی در کشت گیاهان سیر و شنبلیله است. اجرای سیستم کشت مخلوط با نسبت‌های ۷۵ درصد سیر همراه با ۲۵ درصد شنبلیله و ۵۰ درصد سیر با ۵۰ درصد شنبلیله با کوددهی توسط کمپوست در شرایط اقلیمی و خاکی مشابه با محل آزمایش قابل توصیه می‌باشد. در مجموع بر اساس سودآوری، تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله (F_3C_5) با کود کمپوست بهترین تیمار بود. همچنین بر اساس کارایی زمین

تشکر و سپاسگزاری

تضاد منافع

تیمارهای کشت مخلوط ۷۵ درصد سیر و ۲۵ درصد شنبلیله همراه با کود شیمیایی (F_2C_5) و کمپوست (F_3C_5) مناسب بودند، در صورتی که بر مبنای رقابت متعادل بین گونه‌ها، تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد سیر و ۵۰ درصد شنبلیله همراه با کود شیمیایی (F_2C_4) توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

1. Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahsar, B., Heydari, M., Ramroodi, M., Mousavinik, S.M., 2011. Study of chamomiles yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers usage and their residue. J. Microb. Antimicrob. 3(2), 23-28.
2. Alizad, L., Aghaei, A., Mostafavirad, M., 2018. Effect of chemical, organic and biological fertilizers on growth and physiological characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) in Guilan province. J. Plant Prod. Res. 25(3), 55-68. <https://doi.org/10.22069/JOPP.2018.13994.2258> (In Persian).
3. Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R., Maggi, F., 2018. Evaluation of competition, essential oil quality and quantity of peppermint intercropped with soybean. Ind. Crop. Prod. 111, 743-754.
4. Azarnia, M., Safikhani, S., Biabani, A., 2015. The effect of bio-fertilizer on crops yield, sustainable agriculture and organic farming. J. Biosaf. 8(2), 85-97. <https://doi.org/20.1001.1.27170632.1394.8.2.9.6> (In Persian)
5. Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Akbarpour, V., 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.). J. Agroecol. 2(2), 42-57. <https://doi.org/10.22092/IJMAPR.2022.354814.3003> (In Persian)
6. Bedoussac, L., Journet, E.P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E.S., Prieur, L., Justes, E., 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. Agron. Sustain. Dev. 35, 911-935.
7. Darzi, M.T., Hadjseyed Hadi, M.R. Rejali, F., 2010. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in anise (*Pimpinella anisum* L.). Iran. J. Med. Arom. Plants, 26(4), 452-467. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2011.6655> (In Persian)
8. Dehghanian, H., Barmaki, M., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Seifdavati, J., 2020. Forage yield and relay intercropping advantage of grass pea (*Lathyrus sativus* L.) and annual cereals at different cropping patterns. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 30(1), 41-56. <https://doi.org/10.1399.30.1.3.4> (In Persian)
9. Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Res. 100, 249-256.
10. Duchene, O., Vian, J.F., Celette, F., 2017. Intercropping with legume for agroecological cropping systems: complementarity and facilitation processes and the importance of soil microorganisms. A review. Agric. Ecosyst. Environ. 240, 148-161.
11. Esmaelian, Y., Amiri, M.B., Askari Naeni, S., Moradi Sadr, J., Heidari Amale, F., 2017. Effect 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. J. Hort. Sci. 31(4), 722-738. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v31i4.60566> (In Persian)
12. Gangwar, K.S., Singh, K.K., Sharma, S.K., Tomar, O.K., 2006. Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. Soil. Till. Res. 88, 242-252.
13. Ghanbari, S., Moradi Telavat, M., Siadat, S.A., 2017. Evaluation of competitive indices in barley intercropped with fenugreek under manure applications. J. Crop. Improve. 18(4), 821-834. <https://doi.org/10.22059/jci.2017.56654> (In Persian)
14. Ghoroori, Sh., Moghadam, M., Farhadi, N., 2023. The changes of physiological and phytochemical traits of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) in response to inoculation with different species of mycorrhizal fungi. J. Soil Plant Interact. 14(1), 1-17. <https://doi.org/10.47176/jspi.14.1.121013> (In Persian)
15. Ghosh, P.K., 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping system in the semi-arid tropics of India. Field Crops Res. 88, 227-237.
16. Gliessman, S.R., 1998. Agroecology: Ecological Process in Sustainable Agriculture. Ann Arbor Press, Michigan, 252p.

17. Kargar, N., 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.). Iran. J. Med. Arom. Plant. 32(5), 868-879.
18. Koocheki, A., Nassiri Mahallati M., Hatefi Farajian, M.H., 2021. Evaluation of yield and yield components of green bean and bell pepper under replacement and additive intercropping systems. Iran J. Pulses Res. 12, 127-143. (In Persian)
19. Kumar, R., Tripathi, Y.C., 2011. Training manual on extraction technology of natural dyes & aroma therapy and cultivation value addition of medicinal plants. Chemistry Division, For. Res. Inst. Dehra Dun, India.
20. Lithourgidis, A., Dordas, C., Damalas, C., Vlachostergios, D., 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. Aust. J. Crop Sci. 5, 396-410.
21. Mahdavi Maraj, T., Ghanbari A. and Asghari Pour. M.R. 2015. Intercropping of barley and ajwain under different levels of manure and chemical fertilizers. J. Applied Res. Plant Ecophysiol. 1, 63-78. (In Persian)
22. Marastoni, L., Sandri, M., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Brunetto, G., Cesco, S., Mimmo, T., 2019. Synergism and antagonisms between nutrients induced by copper toxicity in grapevine rootstocks: monocropping vs. intercropping. Chemosphere, 214, 563-578. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.127>.
23. Mardani, F., Balouchi, H., Yadavi, A., 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.). Iran. J. Field Crops Res. 13(3), 623-636. (In Persian).
24. Mosapour, H., Ghanbari, A., Asgharipour, M. 2015. Effects of intercropping proportion on the quantity and quality of essential oil in isabgol and ajwain. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 25(3), 1-13. (In Persian)
25. 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*). J. Crop Prod. 9(1), 199-214. <https://doi.org/10.22069/EJCP.2016.2964> (In Persian).
26. Pez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R.J., Castillo, J.E., 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 Res. 88, 191-200.
27. Rahimi, M.M., Hashemi, A.R., 2016. Yield and yield components of vetch (*Vigna radiata*) as affected by the use of vermicompost and phosphate bio-fertilizer. J. Crop. Ecophysiol. 10(2), 529-540.
28. Ranjbar, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., 2016. Effect of intercropping patterns of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.), Sesame (*Sesamum indicum*) and Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on growth, qualitative and quantitative characters and yield components. Journal of Horticultural Sciences 30, 406-416. (In Persian).
29. Rezaei-Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., 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. J. Agric. Sci. Sust. Prod. 24(4), 1-15.
30. Rezaei-chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Jamali, M., Ghiyasi, M., 2016. Evaluation of yield and indices advantages at different intercropping patterns of dill (*Anethum graveolens* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Agric. Crop Manag. 8(1), 15-27. <https://doi.org/10.22084/PPT.2016.1752> (In Persian)
31. Safikhani Nasimi, N., Adavi, Z., Mansourifar, C., 2019. Effects of different urea and vermicompost rates on yield and essential oil contents of two dill (*Anethum graveolens* L.) cultivars. J. Plant Ecophysiol. 11(39), 21-33.
32. Savci, S., 2012. Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. APCBEE Procedia, 1, 287-292.
33. Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab-Salmasi, S., Ghassemi-Golezani, K., Amani, M., Shokati Amrollah, B., 2025. Effect of different planting patterns on yield, yield components, and essential oil of dill (*Anethum graveolens* L.) grains in additive and replacement intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). J. Crop Prod. Proc.15(1), 33-53. <https://doi.org/10.47176/jcpp.15.1.37744> (In Persian).
34. Shrimal, P., 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 J. Environ. Sci., Toxicol. Food Technol, 11, 12-16.
35. Siddiqui, Y., Islam, T.M., Naidu, Y., Meon, S., 2011. The conjunctive use of compost tea and inorganic fertiliser on the growth, yield and terpenoid content of *Centella asiatica* (L.) urban. Sci. Hortic. 130, 289-295.
36. Vafadar-Yengeje, L., Amini, R., 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. J. Clean. Prod. 239, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118033>
- Yu, Y., Stomph, T.J., Makowski, D., van der Werf, W., 2015. Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: A meta-analysis. Field Crops Res. 184, 133-144. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.09.010>